UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

ÉCOLE DOCTORALE 519

UMR 7044 - Archimède

THÈSE présentée par :

Rémy WASSONG

soutenue le : **19 mars 2018**

pour obtenir le grade de : **Docteur de l'université de Strasbourg**

Discipline/ Spécialité : Archéologie Protohistorique

Architectures et métrologie en Europe celtique entre le VIIe et le Ier siècle avant notre ère.

Volume I : Texte

THÈSE dirigée par :

Madame ADAM Anne-Marie Professeure émérite, université de Strasbourg
Monsieur FICHTL Stephan Professeur, université de Strasbourg

RAPPORTEURS :

Monsieur BUCHSENSCHUTZ Olivier Directeur de recherche émérite, CNRS, Ecole Normale Supérieur
Monsieur MORET Pierre Directeur de recherche, CNRS, université Toulouse Jean Jaurès

AUTRES MEMBRES DU JURY :

Monsieur GARCIA Dominique Professeur, Président de l'INRAP

REMERCIEMENTS

Arrivé au terme de ce travail, il me faut adresser mes remerciements les plus vifs à Anne-Marie Adam et Stephan Fichtl qui sont à l'origine de ce sujet pour leur disponibilité, leurs conseils et leurs remarques avisés ainsi que pour leur soutien. Je les remercie également pour la confiance qu'ils m'ont accordée lorsqu'il me confièrent la responsabilité des relevés topographiques du Britzgyberg et une responsabilité de secteur à Batilly-en-Gâtinais ainsi que pour leur soutien lorsque j'ai eu l'opportunité de déposer une demande d'autorisation de fouilles pour le Maimont. Enfin, je les remercie également pour les moments moins formels où nos discussions allaient de l'actualité à la gastronomie, en passant par l'évocation de contrées lointaines.

Je souhaite également remercier vivement Dominique Garcia, Pierre Moret et Olivier Buchsenschutz d'avoir accepté de sanctionner ce travail de leur expertise. Une reconnaissance toute particulière va à Olivier Buchsenschutz, pour ses précieux retours et pour nos discussions qui ont suivi le bilan de mi-parcours.

Je voulais également remercier très chaleureusement Loup Bernard qui, après m'avoir guidé durant deux années de master, a toujours été présent pour me faire part de ses conseils, écouter mes doutes, partager un repas et quelques verres ou encore une découverte musicale pour me redonner du courage.

Merci à Christian Jeunnesse pour ses avis, nos débats scientifiques et les litres de café partagés au bureau.

Je tiens à exprimer ma gratitude à Gaëlle Robert et Jean-Marie Laruaz pour nos échanges.

Merci au personnel de la MISHA et de sa bibliothèque pour leur accueil et leur aide précieuse. Un merci tout particulier à Anne et Émilie pour leur disponibilité et pour le désormais célèbre quizz de la bibliothèque.

Je remercie l'ensemble des doctorants, jeunes chercheurs ou chercheurs confirmés (bien trop nombreux pour être cités ici) que j'ai eu l'occasion de croiser ou de côtoyer plus longuement au cours de colloques ou de différents chantiers de fouille. Nos discussions ont participé de façon certaine à mon enrichissement scientifique et personnel.

Il me faut à ce titre exprimer un grand merci à Antonin, mon colocataire de bureau durant près de cinq années, pour nos débats menés, parfois avec pugnacité, souvent avec curiosité et toujours avec passion ainsi que pour notre intérêt commun pour la faune d'Arrakis.

Un remerciement chaleureux à la communauté des relecteurs, au premier rang desquels

se trouvent Anne, Claire et Marie-Aude, qui à l'évidence ne partagent pas mon goût pour les mathématiques mais comblent mes profondes lacunes dans la langue de Molière.

Merci à Aline, Arnaud, Clémentine, Dorine, Jérôme, Filipe, Laurie, Lizzie, Magalie, Maxime, Nina et Simon pour leur aide et leurs encouragements. J'espère n'avoir oublié personne, dans le cas contraire, qu'ils veuillent bien m'excuser.

Une pensée pour Séverine, la productrice de boisson psycho-active du bureau 12 qui n'aura pas vécu assez longtemps pour voir l'aboutissement de ce travail.

Je souhaite remercier la famille O'Brien, pour leur accueil, et pour m'avoir toujours laissé un coin de table, parfois accompagné d'un repas chaud, afin de travailler dans une ambiance plus détendue.

Merci à la Forêt de Haguenau, aux monts de Vasgovie, aux îles désertes des Féroés et aux fjords de Norvège, tout simplement parce que vous existez.

Merci à Alexis, Alissia, Allan, Hugo, Julien , Joffrey, Jonathan, Kelvin, Laurent, amis d'enfance pour certains, tous amis, musiciens pour leur compréhension lorsque je séchais les répétitions.

Comme il n'y aurait très certainement pas eu de traversée du Mordor sans Samwise, l'aboutissement de ce travail doit beaucoup aux encouragements d'Anne. Je l'en remercie du fond du coeur.

Il ne saurait y avoir de Geralt sans Jaskier, cet ami qui ne partage pas la même passion, se consacrant plutôt à la musique et à ses voyages mais toujours à l'écoute, prêt à parcourir le monde avec vous quoi qu'il arrive et tout faire pour que vous puissiez sortir la tête de l'eau et respirer de l'air frais. Puisses-tu vivre longtemps et prospérer, Matthieu !

Merci à ma famille et aux amis, en particulier à Christine et André, pour leur soutien et pour avoir cru en moi bien plus que je ne le faisais moi même

C'est avec une vive émotion que j'aimerai évoquer la mémoire de mes grand-parents, Mamama et Papapa, qui n'auront pas vu l'aboutissement de ce travail. S'ils n'ont pas participé directement à celui-ci, ils ont pourtant largement contribué à forger l'homme qu'est devenu leur petit-fils.

Je crains qu'il n'existe à ce jour aucun mot qui puisse exprimer avec justesse l'amour, la reconnaissance et l'admiration que j'ai pour mes parents. Ils ont été d'un soutien moral, logistique et financier indéfectible, malgré l'adversité et les sacrifices, prodiguant encouragements et conseils et participant activement aux relectures. Ils ont, eux aussi, largement contribué à faire de moi la personne que je suis aujourd'hui. Maman, Papa, je crains que, pour le moment, je ne puisse pas vous rendre tout ce que vous m'avez donné, aussi commencerai-je en vous dédiant cette thèse.

Pour toi Maman, pour toi Papa

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements 3

Introduction 27

CHAPITRE I : Les cadres de la recherche 29

1. Les cadres de l'étude 29

1.1. Les limites géographiques et culturelles 29

1.2. Les formes de l'habitat à l'âge du Fer 31

1.3. L'architecture à l'âge du Fer 34

2. Les termes du sujet et l'état de la recherche 41

2.1. La métrologie 41

2.1.1. Les balbutiements de la métrologie et la Méditerranée antique 41

2.1.2. Applications en dehors du monde classique 43

2.1.3. Quel sens donner à cette discipline ? 45

2.2. Les études modulaires et géométriques 47

2.2.1. Une tradition méditerranéenne 47

2.2.2. Au nord des Alpes 49

2.3. La géométrie antique 57

2.3.1. Les textes antiques 57

2.3.2. Les outils 59

3. Problématiques 59

3.1. Principes et mesures dans l'architecture 59

3.2. Un contexte particulier ? 60

3.3. Savoir-faire et savoir 60

CHAPITRE II : Méthodologie et études 63

1. Méthode 63

1.1. La sélection des sites du corpus 63

1.2. La procédure 65

1.3. Les limites 66

2. Études 68
2.1. Acy-Romance 68
2.1.1. Introduction 68
2.1.2. L'organisation du site 68
2.1.3. Les bâtiments 72
2.1.3.1. Les bâtiments sur tranchées de fondation 73
2.1.3.2. Les bâtiments dits à une abside 74
2.1.3.3. Les bâtiments dits à deux absides 78
2.1.3.4. Les bâtiments sur six et huit poteaux 83
2.1.3.5. Les bâtiments sur quatre poteaux 84
2.1.4. Conclusion 90
2.2. Batilly-en-Gâtinais 97
2.2.1. Introduction 97
2.2.2. Les bâtiments 99
2.2.2.1. Les bâtiments à parois déportées et plus de six poteaux porteurs 99
2.2.2.2. Les bâtiments sur six poteaux porteurs 99
2.2.2.3. Les bâtiments à parois déportées et quatre poteaux porteurs 103
2.2.2.4. Les bâtiments sur quatre poteaux 106
2.2.2.5. Les bâtiments sur poteaux de parois porteurs 107
2.2.2.6. Les bâtiments rectangulaires sans module porteur interne 108
2.2.2.7. La porte UA 25 109
2.2.3. Conlusion 109
2.3. L'habitat fortifié de Bundenbach 111
2.3.1. Introduction 111
2.3.2. La phase 1 113
2.3.2.1. Organisation générale de la phase 1 113
2.3.2.2. La porte monumentale de la première phase 115
2.3.2.3. Les bâtiments sur plus de six poteaux et sur sablières 115
2.3.2.4. Les bâtiments sur 6 poteaux 121
2.3.2.5. Les bâtiments sur 4 poteaux 125

2.3.3. La phase 2 125
2.3.3.1. Organisation générale de la phase 2 125
2.3.3.2. Les portes 131
2.3.3.3. Les bâtiments sur plus de 6 poteaux et sur sablières. 131
2.3.3.4. Les bâtiments sur 6 poteaux 135
2.3.3.5. Les bâtiments sur 4 poteaux 135
2.3.4. La phase 3 141
2.3.4.1. L'organisation générale de la phase 3 141
2.3.4.2. La porte monumentale 141
2.3.4.3. Les bâtiments sur 6 poteaux 141
2.3.4.4. Les bâtiments sur 4 poteaux 142
2.3.5. Conclusion 142
2.4. La Viereckschanze d'Ehningen 146
2.4.1. Introduction 146
2.4.2. L'enclos 146
2.4.3. Les bâtiments 149
2.4.3.1. La porte 149
2.4.3.2. Le bâtiment À 150
2.4.3.3. Le bâtiment B 154
2.4.3.4. Le bâtiment C 156
2.4.3.5. Le bâtiment D 156
2.4.3.6. Le bâtiment E 156
2.4.3.7. L'ensemble G 158
2.4.3.8. Les bâtiments F, I et K 158
2.4.4. L'organisation générale du site 158
2.4.5. Conclusion 161
2.4.5.1. L'état 1 (Figure 115) 162
2.4.5.2. L'état 2 (Figure 116) 162
2.5. L'habitat fortifié du Goldberg 165
2.5.1. Introduction 165
2.5.2. Les bâtiments du Hallstatt D 165

2.5.2.1. Le type I 1 165
2.5.2.2. Le type I 2 167
2.5.2.3. Le type II 1 167
2.5.2.4. Le type II 2a 169
2.5.2.5. Le type II 2 b 169
2.5.2.6. Le type III 1a 169
2.5.2.7. Le type III 1 b 171
2.5.2.8. Le type III 2a 171
2.5.2.9. Le type III 2 b 171
2.5.2.10. Le type III 2c. 175
2.5.2.11. Le type IV 1a 175
2.5.2.12. Le type IV 1 b 176
2.5.2.13. Le type IV 2a 176
2.5.2.14. Le type IV 2 b 176
2.5.2.15. Le type IV 3 178
2.5.2.16. Le type IV 4 178
2.5.2.17. Le type V 1 178
2.5.2.18. Les plans des bâtiments non attribués 180
2.5.3. Les bâtiments de La Tène ancienne 180
2.5.3.1. Le type IV 5 180
2.5.3.2. Le type VII 1a 180
2.5.3.3. Le type VII 1 b 182
2.5.3.4. Le type VII 2 182
2.5.3.5. Le type VII 3a 182
2.5.3.6. Le type VII 3 b 184
2.5.4. Conclusion 184
2.6. La Heuneburg 186
2.6.1. Introduction 186
2.6.2. La phase IVc Bs 17 188
2.6.2.1. Les constructions sur sablières 188
2.6.2.2. Les bâtiments sur poteaux 188

2.6.3. La phase IVb/3 Bs 16 188
2.6.3.1. Les bâtiments sur plus de dix poteaux 188
2.6.3.2. Les bâtiments sur six poteaux 189
2.6.3.3. Les bâtiments sur quatre poteaux 190
2.6.3.4. À propos du rempart en briques crues. 190
2.6.4. La phase IVb/2 Bs 15 192
2.6.4.1. Les bâtiments à deux nefs 192
2.6.4.2. Les bâtiments à une nef 194
2.6.4.3. Les bâtiments sur quatre poteaux 194
2.6.5. La phase IVb/1 Bs 14 195
2.6.5.1. Les bâtiments à quatre nefs 195
2.6.5.2. Les bâtiments à deux nefs 195
2.6.5.3. Les bâtiments à 10 poteaux 197
2.6.5.4. Les bâtiments sur six poteaux 197
2.6.5.5. Les bâtiments sur quatre poteaux 197
2.6.6. La phase IVa/2 Bs 13 197
2.6.6.1. Les bâtiments sur sablières 199
2.6.6.2. Les bâtiments à une nef 199
2.6.6.3. Les bâtiments sur quatre poteaux 200
2.6.6.4. Le grand bâtiment de l'Aussensiedlung 200
2.6.7. La phase IVa/1 Bs 12 200
2.6.7.1. Les bâtiments sur sablières 200
2.6.7.2. Les bâtiments à deux nefs 202
2.6.7.3. Les bâtiments à une nef 202
2.6.7.4. Les bâtiments sur six poteaux 202
2.6.8. La phase IIIb Bs 11 202
2.6.8.1. Le bâtiment Bs11-9 203
2.6.8.2. Les bâtiments sur six poteaux 203
2.6.8.3. Les bâtiments sur quatre poteaux 203
2.6.9. La phase IIIa Bs 10 205
2.6.9.1. Le bâtiment Bs10-6 205

2.6.9.2. Les bâtiments sur douze poteaux.....205
2.6.9.3. Les bâtiments sur quatre poteaux.....205
2.6.10. La phase II Bs 9 207
2.6.10.1. Le bâtiment Bs9-6.....207
2.6.10.2. Les bâtiments sur sablière.....207
2.6.10.3. Les bâtiments sur six poteaux.....207
2.6.10.4. Les bâtiments sur quatre poteaux.....209
2.6.10.5. Les cours et leurs bâtiments.....209
2.6.11. La phase Ib/4 Bs 8..... 209
2.6.12. La phase Ib/3 Bs 7..... 210
2.6.12.1. Les bâtiments à une nef.....210
2.6.12.2. Les bâtiments à quatre poteaux.....210
2.6.13. La phase Ib/2 Bs 6..... 211
2.6.13.1. Les bâtiments à une nef.....211
2.6.13.2. Les bâtiments à quatre poteaux.....211
2.6.14. La phase Ib/1 Bs 5..... 211
2.6.14.1. Les bâtiments à une nef.....211
2.6.14.2. Les bâtiments à quatre poteaux.....211
2.6.15. La phase Ia Bs 4..... 212
2.6.16. Conclusion 212
2.7. L'oppidum de Manching..... 213
2.7.1. Introduction..... 213
2.7.2. La porte est 213
2.7.3. Les bâtiments 217
2.7.3.1. Les longs bâtiments à deux nefs.....217
2.7.3.2. Les bâtiments à deux nefs.....218
2.7.3.3. Les bâtiments à plus de dix poteaux et partitions internes 220
2.7.3.4. Les bâtiments à plus de dix poteaux.....222
2.7.3.5. Les bâtiments à dix poteaux 224
2.7.3.6. Les bâtiments à huit poteaux.....224
2.7.3.7. Les bâtiments à six poteaux.....225

2.7.3.8. Les bâtiments à quatre poteaux et parois déportées 228
2.7.3.9. Les bâtiments à quatre poteaux 230
2.7.4. Conclusion 231
2.8. La Viereckschanze de Mšecke Žehrovice 232
2.8.1. Introduction 232
2.8.2. L'enclos 233
2.8.3. Les bâtiments 238
2.8.3.1. Le bâtiment 0/87 238
2.8.3.2. Le bâtiment 7/81 243
2.8.4. Conclusion 247
2.9. La Viereckschanze de Riedlingen 248
2.9.1. Introduction 248
2.9.2. L'enclos 248
2.9.3. Les bâtiments : 250
2.9.3.1. Le bâtiment 1 250
2.9.3.2. Le bâtiment 2 256
2.9.3.3. Le bâtiment 3 258
2.9.3.4. Le bâtiment 6 258
2.9.3.5. Le bâtiment 9 260
2.9.3.6. Le bâtiment 10 262
2.9.3.7. Le bâtiment 16 263
2.9.3.8. Le bâtiment 18 263
2.9.3.9. Le bâtiment 19 267
2.9.3.10. Le bâtiment 20 267
2.9.3.11. Les bâtiments 15, 12 et 13, 7 et 14 267
2.9.4. Conclusion 269
2.10. A propos de quelques sites de Gaule méridionale 273
2.10.1. Introduction 273
2.10.2. Le Verduron 273
2.10.3. Entremont 278
2.10.4. Lattara 279

2.11. Une géométrie sacrée dans les sanctuaires celtiques ? 285
2.11.1. Introduction..... 285
2.11.2. Les installations cultuelles de Roseldorf Sandberg 285
2.11.2.1. Les objets 1 et 5.....287
2.11.2.2. L'objet 12 287
2.11.2.3. L'objet 13 289
2.11.2.4. Conclusion.....289
2.11.3. Gournay-sur-Aronde..... 290
2.11.3.1. Phase I.....290
2.11.3.2. Phase II 290
2.11.3.3. Phase III.....292
2.11.3.4. Phase IV 292
2.11.3.5. Phase V.....292
2.11.3.6. Phase VI 294
2.11.3.7. Conclusion.....294
2.11.4. Le sanctuaire de Hayling Island 296
2.11.4.1. La phase 2a 296
2.11.4.2. La phase 2 b 298
2.11.5. Conclusion 298
2.11.6. Les aménagements publics de Corent..... 298
2.11.6.1. Le sanctuaire 299
2.11.6.2. L'édifice d'assemblée 302
2.11.6.3. Le complexe C 302
2.11.6.4. Conclusion.....305
2.11.7. Les sanctuaires de Manching..... 305
2.11.7.1. Le temple A.....307
2.11.7.2. Les bâtiments 83 et 84.....313
2.11.7.3. Conclusion.....314
2.11.8. Récapitulatif général des résultats de l'étude des sanctuaires..... 314
CHAPITRE III : Synthèse 317
1. Géométrie architecturale et métrologie : synthèse à partir des études de cas. .. 317

1.1. Des principes géométriques simples 317

1.2. Le pied celtique n'existe pas 322

1.3. Le cas des bâtiments circulaires en celtique continentale : vers une nouvelle hypothèse de restitution 325

1.3.1. Les bâtiments circulaires de l'âge du Fer : remise en contexte 325

1.3.2. Une nouvelle proposition de restitution 326

2. Les modalités de l'application des principes et des mesures 333

2.1. Un « chaos métrologique » inextricable ? 333

2.2. Une variabilité des besoins liés à la nature des sites ? 337

2.2.1. Des aspects pratiques et des contraintes techniques 337

2.2.2. Des facteurs socio-économiques 338

2.2.3. Le cas particulier des espaces rituels 343

2.3. Variabilité et stabilité : conséquences 344

2.3.1. À propos de l'utilisation possible de principes de planification en relation avec la fiscalité 344

2.3.2. Qui décide ? 345

3. Savoir et savoir-faire dans les constructions celtiques 346

3.1. À propos des connaissances scientifiques et de leurs applications 346

3.1.1. Application et théorisation 346

3.1.2. Une affaire de spécialistes ? 349

3.2. Origines, vecteurs et transmission des connaissances 350

3.2.1. Des origines multiples, complexes et adaptées 350

3.2.2. Quels acteurs pour la transmission des savoirs et des techniques à l'âge du Fer ? 353

Conclusion générale et perspectives 355

Bibliographie 359

Textes antiques 359

Ouvrages et articles 361

LISTE DES FIGURES

Figure 1.....
Répartition des sites du corpus. 1, Hayling Island ; 2, Batilly-en-Gâtinais ; 3, Corent ; 4, Gournay-sur-Aronde ; 5, Acy-Romance ; 6, Bundenbach ; 7, Lattara ; 8, Entremont ; 9, Verduron ; 10, Ehningen ; 11, Heuneburg ; 12, Riedlingen ; 13, Goldberg ; 14, Manching ; 15, Mešecke Žehrovice ; 16, Roseldorf..... 30

Figure 2. Typologie de l'habitat de l'âge du Fer, d'après BUCHSENSCHUTZ 2007. 32

Figure 3. Typologie de l'habitat du second âge du Fer, d'après FICHTL 2013. 33

Figure 4. Proposition de restitution d'un bâtiment à deux nefs avec une charpente maintenu par une poutre faitière à partir du bâtiment 22 du Goldberg (ZIPPELIUS 1953 : 19)..... 36

Figure 5. Proposition de restitution d'un bâtiment à trois nefs avec une charpente maintenu par les poteaux centraux et les entraits à partir du bâtiment 24 du Goldberg (ZIPPELIUS 1953 : 22) 38

Figure 6. Typologie des bâtiments sur poteaux plantés de La Tène dans l'ouest et le centre de la France (MAGUER et ROBERT 2013 : 253)..... 39

Figure 7. Exemples de construction sur sablière basse d'après les données issues des fouilles de la Heuneburg (BUCHSENSCHUTZ 2015 : 253)..... 40

Figure 8. Relief métrologique de Salamine (HELLMANN 2002 : 44)..... 42

Figure 9. Schémas de construction I et II de Franz Schubert (SCHUBERT 1994) 50

Figure 10 Schémas de construction III et IV de Franz Schubert (SCHUBERT 1994) 51

Figure 11. Échelle de mesure de Manching, a et b : dessin de l'objet et dimensions de ses différentes portions, c : restitution, d : longueur des différentes portions de l'objet exprimées en Dactyle et en pied..... 53

Figure 12. Le grand bâtiment découvert sous le tumulus 4 de Giesshübel-Talhau. a : grille modulaire, b : proportions des largeurs de pièces voisines, c : proportions des pièces, d : emplacement de la sépulture centrale (VERGER 2008 : 257)..... 55

Figure 13. Comparaison des plans des bâtiments de la Heuneburg (a), Murlo (b), Acquarossa (c) (VERGER 2008 : 257) 55

Figure 14. Quelques exemples de compas de l'âge du Fer. Provenance variée, a : Priene, b-c : Celles, d : Staré Hradisko, e : Briteirons, f : Lough Crew (LENERZ-DE WILDE 1977 : 7). 58

Figure 15. Tableau récapitulatif des sites du corpus..... 64

Figure 16. Proposition de restitution des élévations des « temples », d'après LAMBOT 2000 : 44..... 69

Figure 17. Liens géométriques du quartier cultuel, d'après LAMBOT 2002 : 391..... 69
Figure 18. Plan général d'Acy-Romance et matérialisation des mesures récurrentes. 70
Figure 19. Bâtiments dits à une abside : groupe 1. 75
Figure 20. Bâtiments dits à une abside : groupe 2. 75
Figure 21. Bâtiments dits à une abside : groupe 3. 77
Figure 22. Bâtiments dits à une abside : groupe 4. 77
Figure 23. Bâtiments dits à une abside : groupe 5 et 6. 78
Figure 24. Bâtiments dits à deux absides : groupe 1. 79
Figure 25. Bâtiments dits à deux absides : groupe 2. 79
Figure 26. Bâtiments dits à deux absides : groupe 3. 80
Figure 27. Bâtiments dits à deux absides : groupe 4. 80
Figure 28. Bâtiments dits à deux absides : groupe 5. 81
Figure 29. Bâtiments dits à deux absides : groupe 6. 81
Figure 30. Bâtiments sur six et huit poteaux : groupe 1. 85
Figure 31. Bâtiments sur six et huit poteaux : groupe 2. 85
Figure 32. Bâtiments sur six et huit poteaux : groupe 3. 86
Figure 33. Bâtiments sur six et huit poteaux : groupe 4. 86
Figure 34. Bâtiments sur six et huit poteaux : groupe 5. 87
Figure 36. Bâtiments sur six et huit poteaux : groupe 7. 87
Figure 35. Bâtiments sur six et huit poteaux : groupe 6. 87
Figure 37. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 1. 88
Figure 38. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 2. 88
Figure 39. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 3. 89
Figure 40. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 4. 89
Figure 41. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 5. 90
Figure 42. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 6. 90
Figure 43. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 7. 91
Figure 44. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 8. 91
Figure 45. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 9. 92
Figure 46. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 10. 92
Figure 47. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 11..... 93

Figure 48. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 12. 93

Figure 49. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 13. 94

Figure 50. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 14. 94

Figure 51. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 15. 95

Figure 52. Tableau récapitulatifs des proportions et des plus petits dénominateurs communs identifiés à Acy-Romance 96

Figure 53. Plan du bâtiment J1 et principes de planification (3-4-5 en bleu, 4-7-8 en vert). 97

Figure 54.Plan des bâtiments sur six poteaux porteurs et principes de planification respectifs. 98

Figure 55. Schéma de planification théorique du bâtiment D. 101

Figure 56. Plan des bâtiments sur quatre poteaux porteurs et parois déportées et principes de planification respectifs. 105

Figure 57. Plan des bâtiments sur poteaux de parois porteurs et principes de planification respectifs. 108

Figure 58. Plan des bâtiments rectangulaires sans module porteur interne et principes de planification respectifs. 110

Figure 59. Tableau récapitulatif des plus petits dénominateurs communs identifiés sur le site de Batilly-en-Gâtinais. 110

Figure 60. Plan général de la phase 1 de l'Altburg de Bundenbach, emplacements des espaces vides de structures (A à D). 112

Figure 61. Plan général de la phase 1 de l'Altburg de Bundenbach. En grisé, portions de voie et dimensions des aménagements. 114

Figure 62. Plan du premier état de la porte et grille modulaire. Chaque carré mesure 3 m de côté. 116

Figure 63. Schéma de planification du bâtiment 18 (gauche) et grille modulaire (droite). Chaque carré mesure 2,8 m de côté. 116

Figure 64. Plan du bâtiment 200 (à gauche) et représentation des distances équivalentes (à droite). 118

Figure 65. Plan du bâtiment 16 et grille modulaire avec des carrés de 1,2 m de côté. 118

Figure 66. Plan du bâtiment 11 et schéma de planification 118

Figure 67. Plan du bâtiment 41 et grille modulaire avec des carrés de 2,5 m de côté. 120

Figure 69. Plan du bâtiment 50 et grille modulaire avec des carrés de 0,9 m de côté. 120

Figure 68. Plan du bâtiment 157 et grille modulaire avec des carrés de 0,7 m de côté. 120

Figure 70. Plan du bâtiment 50 et schéma de planification. 120

Figure 71. Plan du bâtiment 86 et schéma de planification. 122

Figure 73. Plan du bâtiment 57 et schéma de planification. 122

Figure 72. Plan du bâtiment 78 et schéma de planification. 122

Figure 74. Bâtiments sur 4 poteaux, groupe 1. 124

Figure 75. Bâtiments sur 4 poteaux, groupe 2. 124

Figure 76. Emplacements des espaces vides. 126

Figure 77. Mesures des axes de circulations. 127

Figure 78. Le site et sa grille modulaire. Chaque carré mesure 5,6 m de côté. 128

Figure 79. Plan du second état de la porte et grille modulaire. Chaque carré mesure 1,85 m de côté. 130

Figure 80. Plan du bâtiment 15 et grille modulaire avec des carrés de 1,85 m de côté. 133

Figure 82. Plan du bâtiment 67 et schéma de planification. 133

Figure 81. Plan du bâtiment 15 et schéma de planification. 133

Figure 83. Plan du bâtiment 82 et schéma de planification. 133

Figure 84. Bâtiments sur 6 poteaux, groupe 1. 136

Figure 85. Bâtiments sur 6 poteaux, groupe 2. 136

Figure 86. Bâtiments sur 6 poteaux, groupe 3. 137

Figure 87. Bâtiments sur 6 poteaux, groupe 4. 137

Figure 88. Bâtiments sur 6 poteaux, groupe 5. 138

Figure 89. Bâtiments sur 6 poteaux, groupe 6. 138

Figure 90. Bâtiments sur 4 poteaux, groupe 1. 139

Figure 91. Bâtiments sur 4 poteaux, groupe 2. 139

Figure 92. Bâtiments sur 4 poteaux, groupe 3. 140

Figure 94. Bâtiments sur 4 poteaux, groupe 5. 140

Figure 93. Bâtiments sur 4 poteaux, groupe 4. 140

Figure 95. Bâtiments sur 4 poteaux, groupe 6. 140

Figure 96. Bâtiments sur 6 poteaux, groupe 1. 143

Figure 97. Bâtiments sur 6 poteaux, groupe 2. 143

Figure 98. Bâtiments sur 4 poteaux, groupe 1. 144

Figure 99. Bâtiments sur 4 poteaux, groupe 2. 144

Figure 100 Tableau récapitulatif des plus petits dénominateurs communs identifiés sur le site de Bundenbach. Les différentes phases sont séparées par des lignes doubles. 146

Figure 101. Plan général du site d'Ehningen. Planification par la diagonale..... 147

Figure 102. Plan général du site d'Ehningen, grille modulaire et dimensions en pieds. 148

Figure 103. Plan de la seconde phase de la porte d'Ehningen avec sa grille modulaire. 150

Figure 104. Le bâtiment A d'après SCHUBERT 1995 : 179. 151

Figure 105. Plan du bâtiment A avec sa grille modulaire. Chaque carré mesure 3 m de côté 152

Figure 106. Planification du bâtiment A par le théorème de Pythagore. 152

Figure 107. Planification du bâtiment A par la division du cercle. 153

Figure 108. Plan du bâtiment B avec sa grille modulaire. Chaque carré mesure 2,6 m de côté. 155

Figure 109. Plan du bâtiment C avec sa grille modulaire. Chaque carré mesure 3 m de côté. 155

Figure 110. Le bâtiment C d'après SCHUBERT 1995 : 179. 157

Figure 111. Plan du bâtiment E avec sa grille modulaire. Chaque carré mesure 3 m de côté 159

Figure 112. Le bâtiment E d'après Schubert 1995 : 178. 159

Figure 113. Plan général du site d'Ehningen et trame géométrique de l'organisation générale..... 160

Figure 114. Tableau récapitulatif des plus petits dénominateurs communs identifiés sur le site d'Ehningen. 161

Figure 115. Plan général du premier état du site. 163

Figure 116. Plan général du second état du site. 164

Figure 117. Bâtiments de type I 1 et schéma de planification. 166

Figure 118. Bâtiments de type I 2 et grille modulaire. Chaque carré mesure 3,6 m de côté. 166

Figure 119. Plan du bâtiment 21 et grille modulaire se fondant sur des carrés de 2,4 m de côté. 168

Figure 120. Bâtiment du type II 2a et grille modulaire. Chaque carré mesure 2,4 m de côté. 168

Figure 121. Bâtiment 28 et grille modulaire. Chaque carré mesure 1,9 m de côté..... 170

Figure 122. Bâtiment 24 et grille modulaire. Chaque carré mesure 4,4 m de côté..... 170

Figure 123. Bâtiment 5 et grille modulaire. Chaque carré mesure 3,17 m de côté..... 172

Figure 124. Bâtiments de type III 2a et leurs grilles modulaires. 172

Figure 125. Bâtiments de type III 2 b et leurs grilles modulaires ayant pour base 1,7 m

(bâtiment 7), 2,5 m (bâtiment 9) et 3,1 m (bâtiment 32). *173*

Figure 126. Plan du bâtiment 31 et sa grille modulaire. Chaque carré mesure 2,8 m de côté. *173*

Figure 127. Plan du bâtiment 12 et sa grille modulaire. Chaque carré mesure 4,8 m de côté. *174*

Figure 128. Bâtiments du type IV 1 b et grilles modulaires avec une base de 4,6 m pour le bâtiment 26 et 4,3 m pour le bâtiment 6. ..... *174*

Figure 129. Plan du bâtiment 10 et grille modulaire avec des carrés de 3,5 m de côté. 177

Figure 130. Plans des bâtiments du type IV 2 b et grille modulaire du bâtiment 15 avec des carré de 4,5 m de côté. *177*

Figure 131. Bâtiment 23 et son schéma de planification *179*

Figure 132. Plan du bâtiment 10 et sa grille modulaire avec des carrés de 3 m de côté. *179*

Figure 133. Les bâtiments du type VII 1a et leurs grille modulaire se fondant sur un module de 2,25 m. *181*

Figure 134. Les bâtiments du type VII 1 b et grilles modulaires se fondant sur un module de 2,25 m. *181*

Figure 135. Bâtiments du type VII 3a et grille modulaire se fondant sur un carré de 2,25 m de côté. *183*

Figure 136. Bâtiments du type VII 3 b et grille modulaire se fondant sur un carré de 2,25 m. *183*

Figure 137. Tableau récapitulatif des plus petits dénominateurs communs identifiés sur les bâtiments du Hallstatt D au Goldberg. *186*

Figure 138. Tableau récapitulatif des plus petits dénominateurs communs identifiés sur les bâtiments de La Tène ancienne au Goldberg. *186*

Figure 139. Tableau chronologique des phase de l'acropole, d'après KURZ 2006..... *187*

Figure 140. Plan des bâtiments sur six poteaux de la phase IVb Bs16 et schéma de planification. *189*

Figure 141. La Heuneburg, état IVb Bs 16 et espacements des tours *191*

Figure 142. Plan des bâtiments à deux nefs de la phase IVb Bs15 et schémas de planification. *193*

Figure 143. Plan des bâtiments à une nef de la phase IVb Bs15 et schémas de planification. *195*

Figure 144. Plan du bâtiment à quatre nefs de la phase IVb Bs 14 et schéma de planification. *196*

Figure 145. Plan des bâtiments à deux nefs de la phase IVb Bs 14 et schémas de planification. *196*

Figure 146. Plan du bâtiment Bs14-6 de la phase IVb Bs 14 et schémas de planification. 198

Figure 147. Plan des bâtiments sur six poteaux de la phase IVb Bs 14 et schémas de planification. 198

Figure 148. Plan du bâtiment sur quatre poteaux de la phase IVb Bs 14 et schéma de planification. 199

Figure 149. Plan des bâtiments à une nef de la phase IVa Bs 13 et schéma de planification. 201

Figure 150. Plan du grand bâtiment de l'agglomération extérieure et schéma de planification, d'après VERGER 2008 : 930..... 201

Figure 151. Plan du bâtiment Bs11-9 de la phase IIIb Bs 11 et schéma de planification. 204

Figure 152. Plan du bâtiment Bs11-8 de la phase IIIb Bs 11 et schéma de planification. 204

Figure 153. Plan du bâtiment Bs10-6 de la phase IIIa Bs 10 et schéma de planification. 206

Figure 154. Plan du bâtiment Bs10-4 de la phase IIIa Bs 10 et schéma de planification. 206

Figure 155. Plan du bâtiment Bs9-6 de la phase II Bs 9 et schéma de planification. .. 208

Figure 156. Plan du bâtiment Bs9-4 de la phase II Bs 9 et schéma de planification. .. 208

Figure 157. Exemple de bâtiment de plan incomplet et à la restitution ambitieuse (D'après WINGER 2015 Tafel 19) 214

Figure 158. Plan des trois états de la porte est et principe de planification d'après Franz Schubert. 215

Figure 159. Plan des trois états de la porte est et proposition de planification à parti du 3-4-5..... 216

Figure 160. Plan des longs bâtiments à deux nefs et proposition de principe de planification. 219

Figure 161. Plan des bâtiments à deux nefs et leurs modules respectifs. 219

Figure 162. Plan des bâtiments à partitions internes et principes de planification identifiés. 220

Figure 163. Plan des bâtiments de plus de dix poteaux et principes de planification identifiés. 223

Figure 164. Plan des bâtiments à dix poteaux et principes de planification. 223

Figure 165. Plan des bâtiments à huit poteaux et principes de planification..... 226

Figure 166. Plan des bâtiments à six poteaux et principes de planification..... 226

Figure 167. Plan des bâtiments à quatre poteaux et parois déportées et principes de planification. 229

Figure 168. Plan des bâtiments à quatre poteaux et groupes de proportions. 229

Figure 169. Tableau récapitulatif des plus petits dénominateurs communs identifiés sur l'oppidum de Manching. 232

Figure 170. Plan schématique de l'évolution de l'enclos, d'après Venclova 1998, modifié. 233

Figure 171. Plan général du site et triangle rectangle avec le rapport 1/2/√5. 234

Figure 172. Obtention du coin nord-est de l'enclos. 235

Figure 173. Matérialisation de l'axe de division de l'enclos en gras et triangle 1/2/√5 supplémentaires en rouge..... 236

Figure 174. Plan général du site, avec sa grille modulaire et le triangle évoqué précédemment. Chaque carré mesure 30 m de côté. 237

Figure 175. Plan toutes phases confondues, rapport métrologique et proposition de restitution de la première phase du bâtiment 0/87 d'après SCHUBERT 1995 : 172 239

Figure 176. Restitution de la première (à gauche) et de la seconde (à droite) phase du bâtiment 0/87 d'après Drda dans VENCLOVA 998 : 261-262. 240

Figure 177. Plan de la première phase du bâtiment 0/87 et grille modulaire. Chaque carré mesure 3,25 m de côté. 241

Figure 178. Plan de la première phase du bâtiment 0/87 et grille modulaire 241

Figure 179. Plan de la seconde phase du bâtiment 0/87 et principe de construction à l'aide du théorème de Pythagore. 242

Figure 180. Plan du secteur 7/87, état avec une palissade. 244

Figure 181. Plan du secteur 7/87, état avec le bâtiment à parois déportées. 245

Figure 182. Plan du bâtiment 7/87 et principe de planification. 246

Figure 183. Tableau récapitulatif des plus petits dénominateurs communs identifiés sur le site. 248

Figure 184. Plan général du site de Riedlingen, « Auf der Klinge ». 249

Figure 185. Planification par « roterte kvadrater » du bâtiment 1a. 251

Figure 186. Planification du bâtiment 1a par division du cercle. 251

Figure 187. Planification du bâtiment 1 b par division du cercle. 253

Figure 188. Plan du bâtiment 1 b avec sa grille modulaire. Chaque carré mesure 2,6 m de côté. 253

Figure 189. Nouvelle proposition d'interprétation pour le bâtiment 1 b. 255

Figure 190. Nouvelle proposition d'interprétation pour le bâtiment 1c. 255

Figure 191. Plan du bâtiment 2a avec sa grille modulaire. Chaque carré mesure 2,7 m de côté. 257

Figure 192. Plan du bâtiment 2 b avec sa grille modulaire. Chaque carré mesure 2,6 m de côté 257

Figure 193. Planification du bâtiment 3. 259

Figure 194. Plan du bâtiment 3 avec sa grille modulaire se fondant sur un carré de 3 m de côté. 259

Figure 195. Plan du bâtiment 6a avec sa grille modulaire se fondant sur un carré de 2,6 m de côté. 261

Figure 196. Plan du bâtiment 9 avec sa grille modulaire. Chaque carré mesure 3,2 m de côté. 261

Figure 197. Planification du bâtiment 10. 262

Figure 198. Plan du bâtiment 10 avec sa grille modulaire. Chaque carré mesure 3,25 m de côté. 262

Figure 199. Schéma de planification possible du bâtiment 16. 264

Figure 200. Plan du bâtiment 18a avec sa grille modulaire. Chaque carré mesure 3 m de côté. 265

Figure 201. Schéma de planification du bâtiment 18a. 265

Figure 202. Schéma de planification du bâtiment 18 b. 266

Figure 203. Le bâtiment 20 avec sa grille modulaire. Chaque carré mesure 3 m de côté. 268

Figure 204. Les petits bâtiments sur quatre poteaux. 268

Figure 205. Tableau récapitulatif des petits dénominateurs communs identifiés sur le site de Riedlingen, « Auf der Klinge ». 270

Figure 206. Plan général du site de Riedlingen, « Auf der Klinge » avec l'axe directeur. 272

Figure 207. Etapes 1 à 4 de planification du site du Verduron. 274

Figure 208. Etapes 5 à 8 de planification du site du Verduron. 276

Figure 209. Etapes 9 à 10 de planification du site du Verduron. 277

Figure 210. Comparaison entre les plan de l'îlot central du Verduron, l'îlot 15 d'Entremont et l'îlot 16 de Lattara. 277

Figure 211. Plan général d'Entremont et planification par la diagonale des cellules. 280

Figure 212. Plan général d'Entremont et planification par la diagonale de l'emprise de l'enceinte 1. Pour ne pas surcharger le plan, chaque diagonale correspond ici à 4 fois la longueur de la diagonale d'une cellule. 281

Figure 213. Plan général de Lattara au cours de l'âge du Fer. 282

Figure 214. Organisation théorique des îlots de Lattes (GARCIA 1996 : 20) 283

Figure 215. Extrait du plan général de Roseldorf, Sandberg centré sur le quartier à vocation cultuelle (HOLZER 2009). 286

Figure 216. Plan de l'objet 1 (enclos) et 5 (fosse) et technique de planification. 286

Figure 217. Plan de l'objet 12 et technique de planification..... 288

Figure 218. Plan de l'objet 12 et technique de planification..... 288

Figure 219. Plan du sanctuaire de Gournay-sur-Aronde, phase I et alignement des poteaux. 291

Figure 220. Plan du sanctuaire de Gournay-sur-Aronde, phase II et rapport géométrique. Le carré mesure 7 m de côté et le cercle 7 m de diamètre. 291

Figure 221. Plan du sanctuaire de Gournay-sur-Aronde, phase III et rapport géométrique identiques à ceux de la phase précédente. 293

Figure 222. Plan du sanctuaire de Gournay-sur-Aronde, phase IV et grille modulaire. Chaque carré mesure 1,5 m de côté..... 293

Figure 223. Plan du sanctuaire de Gournay-sur-Aronde, phase VI et grille modulaire sur la structure centrale. Chaque carré mesure 1,7 m de côté. 295

Figure 224. Plan du sanctuaire de Gournay-sur-Aronde, phase VI et grille modulaire sur la structure périphérique. Chaque carré mesure 1,7 m de côté..... 295

Figure 225. Plan du sanctuaire de Hayling Island, toutes phases celtiques confondues. 296

Figure 226. Plan du sanctuaire de Hayling Island, phase 2a et grille modulaire. Chaque carré mesure 2,838 m de côté. 297

Figure 227. Plan du sanctuaire de Hayling Island, phase 2 b et grille modulaire. Chaque carré mesure 2,838 m de côté. 297

Figure 228. Photo et dessin de la pierre gravé (POUX 2004 : 50 ; POUX 2012 : 55). 299

Figure 229. Plan du sanctuaire de Corent, état 1 et lignes directrices (d'après POUX et DEMIERRE 2015, modifié). Le plan du sanctuaire est superposé à l'enclos de l'angle sud. 300

Figure 230. Plan du premier état du sanctuaire de Corent et grille métrologique. Chaque carré mesure 5,1 m de côté. 300

Figure 231. Plan du second état du sanctuaire de Corent et grille modulaire. Chaque carré mesure 3 m de côté..... 301

Figure 232. Plan de l'édifice d'assemblé de Corent et grille modulaire. Chaque carré mesure 5,1 m de côté. 303

Figure 233. Plan du premier état de la place de marché de Corent et grille modulaire. Chaque carré mesure 5,1 m de côté..... 304

Figure 234. Plan du second état de la place de marché de Corent. Chaque carré mesure

5,1 m de côté. 304

Figure 235. Etude métrologique du premier état du temple A par Franz Schubert (SCHUBERT 1994) 306

Figure 236. Plan général du second état du temple A de Manching et schéma de planification. 307

Figure 237 Etude métrologique du second état du temple A par Franz Schubert (SCHUBERT 1994) 308

Figure 238. Etude métrologique du troisième état du temple A par Franz Schubert (SCHUBERT 1994) 310

Figure 239. Etude métrologique des ensembles 83 et 84 par Franz Schubert (SCHUBERT 1994) 311

Figure 240. Plan général des ensembles 83 et 84. 312

Figure 241. Plan général des ensembles 83 et 84 et schéma de planification par division du cercle. 312

Figure 242. Plans de bâtiments à parois déportées et tranchées périphérique..... 313

Figure 243. Planche récapitulative des principes géométriques identifiés 319

Figure 244. Tableau récapitulatif des schémas de planification identifiés par site..... 321

Figure 245. Histogramme présentant la fréquence (ordonnée) des valeurs de plus petits dénominateurs communs (abscisse)..... 323

Figure 246. Tableau de décompte des valeurs de plus petits dénominateurs communs323

Figure 247. Typologie des bâtiments à couronnes de poteaux, d'après DECHEZLEPRÊTRE et GINOUX 2005..... 325

Figure 248. Plan de bâtiments à schéma circulaire (Bat. P1 et UA 58 :Batilly-en-Gâtinais, autres : Manching). 327

Figure 249. Plan de bâtiments à schéma circulaire et restitution de charpente à partir d'édifices de plans carrés (Bat. P1 et UA 58 :Batilly-en-Gâtinais, autres : Manching). ... 328

Figure 250. Restitution proposée pour les bâtiments à schéma de constructions circulaires : coupe théorique de l'élévation. 329

Figure 251. Plan de bâtiments à schéma circulaire et hypothèse de restitution de charpente. 330

Figure 252. Extrait de la typologie d'Olivier Buchsenschutz centré sur les bâtiments circulaires montrant la possibilité d'une origine géométrique commune entre les bâtiments à parois déportées de plan carré et les bâtiments circulaires (BUCHSENSCHUTZ 2005).. 332

Figure 253. Typologie et modules architecturaux des maisons rubanées (d'après MODDERMAN 1970) 336

Figure 254. Schéma de planification du site de Batilly-en-Gâtinais (CONY et WASSONG 2014) 339

Figure 255. Schéma de planification du site de Boynes, la Porte de Puiseaux (CONY et WASSONG 2014) *340*

Figure 256. Schéma de planification des sites de Boynes, les Champs Noirs (a et b), Barville-en-Gâtinais, Les Trois Noyers (c) et Barville-en-Gâtinais, Le Clos Roi (d) (CONY et WASSONG 2014) *341*

Figure 257. Processus théorique de formation et de diffusion des savoirs et savoir-faire. *352*

INTRODUCTION

Durant la seconde moitié du XIXème et le début du XXème siècle, on assiste au développement de l'analyse métrologique des édifices monumentaux du monde classique. Ces études se destinent presque entièrement à la création de tableaux d'équivalences entre les différents étalons identifiés. Depuis, chaque ouvrage consacré à cette discipline débute avec la célèbre citation, tronquée et sortie de son contexte, attribuée au sophiste Protagoras par Platon. Nous choisissons délibérément de ne pas la faire figurer ici, en premier lieu parce qu'elle ne concerne pas la mesure proprement dite, et surtout, parce qu'elle offre, si on l'applique à la métrologie, une image bien trop réductrice de la discipline malgré l'existence de nombreuses mesures anthropométriques.

En effet, aucun ouvrage consacré à la métrologie avant la fin des années 1960 ne traite pleinement de ce que les mesures impliquent dans les connaissances scientifiques des populations antérieures à la métrification. Dans la majeure partie des cas, ces préoccupations occupent alors quelques lignes noyées dans des articles dont le propos est bien plus vaste. Cette situation est encore plus prégnante sur les études concernant l'architecture de l'âge du Fer, alors en plein développement.

Ce travail de recherche propose d'étudier l'architecture celtique sous l'angle de la métrologie et de la géométrie en se concentrant sur un corpus de quinze sites bien connus grâce à des fouilles extensives ayant révélé une partie conséquente, si ce n'est la totalité, de l'organisation des habitats et des unités architecturales qui les composent. Les sites traités dans le cadre de cette étude couvrent une vaste zone géographique, allant de la Grande-Bretagne à la République Tchèque, et se répartissent au sein d'une chronologie étendue à l'ensemble de l'âge du Fer.

Ces études systématiques nous permettent de présenter un premier aperçu des techniques et des savoirs utilisés dans la construction des édifices de l'âge du Fer en Europe celtique.

Le premier volume de cette thèse s'articule autour de trois chapitres. Le premier est consacré à la présentation des cadres de l'étude, des termes du sujet et des problématiques. Le second chapitre présente la méthodologie employée pour le choix des sites du corpus ainsi que pour leur analyse. Il se poursuit ensuite par l'étude détaillée des unités architecturales, site après site et, lorsqu'elles ont pu être identifiées, phase par phase. Une synthèse générale concernant la métrologie et la géométrie architecturale de l'âge du Fer constitue le dernier chapitre.

Le second volume de ce travail rassemble l'ensemble des plans de sites et d'édifices qui n'ont pas été directement mentionnés dans le cadre de l'étude. Ces derniers sont alors classés par sites et par phases lorsque celles-ci sont connues. Chaque habitat fait l'objet d'une rapide présentation générale à laquelle s'ajoutent des références bibliographiques relatives au site en question. Le lecteur trouvera les références précises dans la bibliographie générale.

CHAPITRE I

LES CADRES DE LA RECHERCHE

Il convient, en premier lieu, de présenter l'ensemble des cadres de notre étude, les termes du sujet et les travaux antérieurs depuis les débuts de la discipline.

1. LES CADRES DE L'ÉTUDE

1.1. Les limites géographiques et culturelles

La zone d'étude sélectionnée s'étend sur la majeure partie de l'Europe celtique allant de l'océan Atlantique à l'Oder et de la côte méditerranéenne à l'embouchure du Rhin (Figure 1). Cette vaste superficie est nécessaire afin de récolter le plus d'informations exploitables possible pour ce travail. Le sujet évoqué exige l'utilisation de données issues de sites fouillés sur une surface significative par rapport à leur emprise totale, une restriction trop importante de l'aire géographique aurait profondément affecté la représentativité et la disponibilité des ensembles. En effet, peu de sites suffisamment documentés sur le sujet sont connus.

Pour des raisons d'accessibilités aux sources, l'extrême ouest et l'extrême est des territoires celtiques européens ne font pas l'objet de ce travail. La péninsule ibérique a également été écartée de l'étude, celle-ci ayant déjà fait l'objet de parutions récentes et particulièrement abouties (MORET 2008, OLMOS 2010).

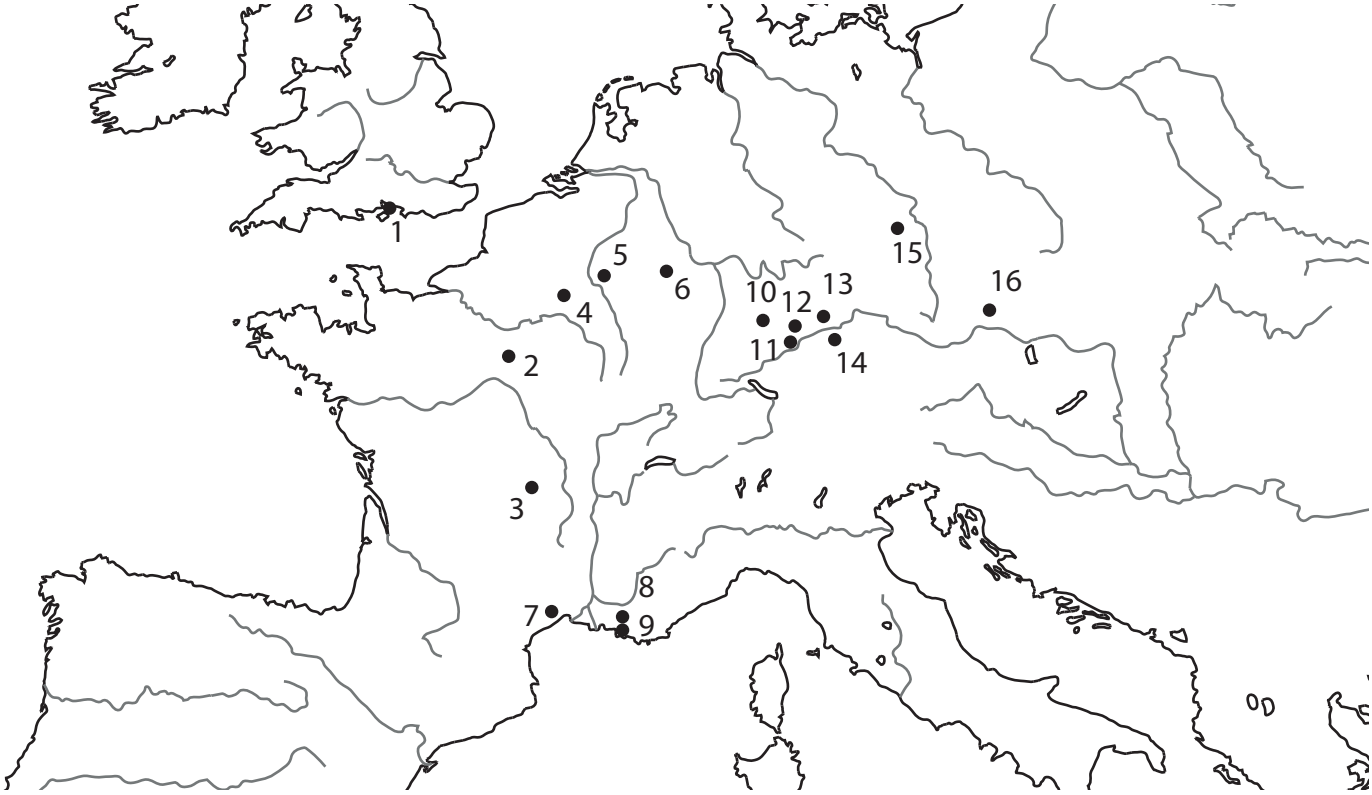


Figure 1. Répartition des sites du corpus. 1, Hayling Island ; 2, Batilly-en-Gâtinais ; 3, Corent ; 4, Gournay-sur-Aronde ; 5, Acy-Romance ; 6, Bundenbach ; 7, Lattara ; 8, Entremont ; 9, Verduron ; 10, Ehningen ; 11, Heuneburg ; 12, Riedlingen ; 13, Goldberg ; 14, Manching ; 15, Mešecke Žehrovice ; 16, Roseldorf.

Le cadre chronologique pris en compte dans cette étude s'étend du VIIIe au Ier siècle avant notre ère. L'espace géographique traité comporte différents systèmes chronologiques. Les datations seront exprimées en siècle ou selon le système chronologique en vigueur sur le site. La limite haute se justifie par l'apparition des premiers centres proto-urbains au nord des Alpes durant la période dite des « résidences princières ». Au courant du premier âge du Fer, le domaine nord-alpin se caractérise par la culture dite de Hallstatt définie, entre autres, par une montée en puissance de certains aristocrates qui s'intègrent dans un système d'échange avec le monde méditerranéen dont témoigne la richesse du mobilier des sépultures, mais aussi des habitats, dont les formes indiquent les prémices de l'urbanisation. Cette même dynamique perdure jusqu'au début du second âge du Fer. A partir de La Tène moyenne, on assiste au développement des *oppida*, qui sont des centres économiques et politiques de premier plan. Ces derniers émanent de la fondation d'agglomérations dès le IIIe siècle avant notre ère et sont les résultats d'un processus d'urbanisation qui atteint son paroxysme au siècle suivant. La limite basse correspond, quant à elle, à la conquête, bien que cet évènement ne marque pas un changement immédiat du point de vue de l'architecture, mais plutôt au niveau institutionnel.

Il faut, à ce titre, évoquer la particularité de la Celtique méditerranéenne qui se distingue non seulement par des formes et des techniques architecturales particulières, mais aussi par des contacts bien plus forts avec le monde méditerranéen et où la conquête est bien plus précoce (125 avant notre ère).

Ce cadre géographique et chronologique s'inscrit dans un ensemble culturel appelé l'Europe celtique et identifié dès la fin du XIXe et le début du XXe siècle notamment grâce aux travaux de

Joseph Déchelette (DECHELETTE 1913 et 1914). Cette Europe celtique regroupe un ensemble de population formant une entité culturelle, avec une culture matérielle semblable de la Bretagne insulaire à la Hongrie. Cette entité culturelle, met en relation des populations d'une même culture immatérielle, matérielle ou encore linguistique sans se soucier des frontières administratives. Malgré la grande homogénéité du mobilier au sein de tout l'espace celtique, certains types caractéristiques permettent de définir des groupes régionaux[1].

Le cadre chronologique et géographique retenu inclut ainsi différentes formes d'habitat et architecturales que nous présentons maintenant.

1.2. Les formes de l'habitat à l'âge du Fer

On distingue différents types d'habitats à l'âge du Fer. C'est à Olivier Buchsenschutz qu'on doit une typologie des formes de l'habitat à partir des données de fouilles. Après une première publication en 1999, elle est mise à jour dans son ouvrage de 2007 (BUCHSENSCHUTZ 2007 : 253 et BUCHSENSCHUTZ et al. 2015, Figure 2). Cette typologie se fonde principalement sur le caractère ouvert ou enclos, et isolé ou aggloméré de l'habitat, ainsi que sur la fonction des établissements (agricole, artisanale et commerciale). Cette typologie fait par la suite l'objet d'une nouvelle proposition de Stephan Fichtl, principalement adaptée au second âge du Fer (FICHTL 2013 : 37-40, Figure 3). L'auteur reprend les catégories fonctionnelles des établissements afin de différencier les sites à fonction agricole et les sites à fonction artisanale et commerciale.

Dans le premier cas, Stephan Fichtl distingue les sites de stockage (fortifié ou non), les sites d'exploitation (de la ferme ouverte au village agricole en passant par les fermes encloses et les hameaux) et les sites aristocratiques où les activités artisanales peuvent être plus développées que dans les autres habitats de la catégorie.

Les sites de stockage sont caractérisés par la présence d'une majorité de bâtiments et d'installations destinés à la conservation des denrées comme des greniers ou des silos. Le site de Bundenbach est généralement considéré comme un site de stockage fortifié. Les sites d'exploitations regroupent principalement les habitats ruraux, dont les rangs ont été définis par François Malrain (MALRAIN et al. 2002 : 143). Les établissements les plus modestes ne sont pas toujours enclos. Leurs dimensions varient de moins d'un hectare (notamment dans le cas des Viereckschanzen) à plusieurs dizaines d'hectares dans le cas de résidences aristocratiques comme sur le site des Pierrières à Batilly-en-Gâtinais. Ces établissements sont constitués de bâtiments d'habitation, ainsi que de bâtiments plus usuels comme des greniers, et d'édifices de stockage. La fouille de certains habitats a révélé la présence d'activités artisanales, mais ces dernières ne constituent pas l'essentiel de la fonction du site (si cela venait à être le cas, il conviendrait de les classer parmi les enclos artisanaux dont les fonctions artisanales et commerciales sont prépondérantes). Entrent également dans ces catégories les villages agricoles dont l'exemple le mieux connu est

1 Dans le cadre de ce travail, la prise en compte des groupes régionaux ne présente que peu d'intérêt c'est pourquoi nous ne nous attarderons pas sur ces problématiques.

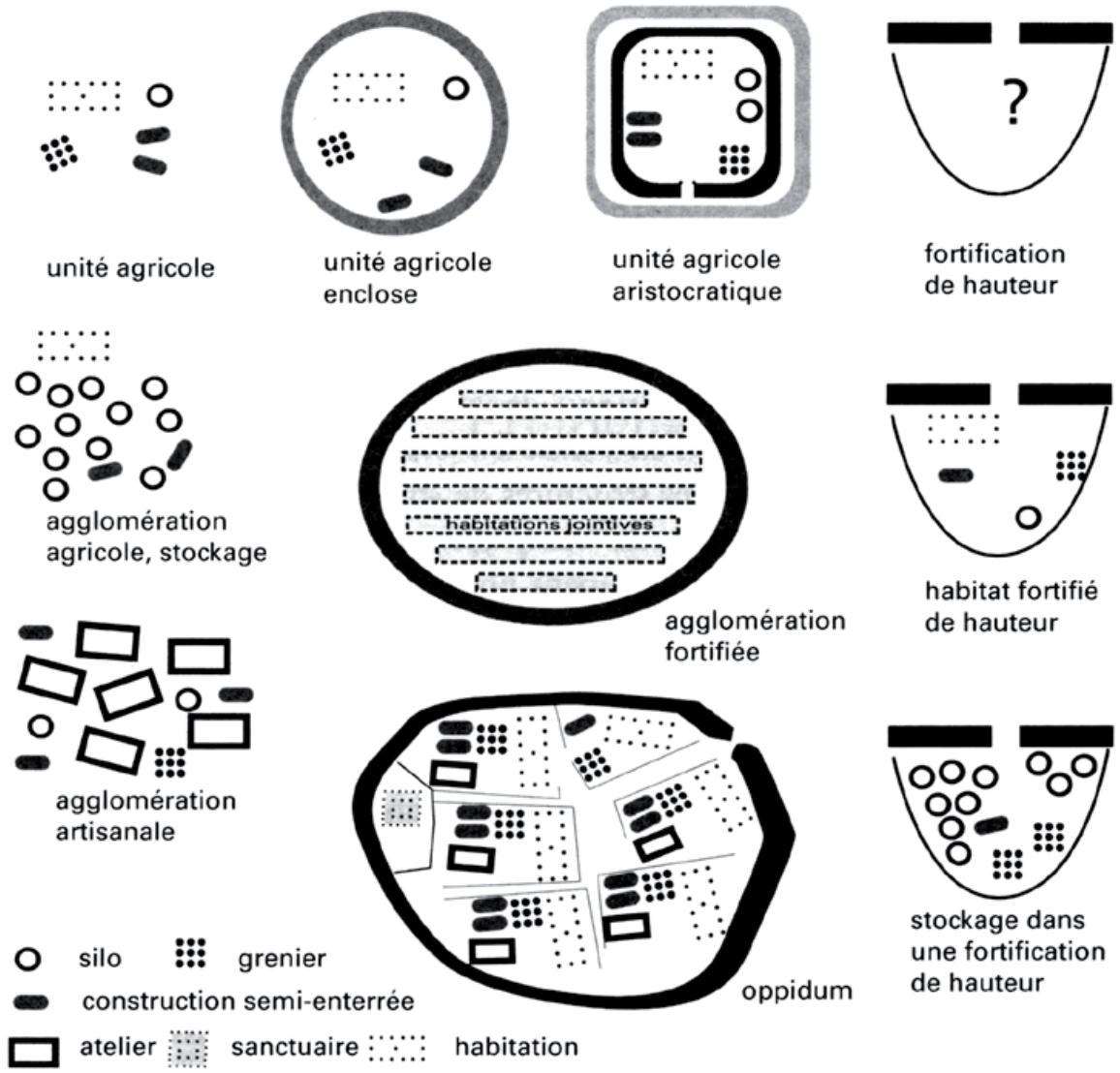


Figure 2. Typologie de l'habitat de l'âge du Fer, d'après BUCHSENSCHUTZ 2007.

celui d'Acy-Romance (Ardennes). Parmi ces exemples de sites, il convient de distinguer ceux dont la richesse des installations et du mobilier surpasse les autres et qui sont interprétés comme des habitats aristocratiques comme Batilly-en-Gâtinais (Loiret), Cholet - les Natteries (Maine-et-Loire) (MAGUER 2009) ou encore les premiers états de l'établissement de Paule (MENEZ 2009).

Pour les établissements à fonction artisanale et commerciale on retrouve les enclos artisanaux, les agglomérations artisanales, et les *oppida* en insistant sur la présence d'un type intermédiaire entre l'agglomération artisanale et l'*oppidum* : les *oppida* de type Zemplin caractérisés par la présence d'un faubourg artisanal extra-muros. Les agglomérations artisanales sont constituées de plusieurs aires d'activités parfois variées (manufacture de parure en métal ou en verre, ou espaces de travail du textile par exemple) fréquemment localisées au sein de bâtiments semi-excavés. Les sites de Roseldorf ou de Bâle-Gasfabrik en sont des exemples. Certaines de ces agglomérations vont par la suite se développer et se doter d'un rempart, créant ainsi les *oppida*, qui possèdent les caractéristiques d'une véritable ville. C'est par exemple le cas à Manching ou à Levroux (SALAČ 2012). Dans ce dernier cas, on observe un déplacement de l'habitat vers une hauteur proche de

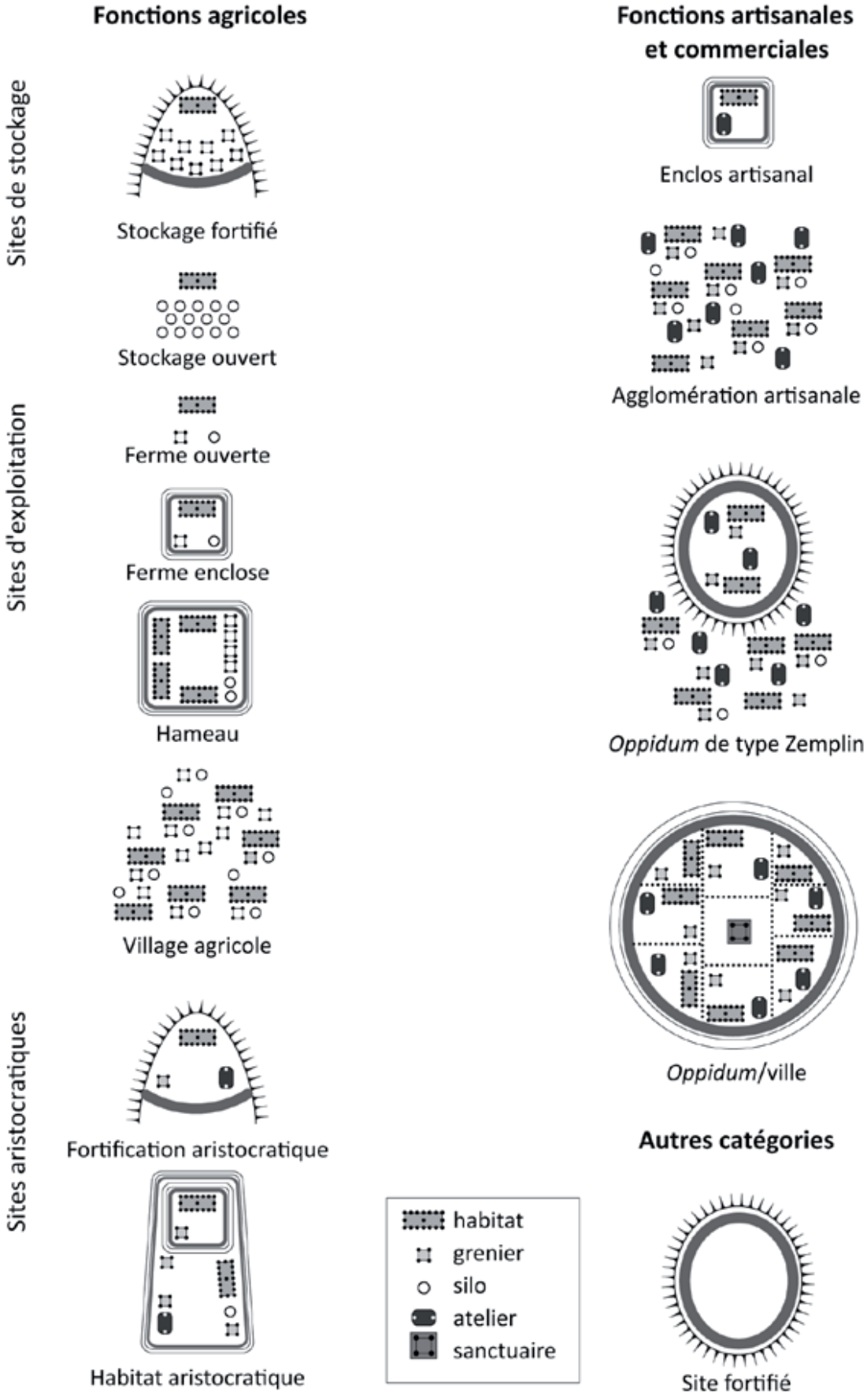


Figure 3. Typologie de l'habitat du second âge du Fer, d'après FICHTL 2013.

l'emplacement de l'agglomération. Enfin, la dernière catégorie de site de la typologie de Stephan Fichtl comprend les sites fortifiés inclassables.

À cette typologie il faut ajouter les sites méridionaux qui possèdent des caractéristiques particulières. Les *oppida* méridionaux ne présentent pas les mêmes caractéristiques que les villes nord-alpines. Dans le domaine celtique méditerranéen, ces habitats fortifiés se développent dès le VIe siècle avant notre ère et prennent rapidement, dès le siècle suivant, les formes qui vont les caractériser jusqu'au changement d'ère (malgré quelques modifications dues à la romanisation qui intervient dès la fin du IIe siècle), à savoir l'adoption d'une architecture à base de pierre et d'un urbanisme dense et agglutiné dont les voiries séparent des îlots d'habitations. Les habitats ruraux et isolés sont, quant à eux, assez mal connus dans cette région. Il semblerait qu'à partir du IVe siècle les campagnes sont peu à peu dépeuplées au profit des *oppida*. Il faut cependant relever que la plupart des thématiques de recherches sont centrées sur les sites fortifiés.

Au sein de cette typologie, il faut également mettre en avant l'existence de quartiers religieux dans l'emprise de certains sites (*oppida* ou agglomérations en particulier, mais des manifestations rituelles peuvent également être perçues sur quelques sites ruraux). Pour les périodes plus récentes, les recherches mettent en avant le rôle central des temples dans les processus d'urbanisation de l'âge du Fer. Ces édifices sont implantés en des points remarquables des sites, dans des endroits réservés au domaine sacré (sur un point haut du site dans le cas du Titelberg, dans une position centrale au croisement de deux voies principales dans l'exemple de Manching ou encore des salles hypostyles de Roquepertuse ou Entremont par exemple) et favorisent les groupements humains autour d'une valeur commune ce qui revêt de fait un rôle fédérateur (GARCIA 2014).

Si l'emplacement d'un complexe religieux conditionne en effet le processus d'urbanisation, il se pourrait dès lors que l'ensemble du processus d'urbanisme d'un site soit planifié et que les espaces fonctionnels soient définis à l'avance. Les complexes religieux, et en particulier leurs éléments constitutifs (temple proprement dit, mais aussi enclos périphérique ou tranchée palissadée délimitant le *temenos*) peuvent alors revêtir des caractéristiques architecturales et métriques précises. Un soin particulier peut être porté aux structures communautaires dans leur conception, a fortiori si celles-ci constituent la première étape de la planification d'un habitat et plus tard du processus d'urbanisation (FICHTL, METZLER, SIEVERS 2000 : 184).

Avant de rentrer dans l'étude proprement dite, la définition des termes et un rappel des recherches précédentes s'imposent en orientant notre propos plus particulièrement sur la métrologie en elle-même.

1.3. L'architecture à l'âge du Fer

L'architecture en terre et en bois typique de l'âge du Fer a longtemps été mise de côté par les archéologues, ces derniers étant trop souvent focalisés sur l'archéologie classique et les monuments en pierre. Cet intérêt fut bénéfique pour les sites provençaux présentant une architecture « en dur »

par exemple le Verduron qui fit l'objet de fouilles dès 1905 sous la direction de Stanislas Clastrier (BADIE, BERNARD 2008). L'étude des vestiges de constructions en matériaux périssables mit plus de temps à se développer. En cause, la persistance de nombreux préjugés depuis l'exaltation de l'archéologie nationale durant le Second Empire (entre 1852 et 1870). Il était impossible d'imaginer une recherche de l'esthétique et du bien-être dans la construction des « cabanes » des populations protohistoriques. Jusque très récemment, certains chercheurs imaginaient que les habitations en bois étaient à la limite de la salubrité (RIECKHOFF, BIEL 2001 : 111), et ce, malgré tous les avantages et les occurrences de ce type d'architecture qui ont conduit à sa préservation jusqu'à notre période actuelle (BUCHSENSCHUTZ 2005 : 50).

Il n'existe à ce jour aucune réelle monographie consacrée à l'architecture de terre et de bois. Nous rappellerons ici les principales études réalisées afin de restituer l'élévation des bâtiments protohistoriques. Même si les trous de poteaux sont perçus dès le début du XX^{e} siècle, il faudra attendre une cinquantaine d'années avant que les plans ne fassent l'objet d'une analyse régulière et d'une tentative de restitution de l'élévation. C'est dans cette optique que s'inscrit l'article d'Adelhart Zippelius, qui pose les fondements de la typologie (hypothétiques, en l'absence de preuves matérielles) des charpentes protohistoriques (ZIPPELIUS 1953 : 13-45). Il faudra encore attendre quelques décennies pour voir apparaître cette typologie en France. C'est notamment grâce aux travaux d'Olivier Buchsenschutz que la littérature scientifique sur l'architecture protohistorique franchira le Rhin (BUCHSENSCHUTZ 1984, 2005, 2007).

Dans la publication consacrée à l'habitat hallstattien du Goldberg, Hermann Parzinger écarte les possibilités de restitutions de l'élévation dans sa typologie des bâtiments, préférant prendre en compte plus particulièrement leurs plans au sol (PARZINGER 1998). L'auteur présente les propositions de charpentes faites par Adelhart Zippelius (PARZINGER 1998 : 62-63 ; ZIPPELIUS 1953 : 19-23) qui tenait à mettre en évidence les différences structurelles au niveau de ces dernières en fonction du type de bâtiment, à savoir, une construction sur poteaux plantés avec un plan à deux ou trois nefs.

Le premier, renvoie à une charpente portée par une ligne de poteaux centraux maintenant une poutre faîtière sur laquelle viendront reposer les chevrons (Figure 4), ceux-ci prenant également appui sur une sablière. Dans le second cas, la faîtière n'est pas porteuse. Le poids de la charpente est maintenu par deux lignes de poteaux parallèles et par les entraits (Figure 5). Les chevrons sont liés par paires au niveau de leurs extrémités sommitales et s'appuient, là encore, sur la sablière. La faîtière joue ici un rôle de maintien de la structure. Ce cas de figure peut également être rencontré dans les constructions à une nef. À ces types de plans de bâtiments, Olivier Buchsenschutz ajoute les constructions avec poteaux dans les parois (BUCHSENSCHUTZ 2005 : 55). Dans ce cas, le support de la charpente est assuré par une paroi porteuse. Les forces s'exercent de façon régulière sur l'ensemble de la structure. C'est généralement ce cas de figure qu'il faut prendre en compte pour les bâtiments de plan circulaire, ovale ou quadrilatère à angles arrondis. Plus récemment, une nouvelle typologie des bâtiments sur poteaux plantés a été proposée par Patrick Maguer et Gaëlle

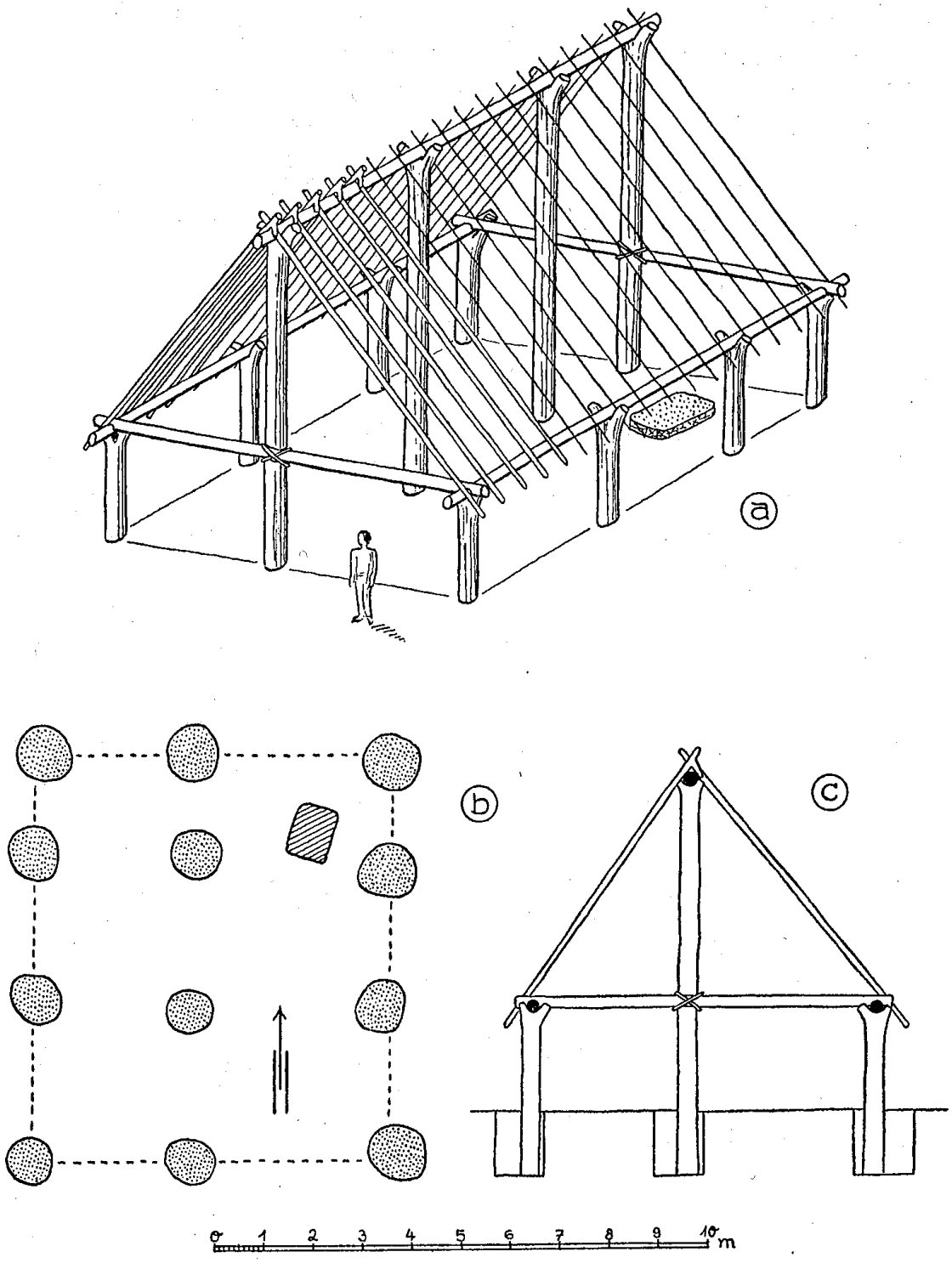


Figure 4. Proposition de restitution d'un bâtiment à deux nefs avec une charpente maintenu par une poutre faitière à partir du bâtiment 22 du Goldberg (ZIPPELIUS 1953 : 19)

Robert (MAGUER et ROBERT 2013 : 252-255). Cette typologie, s'appuyant sur des exemples de l'ouest et du centre de la France datant de La Tène, se base principalement sur le nombre de poteaux porteurs, la présence d'un ou plusieurs accès et la présence ou l'absence des tranchées de fondation de paroi (qu'elle soit déportée ou non) (Figure 6).

À ces constructions sur poteaux plantés, il faut aussi ajouter les structures sur parois porteuses pour avoir un aperçu plus large des possibilités de construction en terre et en bois. Très rarement perceptible lors des campagnes de fouilles, surtout lorsqu'il se compose d'une structure en matériaux périssables, ce principe de construction offre pourtant un meilleur aperçu de l'emprise réelle au sol d'un bâtiment quand il est appréhendé. Si les exemples en pierre sont relativement bien connus dans le domaine méditerranéen (sur des sites comme Entremont ou Nages par exemple), la proportion de leurs équivalents en bois du domaine nord-alpin est encore très difficile à percevoir. L'habitat aristocratique de la Heuneburg dans le Bade-Wurtemberg a révélé plusieurs habitations construites sur ce principe, en particulier au cours des premières phases d'occupation de l'âge du Fer (GERSBACH 1995, 1996 ; KURZ 2000). De même, les vestiges de certains aménagements de puits, par exemple celui de la Viereckschanze de Fellbach-Schmiden, témoignent de l'utilisation de ce type de construction (WIELAND 1999). Il s'agit dans la plupart des cas de constructions en *Blockbau*, c'est-à-dire une superposition de poutres horizontales qui s'entrecroisent au niveau des angles de l'édifice tels qu'elles sont encore visibles dans de nombreuses régions du Canada, de la Norvège ou de la Suède. Il est également possible d'y intégrer des poteaux verticaux, soit directement imbriqués dans la sablière basse, soit ancrés dans le sol, auquel cas une sablière basse reliera les poteaux verticaux entre eux (Figure 7).

Ces différents types de plans et techniques de construction impliquent des formes de couvertures variées. Dans le cas d'un plan de bâtiment présentant un poteau central sur les petits côtés, on a tendance à restituer un pignon droit. L'absence d'un tel dispositif peut renvoyer à une toiture à pan coupé, au même titre que la présence d'un poteau central situé légèrement en arrière de la façade des petits côtés. Dans les plans en abside, la couverture pourra prendre une forme semi-conique pour épouser parfaitement la courbe de l'extrémité du bâtiment.

Nous ne disposons malheureusement pas assez souvent de renseignements concernant les matériaux employés pour la couverture. La découverte de nombreux clous repliés peut indiquer la présence d'une toiture en bardeaux, les clous étant le système de fixation de ces derniers. il est possible toutefois également d'imaginer que ceux-ci aient pu être attachés avec des tenons ou des chevilles en bois. L'autre solution fréquemment évoquée est une couverture en chaume qui ne laissera aucune trace archéologique. Le degré de pente de la couverture est généralement restitué à 45 degrés, cette valeur étant la plus adaptée au ruissellement des eaux de pluie et aux autres contraintes météorologiques telles que la poussée exercée par les vents ou le poids de la neige dans les contrées de l'Europe tempérée. Il existe cependant quelques cas particuliers où l'on restitue souvent une toiture plate, en terrasse, en particulier en Gaule méridionale, comme c'est le cas sur des sites tels Martigues (CHAUSSERIE-LAPREE 2005) ou Lattara (PY 2009), où les conditions

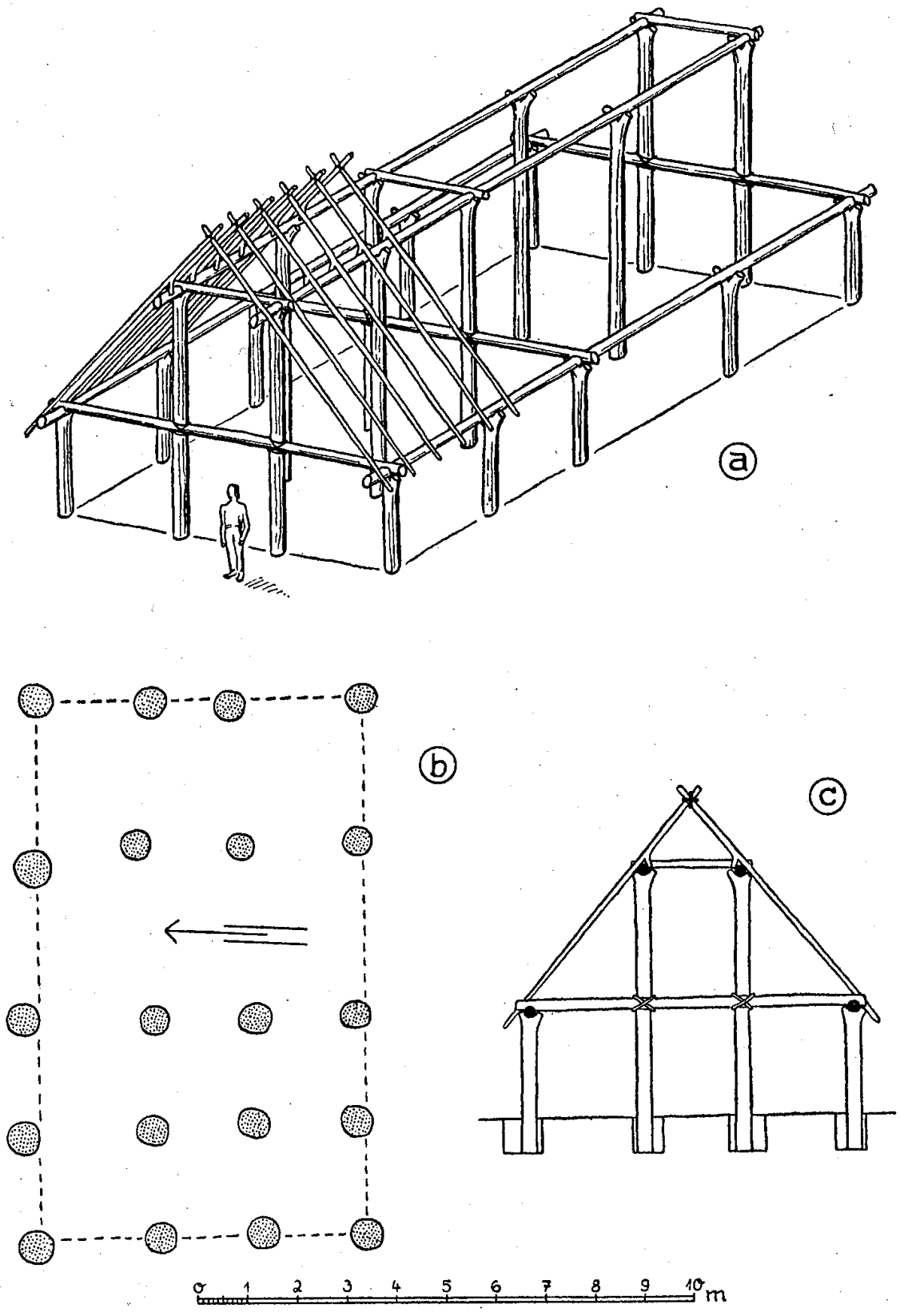
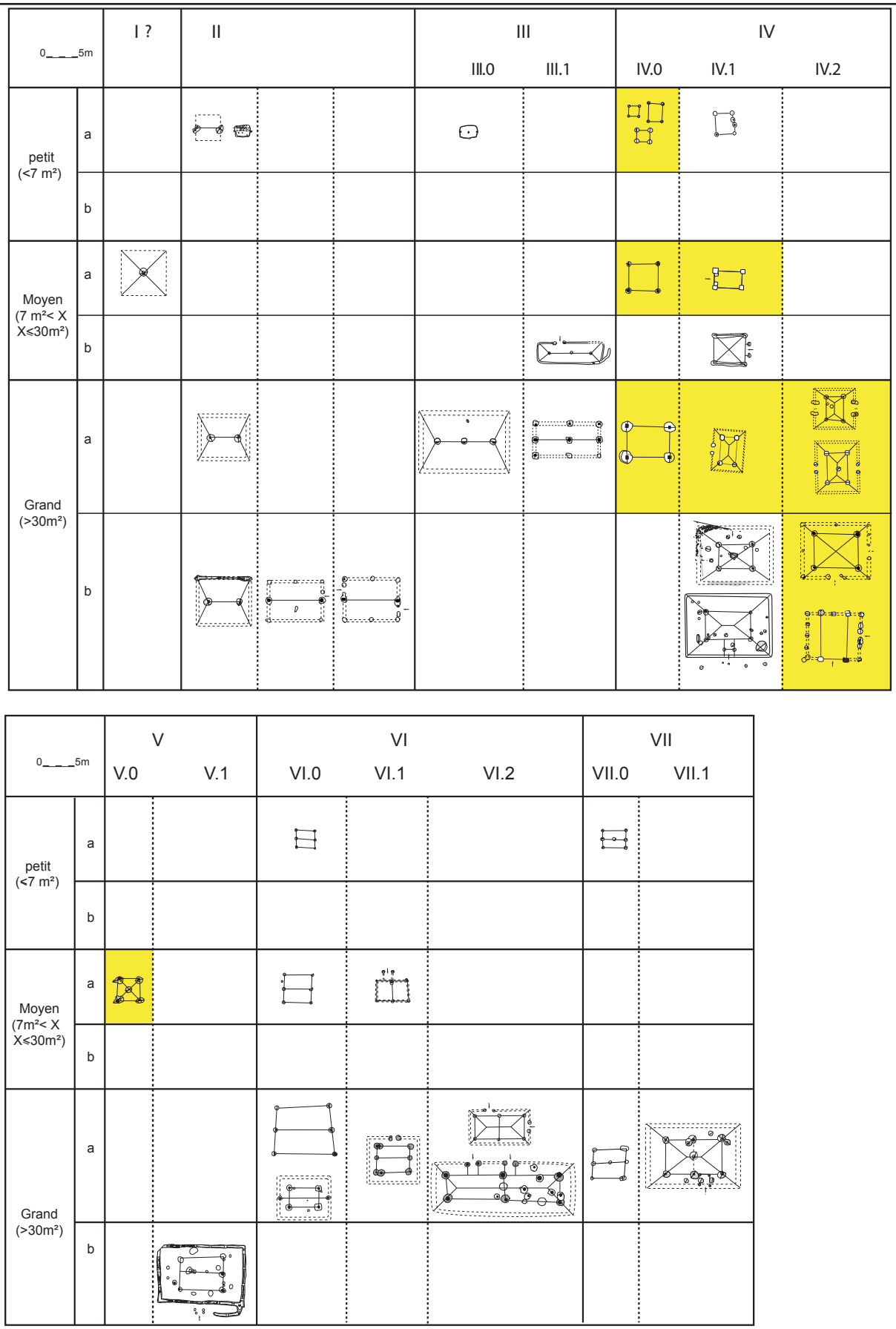


Figure 5. Proposition de restitution d'un bâtiment à trois nefs avec une charpente maintenu par les poteaux centraux et les entraits à partir du bâtiment 24 du Goldberg (ZIPPELIUS 1953 : 22)



I à n : nombre de poteaux porteurs
0 : sans accès visible ; 1 : un accès visible ; 2 : deux accès visibles
a : sans trace de paroi ; b : avec trace de paroi

Figure 6. Typologie des bâtiments sur poteaux plantés de La Tène dans l'ouest et le centre de la France (MAGUER et ROBERT 2013 : 253).

climatiques de type méditerranéen ne nécessitent pas une toiture à fort degré de pente.

L'existence de formes architecturales similaires à l'échelle de l'Europe celtique pourrait impliquer des techniques communes, perceptibles en partie au moyen des analyses métrologiques et géométriques. Comme pour la restitution des élévations des structures d'habitat, ces études devront proposer la solution la plus simple à mettre en œuvre. Elles s'appliqueront en premier lieu aux plans des structures, puis, si possible, et de façon tout à fait hypothétique aux proportions théoriques de l'élévation. Il faut toutefois garder à l'esprit que ces infrastructures ne sont en aucun cas isolées. Elles font partie d'un ensemble cohérent que constitue l'habitat, quelle que soit sa forme.

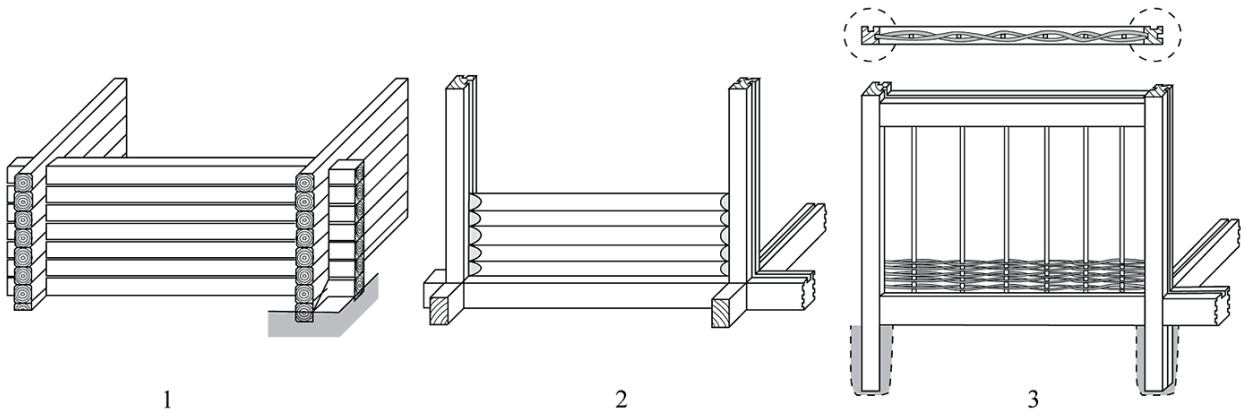


Figure 7. Exemples de construction sur sablière basse d'après les données issues des fouilles de la Heuneburg (BUCHSENSCHUTZ 2015 : 253).

2. LES TERMES DU SUJET ET L'ÉTAT DE LA RECHERCHE

Les études métrologiques sont essentiellement centrées sur les édifices et leurs proportions. Nous ne nous limiterons pas aux bâtiments dans le cadre de cette étude. Il s'agira d'appliquer la méthode utilisée sur les bâtiments à l'ensemble du site dans lequel ils s'inscrivent.

2.1. La métrologie

La métrologie est l'étude des unités de mesure, quels que soient les éléments destinés à être évalués. Elle prend donc en compte à la fois les distances, les surfaces et les volumes, mais aussi les masses et le temps (VISY 2013 : 1256-1257). Pour le moment, nous nous limiterons aux unités de distances et de surfaces. La dimension historique de cette science s'attache à la perception et à l'étude des unités de mesure utilisées au cours du temps dans des zones géographiques définies.

2.1.1. Les balbutiements de la métrologie et la Méditerranée antique

L'archéologie classique a été la première discipline où les études métrologiques se sont, pour ainsi dire, généralisées, en particulier à la fin du XIXe et au début du XXe siècle. Sa démarche s'inscrit également dans une période de changements culturels importants. En effet, la quasi-totalité des ouvrages sont publiés à un moment où le système international d'unité (SI, comprenant le mètre, le kilogramme, la seconde, l'ampère, le kelvin, la mole et la candela) commence à s'imposer à travers toute l'Europe (et plus largement au monde par le biais des colonies) suite à la création le 20 mai 1875 du Bureau international des poids et mesures. On perçoit parfois dans certains travaux une sorte de résistance ou de nostalgie, si ce n'est une volonté de mise en parallèle avec d'anciennes unités de mesure qui a très probablement contribué à la diffusion des études métrologiques. En effet, le passage au système métrique a considérablement facilité les comparaisons des différentes unités de mesure grâce à sa plus grande précision (HULTSCH 1882 : 23).

En 1862, Friedrich Hultsch publie *Die griechische und römische Metrologie* qui constitue la première étude consacrée exclusivement à ce domaine. Il y compile les résultats de ses études personnelles, mais également celles d'autres chercheurs, restées jusqu'ici dans l'ombre. Il y traite de métrologie au sens large, en abordant à la fois les unités de mesures de distances, de volumes, mais aussi de poids, en particulier dans les études de monnaies grecques et romaines. Vingt ans plus tard, en 1882, il publie une version révisée et considérablement augmentée du même ouvrage. Il y ajoute des réflexions sur les systèmes de mesure d'autres aires géographiques, en particulier en Égypte, avant et après la domination grecque, et au Moyen-Orient, en présentant notamment les unités de mesures assyriennes, babyloniennes, phéniciennes, perses ou encore hébraïques. Il termine son ouvrage en évoquant très rapidement certaines unités de mesures d'Hispanie, de Gaule

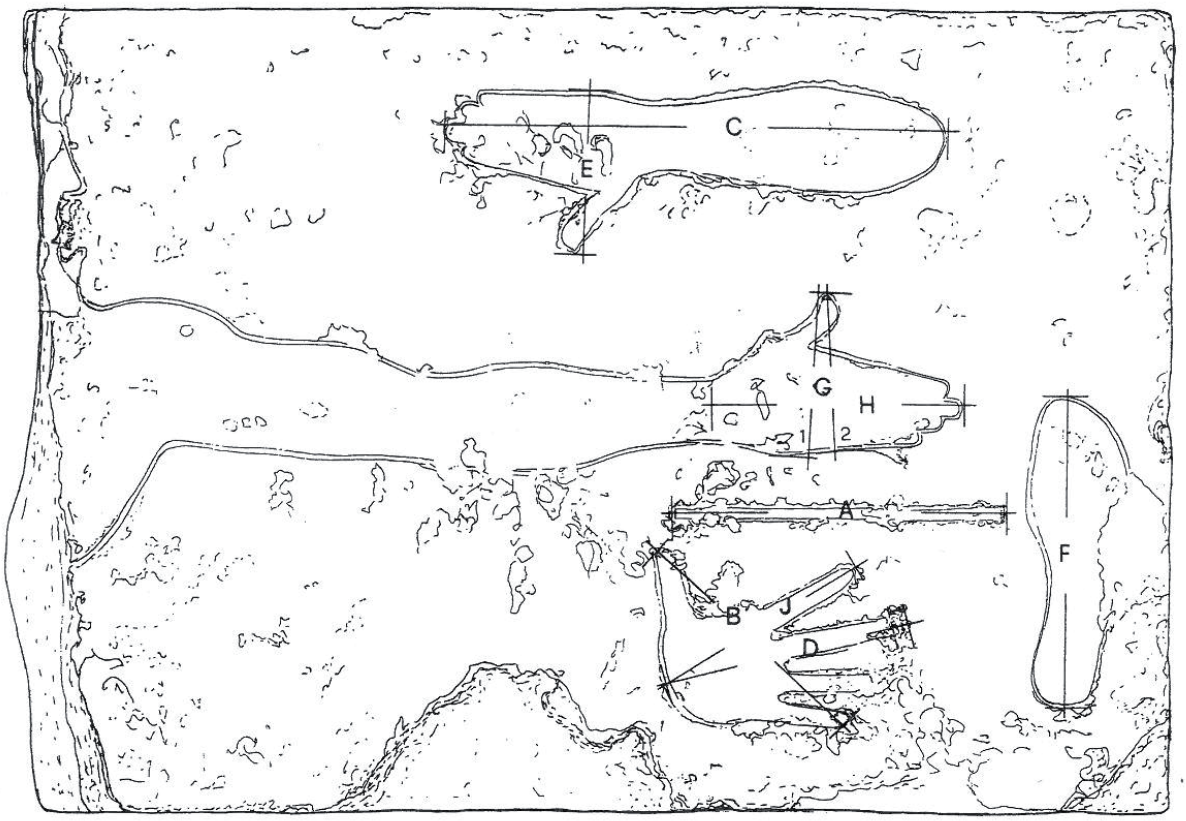


Figure 8. Relief métrologique de Salamine (HELLMANN 2002 : 44)

et de Germanie apparues après la Conquête romaine, présentant cette dernière comme la source de l'importation de la mesure dans les contrées du nord et de l'ouest de l'Europe.

Friedrich Hultsch base principalement ses études sur le mobilier archéologique conservé (monnaies, échelles de mesure, poids), les édifices grecs et romains encore en élévation au moment de son étude (principalement des édifices cultuels), certains éléments architectoniques ou encore des gravures représentant les unités de mesure comme le relief métrologique de Salamine (HELLMANN 2002 : 44-45, Figure 8). Ce dernier représente les parties du corps humain pouvant servir d'unités de mesure, à savoir la coudée en haut (la longueur de l'avant-bras : du coude au bout des doigts), la verge au centre (du bout des doigts au thorax), l'empan en bas (du pouce à l'auriculaire, main ouverte) et le pied à droite. Friedrich Hultsch entame son ouvrage par la citation du sophiste Protagoras, « l'homme est la mesure de toute chose » (PLATON, *Théétète*, 63), afin de justifier l'utilisation des différentes parties du corps humain comme unités de mesure de distance (en particulier, le pied, la coudée, la paume ou encore l'empan). Il déduit de ses observations et études sur les édifices et le mobilier archéologique, l'établissement d'unités de mesure ainsi que leurs équivalences en mètres, propres à chaque cité ou à chaque territoire politique qu'il étudie. Grâce aux sources littéraires, il parvient également à faire le lien entre les différents sous-multiples et surmultiples des unités étalons, à savoir le doigt, la coudée ou la perche en prenant le pied pour étalon. Il prend également comme source les écrits des agronomes antiques pour la présentation des unités de surface et de volume.

Au final, la conclusion du travail de Friedrich Hultsch se résume en une succession de tableaux présentant les unités de mesure des divers secteurs géographiques étudiés. Il y reporte également tous les multiples de chaque unité et leurs équivalences dans le système métrique. C'est, en somme, la finalité de la quasi-totalité des études métrologiques, et ce, jusqu'aux années 1980.

L'état de la recherche aurait pu en rester là, mais c'est sans compter le déclenchement de véritables « querelles de centimètres » que vont se livrer les chercheurs. Dès 1882, l'architecte Wilhelm Dörpfeld publie ses *Beiträge zur antiken Metrologie*. Bien souvent, et comme nombre de chercheurs après lui, ces articles se limitent à la critique stérile des travaux précédents en voulant affiner à outrance la précision de la valeur du pied de telle ou telle cité grecque (Wilhelm Dörpfeld propose un pied Solono-attique de 0,3087 mètre puis de 0,296 mètre au lieu des 0,3083 mètre soumis par Friedrich Hultsch, DÖRPFELD 1882 : 277-279 ; DÖRPFELD 1890 : 167-168).

Toutes ses hypothèses abondent toutefois dans le même sens : il faut attendre le développement de l'Empire Romain pour assister à la mise en place d'une unité de mesure commune à l'échelle d'un ensemble politique et géographique. Cette unité se basera sur un pied d'une valeur de 0,296 mètre, et régira à la fois les calculs de distances et de surfaces, mais aussi de volumes. Certaines unités locales ont toutefois pu perdurer, soit par l'utilisation dans une sphère plus restreinte, en dehors du cadre administratif imposé par Rome, soit par l'intégration d'unités, qu'on appelle « indigènes », dans le système romain comme c'est le cas par exemple pour la grande lieue gauloise (HULTSCH 1882 : 293-294 ou plus récemment DASSIE 1999 : 285-311), dont la valeur exacte ne fait toujours pas à ce jour l'unanimité, et dont on reconnait la possibilité de fluctuations au cours du temps ou en fonction des régions (GOUDINEAU inédit).

Quoi qu'il en soit, ces premiers travaux relevaient davantage d'un catalogue des différentes unités de mesure que d'une étude approfondie de leurs fonctionnements et implications. Outre cet aspect de simple « listing », les querelles stériles pour quelques millimètres ont vite fait d'essouffler l'intérêt pour cette discipline. Quelques articles sont alors publiés, mais passent tout à fait inaperçus. Il faudra attendre la fin des années 1960 pour retrouver un regain d'intérêt pour les études métrologiques. Il faut toutefois mentionner la petite contribution de Sir William Matthew Flinders Petrie, *Measures and weight*, publiée en 1934. Principalement connu pour ses travaux en égyptologie, il publie dans cet article une liste des unités de mesure anciennes connues, principalement au Moyen-Orient, mais aussi en Grèce, en Europe médiévale et tente une rapide étude métrologique du site anglais de Stonehenge (PETRIE 1934). Ses travaux seront par la suite repris et développés par Rolf Rottländer, dont nous reparlerons plus loin (ROTTLÄNDER 1979), au moment du retour des études métrologiques à partir de la fin des années 1960.

2.1.2. Applications en dehors du monde classique

Ce regain d'intérêt coïncide également avec l'application de ce type de recherches dans des contextes autres que méditerranéens, au moment où les archéologues commencent à partir à la recherche des trous de poteaux, et autres vestiges de constructions en matériaux périssables. Mais

avant de s'y intéresser plus particulièrement, quelques nouveaux travaux sont effectués à partir des données publiées dans la littérature scientifique de la fin du XIX^{e} et du début du XX^{e} siècle, afin d'appliquer une méthode, auparavant réservée à l'archéologie classique, à des monuments pré — et protohistoriques.

À la suite des travaux de William Petrie, Rolf Rottländer, tente de systématiser l'approche effectuée sur le site de Stonehenge sur d'autres sites mégalithiques d'Europe et du pourtour méditerranéen. Auparavant, il liste, de manière assez exhaustive, la multitude d'unités de mesure antiques connues au moment de la rédaction de son ouvrage. Il en déduit ce qu'il appelle la verge mégalithique (« Das Megalithische Yard ») dont la valeur équivaut à 0,829 mètre et dont des occurrences seraient perceptibles de la Grande-Bretagne à la Palestine, en passant par l'Espagne et l'Allemagne. Il tente de relier l'ensemble des unités qu'il a pu définir auparavant et crée une chronologie et une hypothèse de succession des unités de mesure de 3000 avant notre ère à 1800 de notre ère. L'auteur va même jusqu'à proposer un lien de parenté et une origine commune entre toutes les unités de mesure. Celles-ci découleraient d'une seule et même valeur, définie aux environs de 3000 avant notre ère à Nippur, en Mésopotamie et qui aurait un peu varié au fil de sa diffusion géographique vers l'Europe du nord. Il nomme dès lors la coudée de Nippur, d'une valeur de 0,5186 mètre, la « mesure originelle », « das Urmass ». Cette « Urmass » (qu'il érige au rang de véritable concept, c'est pourquoi nous gardons ici le terme original) est le pilier de sa réflexion, mais en constitue à la fois le commencement et la finalité. Rolf Rottländer a en effet construit son propos à partir de l'intuition de l'existence d'une « Urmass ». Il va sans dire que ce concept peine à s'imposer dans le milieu scientifique et est certainement la première d'une série de « dérives » de l'utilisation des approches métrologiques (Cf infra, 2.1.3.).

Loin d'être aussi hasardeuses, les autres approches métrologiques qui ont pu être faites à partir des années 1970, en dehors du contexte méditerranéen, offrent de nouvelles opportunités et problématiques au sein de la recherche.

Pour les sites provençaux, à la suite des travaux d'Anne Roth-Congès sur la Glanum préromaine (ROTH-CONGES 1985) et de Gilbert Hallier sur les fortifications de Marseille (HALLIER 1985) qui semblaient permettre la distinction entre les constructions grecques et indigènes *via* une étude métrologique, Henri Tréziny s'est lancé dans une étude plus large impliquant plusieurs sites, à la fois grecs (Marseille et ses colonies) et indigènes (Saint-Blaise, Glanum, Entremont, Nages et Martigues), afin de mettre à l'épreuve cette hypothèse (TREZINY 1989). Il met en avant la forte variabilité des valeurs des pieds que ce soit en contexte grec ou indigène. Cette variabilité peut s'expliquer par plusieurs facteurs (TREZINY 1989 : 2). Changement de valeur au cours du temps, présence d'artisans d'origine étrangère, ou encore variations selon les maîtres d'œuvre sont les hypothèses les plus vraisemblables. Il insiste dès lors sur la nécessité de réfléchir en « module » et non en « pied ». Le pied étant le plus petit dénominateur commun du module qui, lui, permet la planification et la construction de l'édifice, et conditionne les rapports propres au bâtiment. Nous reviendrons plus en détail sur cette notion dans la partie suivante. L'auteur en

déduit plusieurs valeurs allant de 0,275 à 0,35 mètre pour 1 pied (TREZINY 1989 : 45). Il exclut toute possibilité de distinguer une métrologie massaliète d'une métrologie indigène, mais constate une évolution chronologique du système de mesure de la cité phocéenne. Henri Tréziny met en évidence la prédominance d'un module de 6 brasses sur plusieurs sites indigènes (Glanum, Saint-Blaise et Entremont) et à Marseille. Ce type de module ne serait donc pas spécifique à l'une ou l'autre culture. L'auteur ne se risque pas véritablement à définir une origine culturelle du module en question, mais sous-entend tout de même un apport grec dans les constructions ordonnées d'Entremont :

« On peut même se demander dans ce cas si le plan d'ensemble, rigoureusement mis en place (300 pieds de côté, soit un demi-stade grec, divisé en trois fois trois carrés de 96') ne relève pas d'une métrologie "hellénique", tandis que l'aménagement intérieur des îlots (6 brasses de large) se rapporterait à une métrologie "indigène", en entendant par métrologie non pas la longueur de l'étalon, qui serait le même dans les deux cas, mais dans le système des multiples et sous-multiples. En ce sens irait le contraste entre l'aspect relativement rigoureux de la mise en place des carrés de 96' de côté et le caractère plus désordonné de la division des carrés en îlots » (TREZINY 1989 : 46).

La distinction ici ne se fait sur aucun critère réel, mais résulte du paradigme de l'apport du savoir-faire aux barbares par les civilisés. On ne peut exclure l'existence d'une unité similaire dans deux cultures différentes sans pour autant qu'il y ait eu un contact entre les cultures en question. De même l'auteur admet plus haut l'éventualité de la coexistence de plusieurs principes métrologiques dans un même habitat, que ceux-ci soient importés ou d'origine locale.

Henri Tréziny termine son article en affirmant avec raison que le principal apport de cette étude est la perception des techniques de planification (« 3-4-5 », principes de division du carré, rapport entre les côtés d'un carré et sa diagonale) au moyen de l'étude des modules. Il est vrai qu'aucune concordance claire au niveau du « plus petit dénominateur commun », à savoir la valeur d'un pied, n'est perceptible entre les sites étudiés. Dans les cas où elle existerait, faut-il vraiment y voir une influence de telle ou telle culture ou ne pourrait-on pas tout simplement imaginer une similitude tout à fait fortuite ?

Il s'agit là de la première véritable extrapolation d'une étude métrologique vers les aspects modulaires de la construction et de la planification de structures. Ce sont ces approches qui vont permettre de donner un réel sens et un but aux études métrologiques.

2.1.3. Quel sens donner à cette discipline ?

Il convient en effet de s'interroger sur l'utilité de la recherche de la valeur métrique d'un étalon de mesure, surtout lorsqu'il peut en revêtir de multiples. Nous l'avons vu précédemment, les premières recherches métrologiques initiées par Wilhelm Dörpfeld et Friedrich Hultsch ont abouti à des querelles par articles interposés sur des valeurs de pieds allant parfois jusqu'à

tergiverser sur quelques micromètres. Ces polémiques ont fortement contribué à l'essoufflement de l'enthousiasme pour ce type d'études et même à quelques aberrations grossières.

Nous avons d'ores et déjà abordé le concept d' « Urmass » de Rolf Rottländer, mais nous allons ici évoquer un autre cas particulièrement représentatif, et en dehors du contexte antique, afin de mettre en avant toute la prudence dont le chercheur doit faire preuve lorsqu'il s'attache aux études d'ordre métrologique. La majeure partie des « dérives » constatées repose sur le fait qu'on attribue généralement une origine unique à une valeur d'étalon induisant de ce fait un apport extérieur. C'est par exemple le cas lorsqu'un pied d'une valeur de 0,296 mètre est mis en évidence. Bon nombre de chercheurs en ont conclu à un apport d'une unité de mesure d'origine romaine à des peuples extérieurs à l'Empire, marquant ainsi un processus d'acculturation, parfois même appelé « civilisateur ». Il peut parfois également s'agir d'une imprudence dans la dénomination de l'étalon. Ainsi pour poursuivre dans cette voie, si l'étalon mesure 0,296 mètre, il sera appelé « pied romain » même s'il est mis en évidence dans un contexte totalement différent.

Lorsque les deux civilisations confrontées sont contemporaines, il est vrai que la question du transfert peut (et même doit) se poser, avec toute la réserve et la prudence qui sont de mise. Pour illustrer un parfait contre-exemple, évoquons la forteresse danoise de Trelleborg située en Seeland, sur la commune de Slagelse. Il s'agit d'un site enclos de forme circulaire construit au IXe siècle de notre ère et occupé jusqu'au XI^{e} siècle. À la suite des fouilles menées par Poul Norlund une étude métrologique fut entreprise sur le rempart et les habitations (NORLUND 1948). Ces habitations, mesurant 29,5 mètres de long sont à rapprocher de 100 pieds romains. L'épaisseur du rempart (17,60 mètres) ferait quant à elle, 60 pieds. La régularité du tracé du cercle et la division de l'espace en quarts, basée sur deux axes de circulation ne peuvent, pour l'auteur, que provenir du monde romain. Il semblerait donc d'après lui que l'utilisation de techniques de construction et de normes d'origine romaine ne fait aucun doute. Ces techniques auraient perduré à travers le temps grâce aux « tribus barbares qui vivaient sur les frontières de l'Empire » (DE BOUARD 1951 : 120). L'auteur est d'autant plus surpris qu'aucun indice matériel de contacts avec le monde méditerranéen n'a été découvert pendant les fouilles, mais il n'a aucun doute sur la diffusion du « modèle civilisateur » de Rome.

À ce jour six forteresses circulaires de ce type sont connues (OLSEN, SCHMIDT 1977) et, même si elles présentent le même plan, les valeurs de l'étalon de construction ne semblent pas correspondre entre les différents sites pourtant bien contemporains. Comment pourrait-on dès lors observer la persévérance d'une norme, dont l'éloignement géographique et chronologique ne peut que nuire à sa pérennité, alors que les études sur ce type de site ne montrent aucun étalon commun à une échelle beaucoup plus réduite ?

Il s'agit là de logique subjective, il faut l'admettre. Même si le transfert est difficile à imaginer il n'en est pas moins possible dans ce cas. Bien évidemment il s'agit ici d'un cas assez extrême, mais il faut garder à l'esprit qu'il ne s'agit absolument pas d'un exemple isolé, ce qui doit nous

pousser à la plus grande prudence surtout vis-à-vis des travaux influencés par le paradigme de la dichotomie « Barbares/Civilisés ».

Ces exemples et les recherches anciennes montrent à quel point la recherche d'une unité étalon peut être stérile et ne constitue en aucun cas un but ultime pour les études métrologiques. Il importe en effet d'utiliser ces informations afin d'aller plus loin dans la perception des techniques et du savoir. L'étalon constitue le « plus petit dénominateur commun » d'un processus plus ample et dans lequel ce modèle de départ n'a pas de véritable importance (JENSENIUS 2001 : 41-42). Il faut en effet rechercher ce qu'il convient d'appeler un module. Ce module peut avoir une valeur (un nombre défini de pieds, de brasses ou encore d'entrecolonnements par exemple) ou une forme variable (carré, rectangulaire, triangulaire ou encore adapté à une forme architecturale spécifique). Il s'agit d'un élément juxtaposable et combinable, formant une unité de coordination, et découlant d'un raisonnement standardisé et rationalisé. Son étude permet d'appréhender les principes techniques mis en œuvre dans la planification et la construction d'une structure. Il reflète une « connaissance pratique, une expérience commune avec des techniques adaptées aux besoins d'une communauté » et « montre les relations entre les différents éléments » d'une construction par le biais d'un plan dont la forme peut varier (JENSENIUS 2001 : 42)[2]. Ces relations peuvent aller de la simple mise en relation des éléments entre eux, aux proportions de la construction en question en passant par l'étude proprement géométrique du tracé de la structure.

2.2. Les études modulaires et géométriques

2.2.1. Une tradition méditerranéenne

À la suite des études de Henri Tréziny, Dominique Garcia tente une approche métrologique sur les quartiers de *Lattara* (GARCIA 1996). Il en déduit la construction des habitations basées sur un module égal à la largeur d'une pièce soit 3,5 mètres (4,7 mètres en y ajoutant l'épaisseur des murs soit 2 x 0,6 mètres, dans les cas des îlots doubles, la pièce adjacente mesure 3,5 mètres murs compris, ce qui fait un total de 8,2 mètres). Ce module ne s'applique toutefois pas de façon convaincante aux autres éléments du site en particulier la voirie (celle-ci étant trop irrégulière) et le rempart. Il faut, selon Dominique Garcia rester prudent sur l'utilisation d'un pied de 0,35 mètre même si celui-ci se retrouve à Marseille ou à Olbia au II^{e} siècle avant notre ère (TREZINY 1989 : 45). Il mentionne en particulier l'exemple de la colonie massaliète d'Adge qui pourrait avoir utilisé un pied d'une valeur de 0,275 mètre au cours des IV^{e} et III^{e} siècles avant notre ère. Il paraît encore bien vraisemblable que l'unité étalon ne provienne pas forcément d'un facteur extérieur, d'autant que, dans leur forme architecturale, les îlots de Lattes présentent des formes plus proches du monde indigène que du monde grec. Les tracés régulateurs de la trame urbaine de *Lattara* seraient à rapprocher du plan d'urbanisme du site de Nages et en particulier celui de sa deuxième phase. En effet les deux sites présentent un modèle assez comparable : 4,7 mètres pour Lattes et 5 mètres

2 Traduit du norvégien par l'auteur. « Det var i utgangspunktet en praktisk kunnskap, en felles erfaring med teknikker som passet til ulike behov i samfunnet. [...]Det har alltid matte foreligge en plan, i en eller annen form, som viste forholdene mellom elementene i konstruksjonen i en bygning. » JENSENIUS 2001 : 41-42.

pour Nages II ancien, et 7,5 mètres pour Nages II récent qui sont à rapprocher des 8,2 mètres des îlots doubles de Lattes, soit une différence de 2 pieds de 0,35 mètre. L'auteur explique cette différence par la diversité de la nature de la circulation entre les deux établissements. Si le charroi est attesté à Lattes, ce n'est pas le cas pour Nages. Dans ces deux cas, il semblerait que l'habitat se fonde sur la partition en lots (TREZINY 1992 : 340), principe que l'on retrouve fréquemment lors de l'installation des colonies grecques sans pour autant que celles-ci aient forcément influencé ce type d'implantation.

En 2008, Loup Bernard et Alain Badie publient une étude modulaire du site du Verduron (IIe siècle, avant notre ère, Bouches-du-Rhône) (BADIE, BERNARD 2008 : 291-299). À l'issue des campagnes de fouilles, les auteurs ont pu constater la normalisation des dimensions des pièces du site ainsi que la prise en compte de la pente dans leur étagement successif. Il a fallu, dès lors, prendre en compte les mesures en suivant la pente et non d'un point de vue horizontal. Quatre indices ont amené les auteurs à définir un module général au site d'une valeur de 3,95 mètres : la largeur des pièces (3,91 mètres), la moyenne des longueurs internes des pièces (3,98 mètres), la hauteur moyenne du « trapèze » (23,9 mètres, soit 6 x 3,98 mètres), la moyenne des côtés du « bastion » sommital (11,83 mètres soit 3 x 3,945 mètres). Ces 3,95 mètres pourraient correspondre à douze pieds de 0,329 mètre, mais les auteurs restent très prudents quant à ce rapprochement très difficile à confirmer. Ces constatations ont permis de déterminer la chaîne opératoire de la construction du site et révèlent ainsi « sinon un plan d'exécution au sens où l'entendent les architectes et les artisans actuels, au minimum une forte pensée planificatrice, voire même un véritable projet préalable » (BADIE, BERNARD 2008 : 296). L'article se termine sur une comparaison avec le site contemporain d'Entremont 1 et en particulier avec l'îlot XV du site. La forme architecturale adoptée sur ces deux sites est à première vue similaire, tout comme d'autres sites indigènes de la région. Ici, il est également possible de retrouver la standardisation des dimensions des pièces et une organisation modulaire. Les modules mis en avant ne sont toutefois pas les mêmes, à savoir un module compris entre 1,645 et 1,687 mètres sur la base d'un potentiel pied de 0,281 mètre à Entremont (TREZINY 1989 : 45) et un module d'environ 3,95 mètres pour un potentiel pied de 0,329 mètre au Verduron (BADIE, BERNARD 2008 : 296). Dans les deux cas l'emploi d'un module de base dans la planification de l'ensemble de l'habitat, montrerait l'existence d'un plan général géométrique régulier. Enfin les deux sites présentent des murs d'enceinte particulièrement étroits (entre 1,50 et 1,60 mètre à Entremont et 1 à 1,50 mètre au Verduron).

Il faut également mentionner le considérable travail de Pierre Moret sur l'Ibérie de l'âge du Fer à l'époque républicaine mené dans le cadre d'une habilitation à diriger des recherches soutenues à Toulouse en 2008 (MORET 2008) et complété par la suite dans une thèse de doctorat soutenu par Pau Olmos en 2010 (OLMOS 2010). Il y étudie à la fois l'organisation du territoire, le processus d'urbanisation et l'architecture des habitats ibériques et leur évolution dans le temps. Nous nous intéresserons ici tout particulièrement aux études métrologiques que l'auteur a menées sur plusieurs sites fortifiés contenus dans son corpus et dont la méthode inspire en partie notre travail.

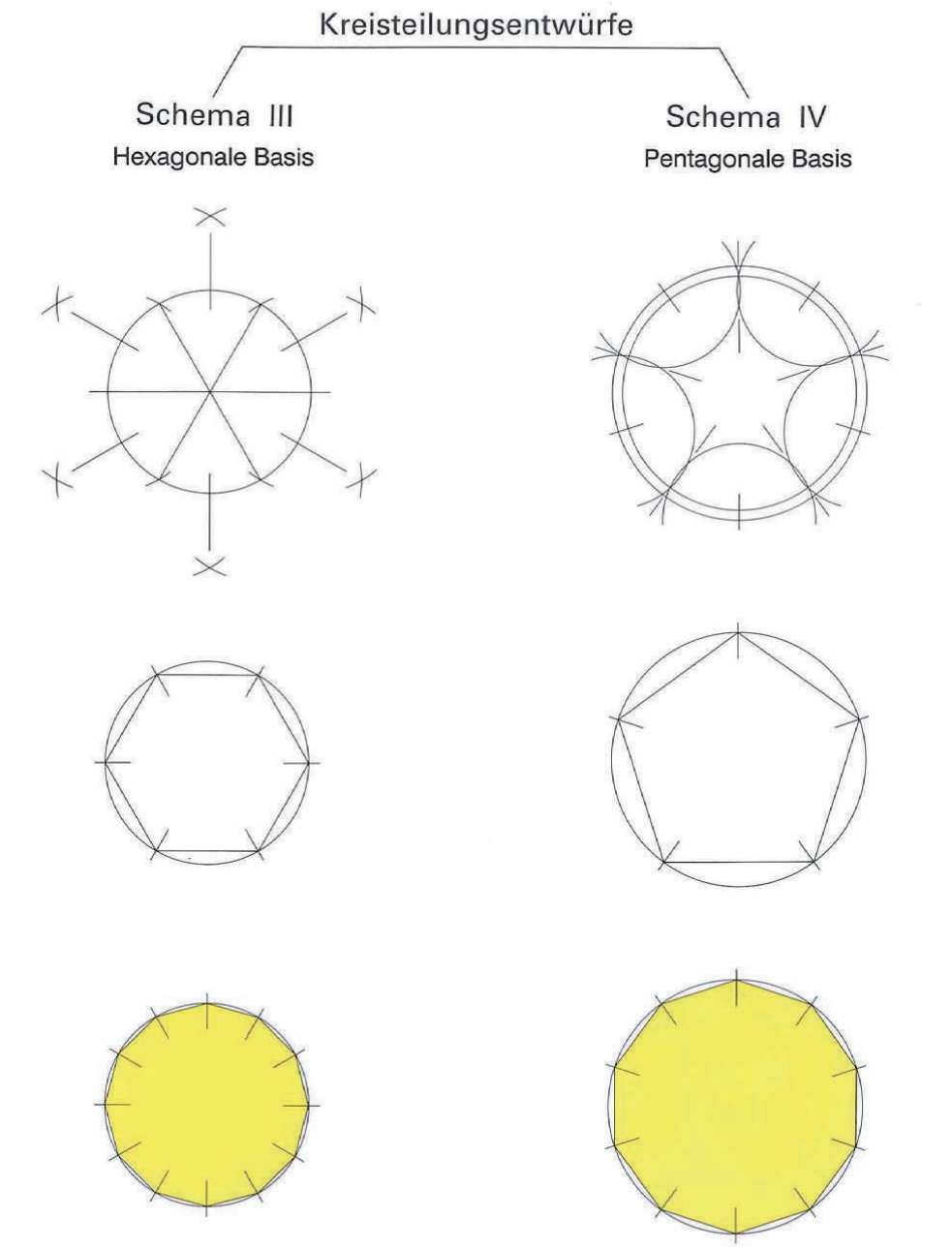
Il ressort de cette étude que plusieurs unités de mesure se sont succédé ou ont coexisté dans la péninsule ibérique entre le V^e^ et le II^e^ siècle avant notre ère. Celles-ci varient d'un pied de 0,275 mètre à la coudée de 0,52 mètre en passant, entre autres, par un pied de 0,3 mètre. L'auteur rattache ces différences à des traditions architecturales diverses en particulier par rapport à leurs origines géographiques (MORET 2008 : 114-117). La première, caractérisée par un pied de 0,295 à 0,30 mètre, un module de 16 pieds et un autre module de 5 brasses, serait originaire de l'aire phocéenne du fait des similitudes avec les unités d'Emporion, de Vélia ou encore de Marseille. Deux sites, celui de Turo del Montgros et celui de Casol de Puigcastellet présenteraient, outre des ressemblances sur le plan architectural, des unités de mesure et des principes de construction modulaire d'origine purement locale grâce à leurs « pieds non canoniques » (MORET 2008 : 115). Le pied de 0,275 mètre ainsi que la coudée d'environ 0,52 mètre seraient à rattacher aux étalons hellénistiques également mis en évidence sur les sites d'Olbia ou de Saint-Blaise en Provence. Enfin, l'auteur propose une origine punique pour le site de Torreparedones dont l'unité de mesure principale serait une coudée de 0,514 mètre. Même si la question de l'origine géographique des unités de mesure peut être soumise à débat, il faut noter que ces fortifications sont construites avec l'aide d'un tracé régulateur très strict dirigé par des personnes (Ibères ? Grecs ? Carthaginois ?) dont les compétences géométriques et mathématiques sont très poussées. Ce tracé prend à la fois en compte la fortification, mais aussi l'habitat qu'elle enserre dans une grille métrique dans laquelle des « blocs de maisons sont régis par le même module que la fortification » (MORET 2008 : 116). C'est notamment le cas pour les sites de La Picola et d'Ullastret. L'auteur met l'accent principalement sur ce dernier aspect de sa recherche et il regrette d'ailleurs que ce travail ait été utilisé afin de déterminer une potentielle origine géographique d'une unité de mesure. Il clarifie la situation avec une postface (MORET 2008 118-119) dans laquelle il insiste sur le fait qu'au final, une valeur précise ne peut pas refléter dans l'état actuel de nos connaissances une quelconque origine géographique d'un système de mesure.

La principale information issue de ces études est l'existence de connaissances d'ordre géométrique élevées et dont les applications à travers une construction modulaire témoignent d'une volonté de planification visible sur la plupart des sites celtiques de Provence ou d'Ibérie. Une fois la trame urbaine définie, l'espace est divisé en différents lots, eux-mêmes attribués à qui de droit. Le type d'architecture rencontré dans ces régions (pierre et terre) a bien entendu grandement facilité ce type d'études et la mise en évidence d'ordres modulaires et géométriques. Il est toutefois également possible de percevoir des éléments de ce type dans des contextes nord-alpins.

2.2.2. Au nord des Alpes

À la suite des fouilles de l'*oppidum* de Manching (Bavière, Allemagne), les tentatives de restitutions architecturales basées sur les emplacements des trous de poteau, ont amené Franz Schubert à s'interroger sur l'existence d'une unité de mesure fixe ayant servi à la planification des bâtiments (SCHUBERT 1992, SCHUBERT 1993 et SCHUBERT 1994). Il est le premier, après

Figure 9. Schémas de construction I et II de Franz Schubert (SCHUBERT 1994)



Entwurfsprinzipien der polygonalen Baugrundrisse im keltischen Oppidum von Manching

Beilage 5. Geometrische Konstruktion der Grundformen Manchinger polygonaler Grundrißtypen.

Figure 10. Schémas de construction III et IV de Franz Schubert (SCHUBERT 1994)

les tentatives infructueuses de Rolf Rottländer, à se pencher sur les techniques et les mesures des bâtiments construits en matériaux périssables et regrette que cet aspect ait été trop longtemps ignoré dans la recherche, malgré les contacts existants entre le monde celtique et la Méditerranée.

Ses travaux partent du constat que les coins des bâtiments forment pratiquement tous des angles droits. Cette constatation découlerait du principe du « triangle de Pythagore » et en particulier de son application la plus simple : le « 3-4-5 ». Cette application peut se faire à partir d'une corde à 13 nœuds espacés d'une distance égale. Cette distance est d'abord estimée à un pied de 0,31 mètre par l'auteur. Une seconde technique de construction identifiée par Franz Schubert repose sur le fait qu'un cercle peut être divisé en six portions égales en reportant la valeur de son rayon sur sa circonférence. En reliant les paires d'intersections opposées, on obtient alors un rectangle. Dans ce cas la largeur du rectangle est égale au rayon du cercle, et sa diagonale à deux fois ce rayon, soit le diamètre du cercle. Il est également possible de créer des triangles équilatéraux qui seront par la suite reproduits par symétrie centrale pour former un rectangle. Schubert en déduit deux schémas de construction principaux (SCHUBERT 1994). Le premier regroupe les bâtiments construits sur la base du triangle pythagoricien avec les proportions « 3-4-5 » (Dreiecksentwürfe, Schema I, Figure 9). Le second comporte les édifices planifiés par division du cercle (Kreisteilungsentwürfe, Schema II, Figure 9) et dont les proportions longueur/largeur sont de 1 par $\sqrt{3}$. Il considère la construction par le triangle équilatéral comme un dérivé du schéma de construction II. Il propose également un principe mixte avec les proportions « 4-7-8 » qui selon lui sont obtenues par la division du cercle. Il s'agit toutefois d'un « triplet pythagoricien » (au même titre que le « 3-4-5 » et ses multiples) d'où sa position, à cheval entre les deux types de construction. Franz Schubert propose également deux schémas de construction permettant le tracé de bâtiments dont le plan découle d'un hexagone (Schema III, Figure 10) ou d'un pentagone (Schema IV, figure 8). Ces principes découlent également de la division d'un cercle.

Ces observations et hypothèses se basant sur un pied de 0,31 mètre ont semblé confirmées par la découverte lors de la campagne de fouilles de 1972 d'une tige en fer avec des anneaux de bronze, interprétée comme une échelle de mesure (Figure 11). En excluant la tête de la tige qui pouvait servir de moyen de préhension, l'objet mesure 15,45 centimètres ce qui correspondrait à un demi-pied, d'une valeur de 0,309 mètre, qui est très proche du pied de 0,31 mètre hypothétiquement proposé par Franz Schubert au début de son étude. C'est à partir de ce moment qu'il définit un module de base d'un pied d'une valeur de 0,309 mètre pour le site de Manching. L'auteur se refuse à définir une origine géographique de cette unité de mesure. Il admet que du point de vue statistique cette unité se rapproche du pied attique déterminé par Friedrich Hultsch, mais refuse d'y voir un lien direct. Il exclut également toute possibilité de travail sur les superficies, mais affirme que cette unité de mesure se retrouve sur d'autres sites possiblement intégrés dans le territoire contrôlé par l'*oppidum*.

Suite à la construction d'une route en 1992 à Ingolstadt — Zuchering, non loin de l'*oppidum* de Manching, deux plans de bâtiments ont été découverts et étudiés par Franz Schubert (SCHUBERT

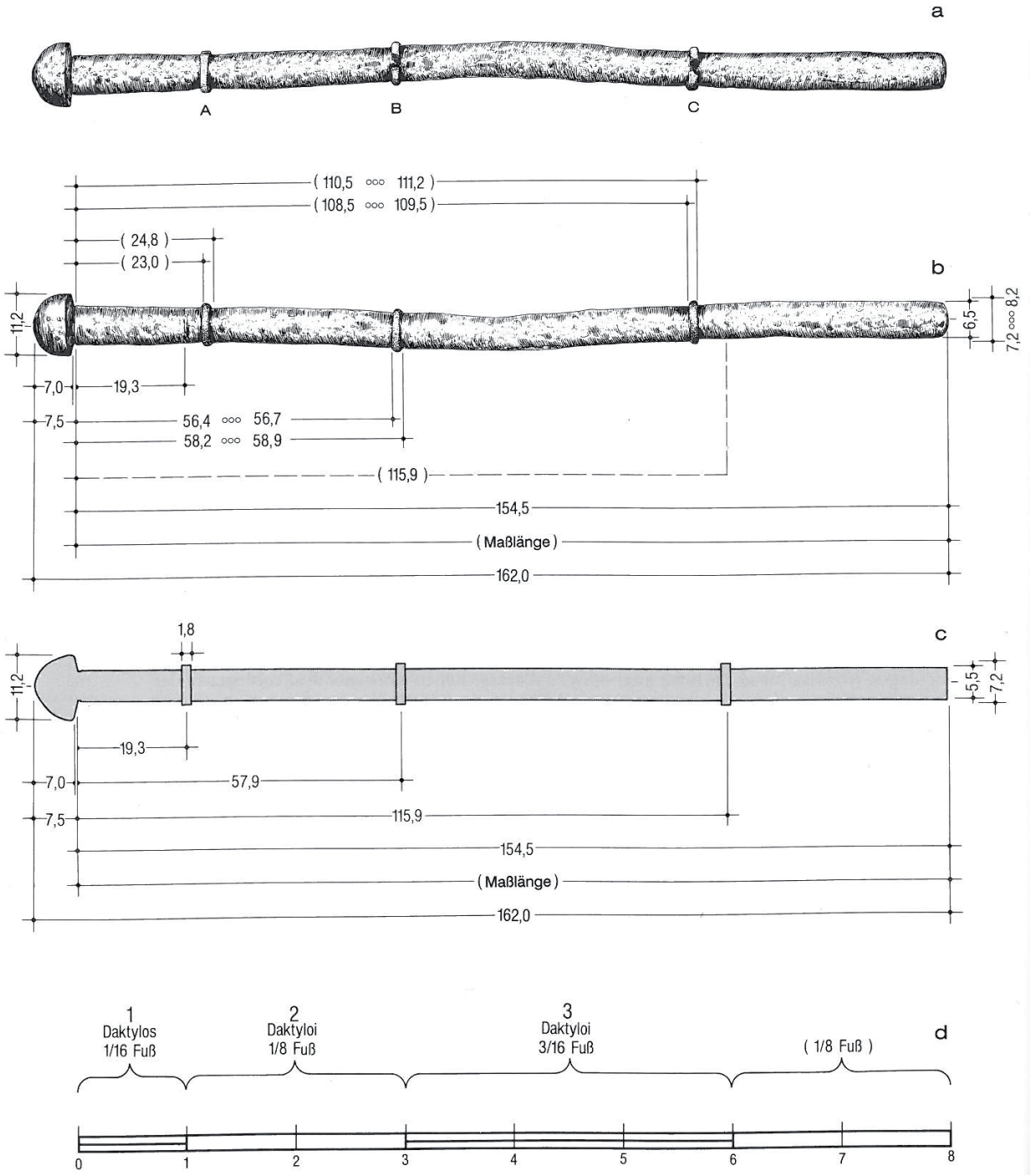


Figure 11. Échelle de mesure de Manching, a et b : dessin de l'objet et dimensions de ses différentes portions, c : restitution, d : longueur des différentes portions de l'objet exprimées en Dactyle et en pied.

1995). Ces bâtiments sont contemporains de la phase la plus ancienne de l'oppidum (transition La Tène moyenne-La Tène finale) au cours de laquelle l'unité précédemment évoquée était utilisée. Ce même étalon a également pu être employé dans la construction de ces deux bâtiments en plus de la technique du « 3-4-5 » correspondant au schéma de construction I mis en évidence à Manching. Le premier bâtiment mesure 13,6 par 16,07 mètres soit 44 par 52 pieds de 0,309 mètre pour ses dimensions globales et 7,42 par 9,9 mètres pour sa structure porteuse, soit 24 par 32 pieds. Le second mesure 7,42 par 11,12 mètres au niveau de sa structure porteuse, soit 24 par 36 pieds, et

14,21 par 17,3 mètres pour ses dimensions globales soit 46 par 56 pieds. On observe ainsi ici, outre la possible diffusion d'un étalon d'un premier site à un site périphérique, une persistance de l'unité à travers le temps. Fort de ce constat, l'auteur applique sa méthode à d'autres édifices présentant le même type de plan, à savoir les bâtiments à parois déportées avec six poteaux porteurs.

Il étudie en premier lieu les deux phases d'un bâtiment découvert dans une *Viereckschanze* à Holzhausen (canton de Munich). Encore une fois, le même étalon de mesure est applicable sur les deux phases de construction, mais cette fois-ci la technique employée relève plus du « 4-7-8 », et plus précisément de ses multiples, à savoir 12 par 21 pieds pour la structure porteuse et 24 par 21 pieds pour les dimensions globales. Il n'est pas lieu ici de reprendre la totalité des comparaisons de Franz Schubert, mais il faut constater que ces principes et cet étalon ont également été perçus par l'auteur sur des sites plus lointains comme à Mšecké Žehrovice en Bohème, sur le bâtiment B de la Viereckschanze de Bopfingen, ou encore les bâtiments de celle de Ehningen.

La constance des étalons de mesures et des techniques de planification employées, couplées aux formes architecturales communes des bâtiments, à l'époque interprétés comme des temples de type fanum, avaient conduit l'auteur à suggérer une « canonisation » dans les édifices cultuels laténiens (SCHUBERT 1995 : 171-173). L'interprétation comme lieu de culte étant aujourd'hui sujette à discussions, cette question se reporte sur les édifices en général, sans, faire au préalable état de leur fonction. Quant à prouver l'existence d'un « pied celtique », jamais vraiment évoqué par Franz Schubert, mais fortement insinué, daté de La Tène finale et diffusé à grande échelle, il conviendra pour cela d'approfondir les données métrologiques existantes et d'épaissir le corpus de comparaison.

Si pour les périodes récentes de l'âge du Fer, les études métrologiques, modulaires et géométriques ont été particulièrement développées grâce aux travaux de Franz Schubert, les périodes plus anciennes n'ont, à ce jour, pas subi le même traitement.

Stéphane Verger a ainsi tenté une approche modulaire sur le bâtiment découvert sous le tumulus 4 de la nécropole de Giesshübel-Talhau à proximité du site de la Heuneburg (VERGER 2008 : 929-931). Le bâtiment en question mesurerait 30 modules de large sur 24 modules de profondeur soit 70 par 48 pieds avec un pied d'une valeur de 0,35 mètre. Il met alors en avant les proportions des différentes parties du bâtiment : « la largeur de l'avant-corps présente un rapport 1 : 2 : 1, celle des salles à l'arrière de 2 : 3 : 2, celle du corps principal de 3 : 4 : 3, la profondeur des trois corps, de l'avant vers l'arrière, suit le rapport 2 : 3 : 1 » (Figure 12). Il met en relation la disposition des trois pièces du corps principal et leurs proportions avec les plans des parties centrales de demeures aristocratiques tyrrhéniennes, en particulier celle de Murlo ou d'Acquarossa (Figure 13). Le rapport 3 : 4 : 3 serait également celui qui régit le plan des *cellae* des temples toscans tels qu'ils sont décrits par Vitruve. Même si les influences méditerranéennes sont monnaie courante au cours du Hallstatt D1 à la Heuneburg, faut-il, dans ce cas, inévitablement voir l'empreinte d'un bâtisseur étrusque dans le plan du bâtiment du tumulus 4 et plus encore dans les techniques mises

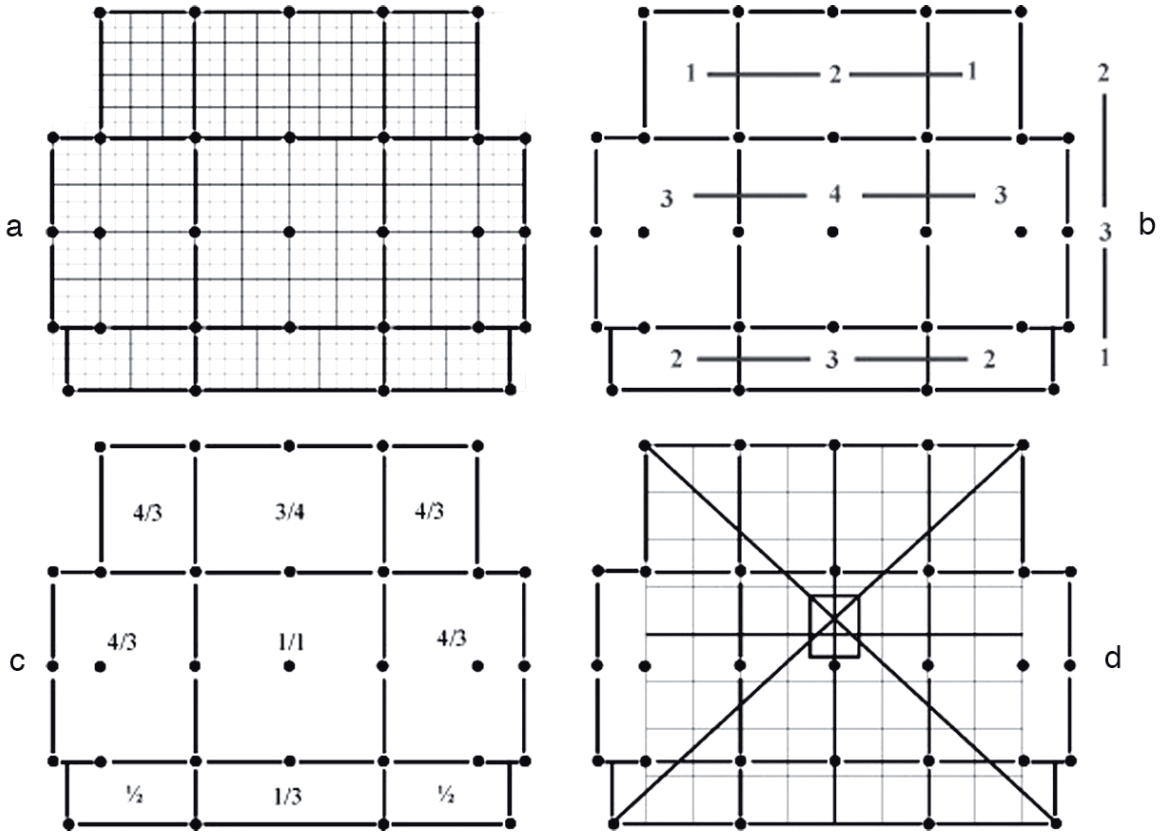


Figure 12. Le grand bâtiment découvert sous le tumulus 4 de Giesshübel-Talhau. a : grille modulaire, b : proportions des largeurs de pièces voisines, c : proportions des pièces, d : emplacement de la sépulture centrale (VERGER 2008 : 257).

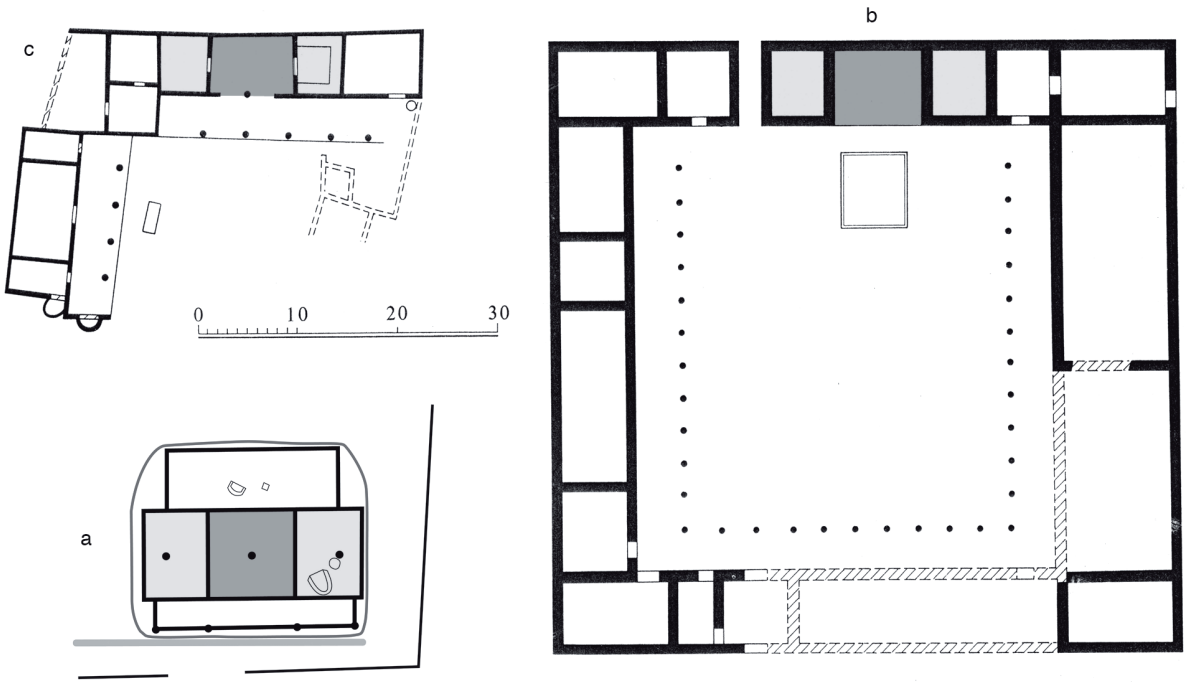


Figure 13. Comparaison des plans des bâtiments de la Heuneburg (a), Murlo (b), Acquarossa (c) (VERGER 2008 : 257)

en œuvre pour sa réalisation ? Les similitudes dans les vestiges ne sont pas aussi flagrantes que l'auteur l'affirme.

Tomasz Gralak avait réussi à mettre en évidence les mêmes techniques observées par Franz Schubert à Manching sur des plans de bâtiments datant du Hallstatt C en Silésie (GRALAK 2013, 2017). Il applique aussi sa méthode à l'habitat dans son ensemble et en conclut l'existence d'un « plan d'urbanisme » basé, dans certains cas, sur des unités de mesure légèrement différentes, provoquant de fait quelques approximations dans le plan global de l'habitat.

Le même constat avait pu être fait par Béat Arnold et Fabien Langenegger sur le village de Bevaix-sud (canton de Neuchâtel, Confédération Suisse) daté du Bronze final (ARNOLD, LANGENEGGER 2012 : 158-165). L'ensemble du village aurait été prédécoupé selon des principes d'arpentage à partir d'un axe de référence qui a servi de base durant toute la durée d'occupation du site soit 60 années. Cet axe a par ailleurs été implanté en dehors de l'espace prévu pour les constructions à venir afin de garantir sa pérennité. L'ensemble du site est ensuite quadrillé à l'aide d'un module commun d'une valeur de 7,3 mètres, dans lequel viendront s'insérer les constructions. Les auteurs n'hésitent pas à parler de véritable parcellaire pour qualifier ce module. Ce module, ou du moins le plus petit dénominateur qui en est issu, n'a toutefois pas pu être perçu au sein des bâtiments.

Dans les deux cas précédents, il s'agissait d'habitats dont l'emprise prenait une forme plutôt circulaire ou ellipsoïdale. Dans le cas des enceintes quadrangulaires, leurs formes, bien souvent un carré imparfait, ont amené Christophe Toupet à proposer l'hypothèse selon laquelle ces enclos seraient construits à partir d'un principe symétrique de traçage au cordeau depuis la diagonale du dit quadrilatère (TOUPET 2004, 2005). L'utilisation de cette technique se fait également sentir sur le plan du sanctuaire de Corent (POUX 2011 : 54-55). Il suffit de reporter un angle formé par un cordeau à partir de la diagonale du futur quadrilatère de part et d'autre de cette dernière soit par symétrie axiale, soit par ce que Christophe Toupet appelle la « symétrie axiale alternée » (TOUPET 2005 : 50), mais qui correspondrait plus vraisemblablement au principe de la symétrie centrale avec pour centre, le milieu du segment que constitue la diagonale du quadrilatère. La première aboutit à des constructions plus proches du carré, tandis que la seconde planifie des figures proches d'un rectangle. Il est également possible de construire un enclos quadrangulaire à partir du tracé d'un cercle. Dans ce cas, l'enclos sera inscrit dans le cercle et comportera au moins deux angles droits.

Les techniques qui ont pu être perçues jusqu'ici dans la recherche relèvent de compétences géométriques et mathématiques relativement avancées, mais très simples d'application. Il conviendra de faire la part des choses entre les éléments relevant d'un savoir-faire, c'est-à-dire de connaissances empiriques, liés à l'observation de l'environnement et à son expérimentation, et ceux issus d'un véritable savoir qui implique une assimilation théorique des principes empiriques. Dans ce cadre, il faut donner un bref aperçu des connaissances mathématiques et géométriques

antiques à travers les écrits des auteurs grecs et latins. Même s'il ne s'agit pas de la même aire géographique, la mise à l'écrit de certains principes montre bel et bien l'ancrage et/ou la dynamique scientifique au cours de la période antique. Cette dynamique peut très bien avoir dépassé les frontières culturelles, soit par sa diffusion, soit par sa naissance dans divers foyers éloignés géographiquement comme tendent à le montrer les emprunts de formes architecturales extérieures dans le premier cas, ou la régularité des constructions plus anciennes dans le second.

2.3. La géométrie antique

2.3.1. Les textes antiques

Il n'est pas question ici de faire une liste exhaustive de l'ensemble des travaux mathématiques réalisés durant l'Antiquité, cela ayant déjà été parfaitement traité par Serafina Cuomo (CUOMO 2001). Nous nous contenterons ici de rappeler les principales notions qui découlent de ces travaux. D'après Hérodote (*Histoires*, II, 109), l'origine de la géométrie doit être recherchée en Égypte, sous le règne du pharaon Sésostris (début du second millénaire avant notre ère). Ce dernier utilisait la géométrie afin de percevoir l'impôt sur les terres cultivées, mais aussi comme une garantie d'équité devant l'impôt pour ceux qui y sont assujettis. Certains savants grecs auraient ensuite ramené ce savoir après un voyage en Égypte. Ce serait par exemple le cas pour Thalès de Millet ou Pythagore. Le premier aurait vécu entre la fin du VII^{e} et le début du VI^{e} siècle avant notre ère. Il est considéré comme étant l'inventeur du théorème éponyme et qui met en avant les relations des triangles dits semblables et isocèles. Ces informations proviennent de l'auteur Proclus dans son *Commentaire sur le premier livre des Éléments* d'Euclide rédigé au V^{e} siècle de notre ère. Les connaissances sur les propriétés des triangles sont ensuite approfondies par le philosophe Pythagore qui vécut au VI^{e} siècle avant notre ère et dont la vie et le développement de la « secte pythagoricienne » sont relatés par Porphyre dans sa *Vie de Pythagore* au III^{e} siècle de notre ère. On lui devrait, parmi d'autres théories, le principe du théorème qui porte son nom sur les relations entre les différents côtés d'un triangle rectangle.

Aucun texte des auteurs précédemment cité ne nous est parvenu. Aussi est-il difficile de savoir s'il s'agit des vrais inventeurs de ces concepts ou s'ils n'ont été qu'un maillon de la chaîne de diffusion de ce savoir, voire des personnages créés dans le but de mythifier ces connaissances. En témoignent les écoles de pensées qu'ils auraient fondées et leur persistance au cours du temps. Quoi qu'il en soit, il semblerait bien qu'il existe dès le VIIe siècle avant notre ère, des connaissances mathématiques poussées, même si on ne peut pas remonter clairement à leurs origines.

Concernant les propriétés des cercles, ce sont en grande partie les ouvrages d'Euclide et en particulier ses *Éléments*, qui nous présentent les connaissances antiques dans ce domaine. Euclide aurait vécu aux alentours de 300 avant notre ère et a mis par écrit les bases de la géométrie dite euclidienne. Celle-ci est liée à la vision de l'espace physique et recouvre donc des notions pratiques telles que la droite, la longueur, le plan, ou encore l'aire. Les *Éléments* démontrent 467 propositions et définitions mathématiques dont la plupart n'évolueront plus. Il pose ici les bases

écrites d'un savoir probablement antérieur, mais dont l'utilité pratique ne fait aucun doute. Pour compléter le bref tableau des principales connaissances théoriques antiques en matière de cercle, il faut mentionner Archimède qui vécut au III^{e} siècle avant notre ère à qui l'on doit l'approximation de π, 22/7 qui fera loi jusqu'à la Renaissance.

Ces connaissances techniques impliquent des applications pratiques. En parallèle à la question

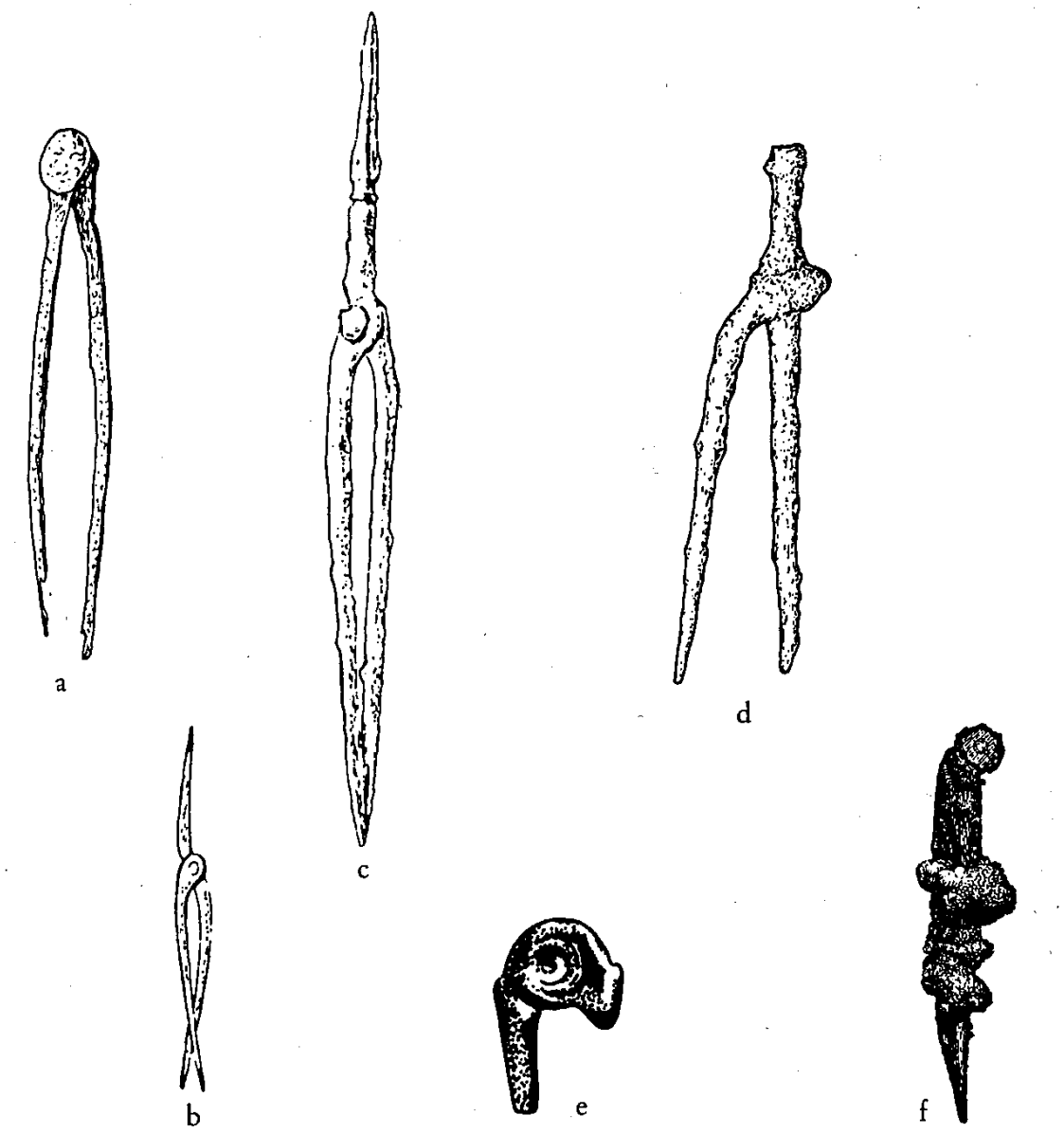


Figure 14. Quelques exemples de compas de l'âge du Fer. Provenance variée, a : Priene, b-c : Celles, d : Staré Hradisko, e : Briteirons, f : Lough Crew (LENERZ-DE WILDE 1977 : 7).

de ces connaissances géométriques, se pose donc celle des outils permettant leurs applications.

2.3.2. Les outils

Très peu d'outils sont connus en contexte celtique. Néanmoins plusieurs exemples de compas ont été découverts. La majeure partie date des IIe et Ier siècles avant notre ère (LENERZ-DE WILDE 1977 : 5-7) et est fabriquée en bronze ou en fer (Figure 14). Il est possible d'envisager l'existence de ce type d'outils en bois. Des cercles peuvent également être tracés à l'aide d'une corde à nœuds, ou encore d'une règle en bois, graduée avec des perforations. Bien évidemment, aucune preuve archéologique de l'existence de ces éléments aux périodes protohistoriques n'est connue à ce jour, mais les techniques employées dans les décors de certains objets suggèrent leur présence au cours de l'âge du Fer (BACAULT, FLOUEST 2003). C'est également le cas pour d'autres objets, tels les équerres, les fils à plomb, ou les niveaux, dont on connait des exemples en Méditerranée (ADAM 1982 : 1003-1029 ; ADAM 1984 ; CHOUQUER, FAVORY 2001) et dont l'existence en contexte celtique ne peut être que supposée au regard des connaissances actuelles. Il convient donc, lors d'une analyse géométrique, de rechercher la manière la plus simple de procéder, avec le moins d'outils possible. Dans la majeure partie des cas, la règle et le compas sont amplement suffisants à la réalisation des figures voulues. À cela s'ajoute la corde à nœuds qui en plus de la fonction d'évaluation de la distance peut également servir au calcul arithmétique, au même titre qu'un boulier.

3. PROBLÉMATIQUES

Ce panorama des recherches en lien avec la métrologie et l'architecture celtique, montre la possibilité de procéder à des analyses géométriques et métriques des structures de l'âge du Fer, grâce notamment à la multiplication des données concernant l'habitat de cette période. Ce travail permettra de confronter du point de vue métrologique et géométrique plusieurs sites issus de l'espace celtique pour la première fois. Il permettra d'appoter des réponses à des problématiques s'appliquant, à l'échelle de chaque établissement, mais aussi au sein du monde celtique en tentant de dégager d'éventuelles tendances nous permettant de proposer des hypothèses quant aux implications des usages de la géométrie et de la métrologie à l'âge du Fer.

3.1. Principes et mesures dans l'architecture

Les études métrologiques effectuées jusqu'à présent se sont attachées à déterminer des valeurs d'étalons potentiels et, dans certains cas, ont permis l'élaboration d'une typologie des principes constructifs. En adaptant ce type d'analyse sur plusieurs sites datant de l'âge du Fer et répartient dans toute l'Europe celtique, nous nous attacherons à déterminer la présence d'une géométrie et/ou d'une métrologie architecturale au sein de l'espace chrono-culturel concerné et d'y déterminer la présence, ou non, de caractéristiques communes. Cette grande échelle spatiale et géographique

nous permettra également de percevoir une éventuelle évolution de ces caractéristiques au cours du temps. À terme, la typologie de Franz Schubert sera mise à l'épreuve et reconsidérée.

L'existence d'une unité de mesure à l'échelle d'un bâtiment est un élément favorisant la cohésion et la construction de l'édifice. Plusieurs infrastructures, sur des sites différents, ont livré les traces d'une potentielle utilisation d'un étalon standardisé. La similitude des formes architecturales entraîne-t-elle une convergence des unités, des modules ou encore des principes géométriques qui sont mis en œuvre dans la planification, puis dans la construction d'un bâtiment ? À quelle échelle s'applique cette unité ou ce principe commun ? La grande superficie et l'organisation de certains sites impliquent l'établissement d'un schéma architectural réfléchi si ce n'est d'un plan *stricto sensu*. La présence d'un module ou d'une unité commune à une grande échelle pourrait impliquer un contrôle centralisé par une éventuelle autorité administrative dont la nature reste à définir. À l'inverse, dans le cas d'une importante variabilité, quels facteurs peuvent en être la cause ?

Il convient également de se poser la question de la dimension sociale et fonctionnelle de ces éléments. Certains bâtiments comme les temples, pourraient, selon certains auteurs, présenter une conception particulière, commune à l'échelle de toute l'aire celtique, impliquant ainsi une ritualisation et un fort symbolisme de la mesure. Existe-t-il des principes ou des mesures propres à ces édifices ?

3.2. Un contexte particulier ?

Cette analyse sera remise dans le contexte des autres études métrologiques afin de voir si la métrologie et la géométrie celtique correspondent à un cas particulier ou non. La confrontation de nos résultats aux autres études du même type nous permettra d'émettre des hypothèses quant à l'éventualité de l'utilisation de certains principes dans le cadre de l'administration de l'espace et de la fiscalité.

Si l'espace est planifié et divisé selon des lots ou des parcelles cela pourrait impliquer la présence d'une autorité fiscale. Celle-ci pourrait être en lien direct avec une autorité régissant les poids et mesures. Faute de sources textuelles, il est difficile de répondre de façon affirmative à ce type d'interrogation, mais un aperçu des études sur l'impact social de la métrologie nous permettrait d'émettre des hypothèses plausibles, notamment en nous basant sur l'ouvrage de Witold Kula, *Les Mesures et les Hommes* (KULA 1984). Il conviendra également de prendre en compte le point de vue des ethnologues travaillant sur des sociétés plus récentes, offrant ainsi de nouvelles pistes de réflexion, en substitut des lacunes documentaires textuelles pour les contextes protohistoriques.

3.3. Savoir-faire et savoir

La recherche a jusqu'à maintenant privilégié le fait que ces techniques, parfaitement connues dans le monde antique méditerranéen, aient été importées dans le monde celtique à la suite des contacts commerciaux et diplomatiques. Les exemples datant du Bronze final et du Hallstatt

C montrent bien que certaines techniques peuvent être le fruit d'un développement local bien avant l'apogée d'une civilisation méditerranéenne et donc sans que celle-ci n'intervienne dans la création du savoir et du savoir-faire. Il s'agira dans la mesure du possible de faire la part entre les apports extérieurs, les processus d'acculturation et les connaissances développées localement. En parallèle, il faudra également tenter de percevoir si les connaissances mises en œuvre sont le fruit d'une observation empirique, c'est-à-dire d'un savoir-faire technique, ou d'un véritable savoir, assimilé et théorisé.

Se pose, dès lors, la question de l'origine de ce savoir et de ce savoir-faire, ainsi que les moyens de sa transmission. Les connaissances impliquées dans ces constructions impliquent la présence d'un groupe de personnes spécialisées dirigeant la manœuvre. À ce titre, il faut admettre l'existence d'architectes et d'arpenteurs d'origine celtique. Ces personnes jouent-elles le rôle d'enseignant dans la transmission de ces connaissances ou faut-il y voir l'intervention d'une autorité extérieure comme celle des druides par exemple ? Ces derniers sont souvent qualifiés de pythagoriciens au point qu'on se demande si l'origine de leur savoir n'est pas à chercher au sein de cette doctrine (BRUNAUX 2006). Les druides sont-ils des pythagoriciens suite à la diffusion de ce système de pensée depuis la Grèce, ou par analogie de leur mode de pensée ?

CHAPITRE II

MÉTHODOLOGIE ET ÉTUDES

Les études réalisées dans le cadre de ce travail devront porter sur des sites représentatifs de l'Europe celtique grâce à une méthode inspirée des travaux antérieurs que nous allons expliciter dès à présent.

1. MÉTHODE

1.1. La sélection des sites du corpus

Une bonne connaissance d'une grande superficie des sites concernés est souhaitable. Le corpus sera donc constitué de sites fouillés sur de grandes surfaces, et dont les vestiges présentent un bon degré de conservation. Ces sites ont fait l'objet de nombreuses et fructueuses campagnes de fouilles avec des publications exhaustives, donnant ainsi accès à un ensemble de données particulièrement fourni et approprié à ce genre d'études.

Il s'agit également de prendre en compte des types de sites différents afin d'élargir et de percevoir les divers champs d'action de l'étude. Nous prendrons donc en compte des agglomérations ouvertes, des habitats de hauteur fortifiés, des *oppida*, des habitats ruraux ainsi que des complexes religieux (dans certains cas intégrés dans des sites appartenant aux catégories précédentes). Nous privilégierons également des sites comportant divers types d'infrastructures (bâtiments, portes monumentales, enclos, remparts, partitions internes) afin de recouper les résultats des études entre ces derniers dans l'optique d'une étude globale (Figure 15, pour la présentation des sites nous

renvoyons le lecteur vers le catalogue).

Nom	Type de site	Chronologie	Surface connue estimée	Surface totale estimée
Acy-Romance	Agglomération ouverte	IIe-Ier	15 ha	15 ha
Batilly-en-Gâtinais	Habitat rural	IIe - Ier	7,8 ha	20 ha
Bundenbach	Site de hauteur fortifié	IIe-Ier	1 ha	1,5 ha
Corent	Oppidum	IIe avant - IIIe après	2 ha	50 ha
Ehningen	Habitat rural	IIe-Ier	6600 m²	6600 m²
Entremont	Oppidum	IIIe - IIe	5000 m²	3,5 ha
Goldberg	Site de hauteur fortifié	VIIe-Ve	3 ha	4 ha
Gournay-sur-Aronde	Oppidum	IIIer avant- Ier après	0,30 ha	100 ha
Hayling Island	Complexe cultuel	Ier avant - Ier après	1000 m²	inconnu
Heuneburg	Habitat « princier »	VIIe-Ve	10 ha	100 ha
Lattes	Emporion	Ve avant- Ier après	2,5 ha	3,5 ha
Manching	Oppidum	IIIe - Ier	30 ha	380 ha
Mšecke Žehrovice	Habitat rural	IIIe - IIe	3000 m²	10,3 ha
Riedlingen	Habitat rural	IIIe-Ier	6,75 ha	6,75 ha
Roseldorf	Agglomération ouverte	Ve-Ier	25 ha	25 ha
Verduron	Phrourion	IIIe - IIe	1200 m²	1200 m²

Figure 15. Tableau récapitulatif des sites du corpus.

Ce corpus limité n'est pas sans poser la question de la représentativité des sites traités. Pour qu'une telle étude soit pertinente, nous devons sélectionner des sites bien connus et présentant si possible plusieurs phases chronologiques pour observer la persistance ou non de principes géométriques ou d'une unité de mesure. Ces critères, couplés à l'accessibilité des données, limitent fortement le nombre de sites compatibles avec cette étude.

Ainsi, les habitats ruraux de faible rang comportant peu de structures ne disposeront pas d'un corpus de constructions suffisant pour une étude pertinente et n'ont pas été intégrés dans ce travail. Il en va de même pour certains sites utilisant la topographie pour leur implantation (comme à Pech Maho ou Malvieu, GAILLEDRAT 2011 ; GORGUES 2009). Ces derniers présentent pourtant bel et bien une régularité laissant présager l'utilisation de principes techniques, mais leur adaptation au terrain a pu les limiter. Nous privilégions donc des établissements construits en dehors de toutes contraintes topographiques (Batilly-en-Gâtinais ou Manching) ou cherchant à les ignorer (Le Verduron ou Mšecke Žehrovice).

Ces études de cas nous permettront de déterminer des groupes de proportions ainsi que les différentes méthodes mises en œuvre lors de la construction des édifices qui rendrons possible

l'identification d'éventuelles tendances, à la fois au niveau du site, mais aussi lors de la confrontation des résultats de chaque cas. Dans le cadre d'une remise en contexte plus large, d'autres sites seront rapidement évoqués par la suite, mais ne feront pas l'objet d'une étude complète.

1.2. La procédure

La procédure que nous suivrons pour les études se basera essentiellement sur les travaux récents de Jørgen Jensenius (JENSENIUS 2001). Ses travaux ont principalement porté sur l'analyse métrologique, modulaire, et géométrique des églises en bois de Scandinavie datant d'avant le XII^{e} siècle de notre ère. Ce travail a le mérite d'être l'un des rares à expliquer distinctement et étape par étape la procédure employée pour ce type d'études avec l'ouvrage de Pierre Moret (MORET 2008, dont les aspects méthodologiques se recoupent parfaitement avec ceux développés par Jensenius). Il s'agit d'une démarche empirique, nécessitant un retour aux plans de masse et leur étude grâce aux outils géométriques tels que la règle et le compas. En effet, aucune méthode systématique ne s'avère à ce jour plus satisfaisante pour ce type de travaux.

Dans le cas d'une analyse métrologique, c'est-à-dire la recherche du plus petit dénominateur commun (la plus petite unité commune aux mesures effectuées), il convient de prendre en compte les mesures des différents éléments de la structure étudiée. Il faut partir du postulat que la structure a été édifiée à l'aide d'une unité de base entière naturelle, c'est à dire sans développement décimal. Cela biaise évidemment les résultats de l'étude, aussi faut-il appliquer une grille modulaire sur le plan de la structure pour en déterminer un module de planification et prendre en compte ses proportions, en plus de ses dimensions pour percevoir d'éventuels rapports et schémas de construction. En effet, le calcul de la bonne longueur des éléments constitutifs de la structure n'est pas une fin en soi, il faut en tirer le cheminement de pensée qui détermine la conception. Ceci ne peut être concevable qu'à travers l'étude modulaire et géométrique. Cette approche pourra mettre en avant les relations entre les longueurs données et identifiées et celles qui sont imperceptibles. Il faut pour ce faire, prendre en compte les formes géométriques qui régissent l'ensemble de la structure (carré, rectangle ou triangle dans la majeure partie des cas). Toutefois, tracer une ligne avec une longueur définie, ou une figure géométrique avec une mesure dérivée de cette longueur peut aboutir à des résultats différents au niveau des méthodes de conceptions. Il faudra donc, autant que possible, toujours revenir au plus petit dénominateur commun pour conforter l'étude modulaire et géométrique (JENSENIUS 2001 : 90 et MORET 2008 : 86). Avant la mise en place du système métrique, la plupart des sociétés utilisaient des mesures anthropométriques (le pied, la coudée, la brasse, l'empan, le doigt). Chacune de ces mesures présente des rapports de proportion avec ses sur — ou sous-multiples. Par exemple, la coudée vaut un pied et demi et la brasse vaut six pieds. L'identification d'un plus petit dénominateur commun s'en retrouve renforcée si l'un des sous — ou surmultiples peut également être utilisé dans le schéma de construction.

Il existe parfois bien des façons d'arriver au même résultat au moyen de la géométrie. Nous mettrons donc en avant la façon la plus simple de procéder dans tous les cas en partant du principe

que la personne ayant planifié la structure l'a fait avec le moins d'efforts possibles sans omettre les autres possibilités qui ne sont pas toujours clairement identifiables.

Au terme de l'étude, les données analysées seront rassemblées au sein de tableaux comparatifs nous permettant de dégager les tendances issues de l'analyse des édifices.

1.3. Les limites

Plusieurs problèmes affectent la représentativité et la pertinence de ce type de recherche. Certains obstacles sont cités par Jørgen Jensenius (JENSENIUS 2001 : 89-90). Le premier, qui va de soi, est que le principe de mesure appliqué est inconnu et il n'est pas certain qu'il soit appliqué de façon uniforme lors de la conception. Les points à partir desquels il faut prendre les mesures sont également problématiques. Il faudra tenter une approche en mesurant l'entraxe, mais aussi prendre en considération l'entrecolonnement. Ce problème se pose également pour les éléments linéaires, à savoir, les parois et les murs. Il est aussi impossible de déterminer si le bâtiment a été construit comme il était convenu sur le plan ou le schéma de construction initial. Il faut donc prendre en compte la possibilité d'une distorsion des formes entre la structure finie et le plan initial ayant pour cause soit une approximation, soit un contretemps apparu lors de la construction, ou suite à une modification du projet de départ.

À ces points listés par Jørgen Jensenius, nous ajouterons le fait que les données issues des fouilles ne reflètent pas toujours la réalité. Certains éléments des structures peuvent avoir disparu avec le temps, rendant le plan sur lequel se fonde notre réflexion incomplet et les résultats plus hypothétiques encore.

Enfin, un dernier problème, et non des moindres, implique le paradigme que nous pourrions appeler de la logique contemporaine. En effet notre façon de penser actuelle est calquée sur une logique contemporaine conditionnée par notre environnement au cours de notre éducation ou de notre vie quotidienne. Il n'est pas possible d'appliquer cette logique et cette façon de penser aux populations qui font l'objet de notre étude tout comme il est très difficile d'appréhender la logique de la période qui nous concerne. Aussi, lors d'une analyse, quand nous cherchons la solution la plus simple à nos yeux, rien ne nous permet d'affirmer qu'il s'agissait de la solution la plus aisée du point de vue d'un homme de l'âge du Fer. Voilà donc tout l'intérêt de proposer autant de solutions aux problèmes rencontrés que nous pouvons en trouver. De plus, et plus particulièrement dans notre champ d'étude, le système métrique a fortement conditionné notre façon de voir les choses, de mesurer et de calculer. Ce principe induit l'utilisation du système dit décimal, c'est-à-dire construit sur une base numérique équivalente à dix et qui accepte les nombres à virgule (le développement décimal). Si les civilisations antiques fonctionnaient bel et bien avec des mesures d'origine anthropométrique, il est difficile d'appliquer ce schéma de pensée. En effet, le système décimal a véritablement fait son apparition à partir de la Révolution française avec l'instauration du mètre et des autres mesures du Système International d'Unités (GUEDJ : 2000). Auparavant, la quasi-totalité des mesures s'effectuait à l'aide de chiffres ronds et l'on prenait soin d'éviter

au maximum l'utilisation de nombres à virgule, privilégiant plutôt un changement d'étalon (par exemple, on ne parlera pas d'une distance d'un pied et demi, mais plutôt de la longueur d'une coudée). La base numérique décimale ne peut s'appliquer à un tel système sans d'importantes complications. Il semblerait que la base 6 et ses variantes (à savoir, ses multiples : 12, 24, 60, etc.) soient plus adaptées aux systèmes de mesure anthropométrique que la base 10. Pour preuve, il suffit de voir la subdivision des mesures chez les populations ayant utilisé ce type d'unités de mesure et ayant laissé des écrits ou des témoignages de rapports d'équivalence entre les différentes valeurs comme la base numérique de calcul chez les Babyloniens (le système sexagésimal) (NEUGEBAUER 1934), la centaine germanique d'Europe du nord qui équivaut en réalité au nombre 120 (BOYER 1992), ou encore les écrits de Vitruve.

Si la mesure passe bien par un système à base 6 (ou duodécimal, ou sexagésimal), cela n'empêche en rien l'utilisation d'un autre système, à base décimale ou vicésimale pour le comptage. La mesure et le comptage sont en effet deux processus distincts parfois difficiles à différencier. Le dénombrement de plusieurs éléments se fera à l'aide de nombres entiers qui se suivent dans la numérotation sans étalon de référence. À l'inverse, la mesure implique l'utilisation d'une référence commune qu'il convient de simplifier au possible. De plus, la différence majeure entre ces deux concepts est leur caractère biologique (MALAFOURIS 2010 : 35). En effet, le comptage (qu'on appelle « approximation » en terme biologique) est un caractère inné. Dès l'enfance, même s'il n'est pas encore en mesure de l'exprimer, un individu peut d'ores et déjà comprendre les notions de « un » et « plusieurs » ainsi que les opérations mathématiques simples, à savoir l'addition et la soustraction à partir du moment où l'échantillon à évaluer n'est pas trop important. À l'inverse, la mesure est un caractère acquis qui résulte de facteurs environnementaux tels que l'expérience et l'apprentissage, et nécessite donc ce qu'Alain Testart appelle « un équipement mental, technique et scientifique qui permet de mesurer les différents aspects du monde » (TESTART 2004 : 9).

Si, en théorie, la nuance entre mesurer et compter semble claire, dans les faits ces notions sont bien plus complexes à identifier. Pour reprendre Alain Testart : « toute mesure implique comptage, mais tout compte n'est pas mesure. On compte le nombre de noix dans un panier et l'on a pas pour cela à définir la noix » (TESTART 2004 : 10). Poussons cet exemple plus loin encore. Si l'on compte le nombre de paniers remplis de noix suite à la récolte, on obtient, pour peu que les paniers soient identiques et normés, outre le comptage des paniers et donc des noix récoltées, la quantité recueillie mesurée en nombre de paniers. Le panier devient dès lors un étalon et une unité de mesure et le simple comptage de paniers vaut désormais mesure. Aujourd'hui encore dans les sociétés où le système métrique demeure le seul système de mesure officiel, de tels étalons subsistent. N'achète-t-on pas encore deux grands sacs de pommes de terre à défaut d'en acheter 10 kg ? Dans ce cas, le kg, unité issue du système international, va servir de dénominateur commun aux transactions, mais imaginons donc la multiplication de ces occurrences entre des sociétés n'ayant pas de base métrologique commune ! Pire encore si cette base n'est pas établie à l'intérieur même d'un ensemble de populations culturellement homogènes.

2. ÉTUDES

Tous les plans présentés dans le cadre de ces études sont issus des publications présentées dans le catalogue et reprise par l'auteur. L'ensemble des plans est orienté au nord sauf mention contraire. Les sites sont rapidement présentés dans l'introduction de l'étude. Le lecteur trouvera une présentation et la bibliographie relative à chaque site dans le catalogue. Nous avons choisit de faire figurer dans le corps du texte les plans interprétés et une sélection de bâtiments. Les plans généraux des sites, de chacune des phases et des bâtiments non représentés dans cette partie figure dans le catalogue.

Les sites sont présentés dans l'ordre alphabétique. Les études thématiques sur les sites méridionaux et les sanctuaires se situent en fin de chapitre.

2.1. Acy-Romance

2.1.1. Introduction

L'agglomération d'Acy-Romance a été fouillée entre 1988 et 2003. Il s'agit d'une agglomération ouverte dont la fondation date de La Tène C1 avec une superficie de 15 hectares. La quasi-totalité de l'habitat a pu être explorée. L'habitat s'intègre dans un secteur avec de nombreuses nécropoles de l'âge du Bronze et de La Tène ancienne. Des sépultures de personnes inhumées assises ont été retrouvées à proximité d'une place « en quartier d'orange » et d'un alignement de bâtiments présentant des dimensions supérieures à la moyenne du site et interprétés, au vu de ces données, comme un complexe religieux. En dehors de la place « en quartier d'orange » délimitée par une palissade, trois espaces vides de constructions non délimités ont été perçus. L'ensemble des espaces vides ainsi repérés couvre 8 hectares soit près de la moitié de la superficie totale du site. Les bâtiments ont connu de nombreux états dont le phasage général est très difficile à entrevoir et affectant dans certains cas la qualité des plans des édifices. De même, il n'est pas toujours possible de différencié les trous de poteaux fouillés des structures restitué à partir des plans généraux. L'absence de ce phasage rend l'étude métrologique plus complexe et moins pertinente du point de vue de l'organisation générale du site. Cette dernière semble toutefois constante durant toute la durée de l'occupation rendant ainsi ce type d'étude possible.

2.1.2. L'organisation du site

Bernard Lambot évoque l'existence d'une organisation du site selon des critères religieux et géométriques (LAMBOT 2002). Ainsi les édifices du « quartier des temples » présentent des espacements, des superficies et, par déduction, des élévations augmentant de façon progressive du sud au nord (LAMBOT 2000) afin de créer un effet « d'anamorphose [...] conçue pour donner à cet ensemble religieux un caractère encore plus monumental qu'il ne l'était en réalité » (LAMBOT 2002 : 388, Figure 16). Cette hypothèse reste sujette à discussion. S'il est vrai que dans

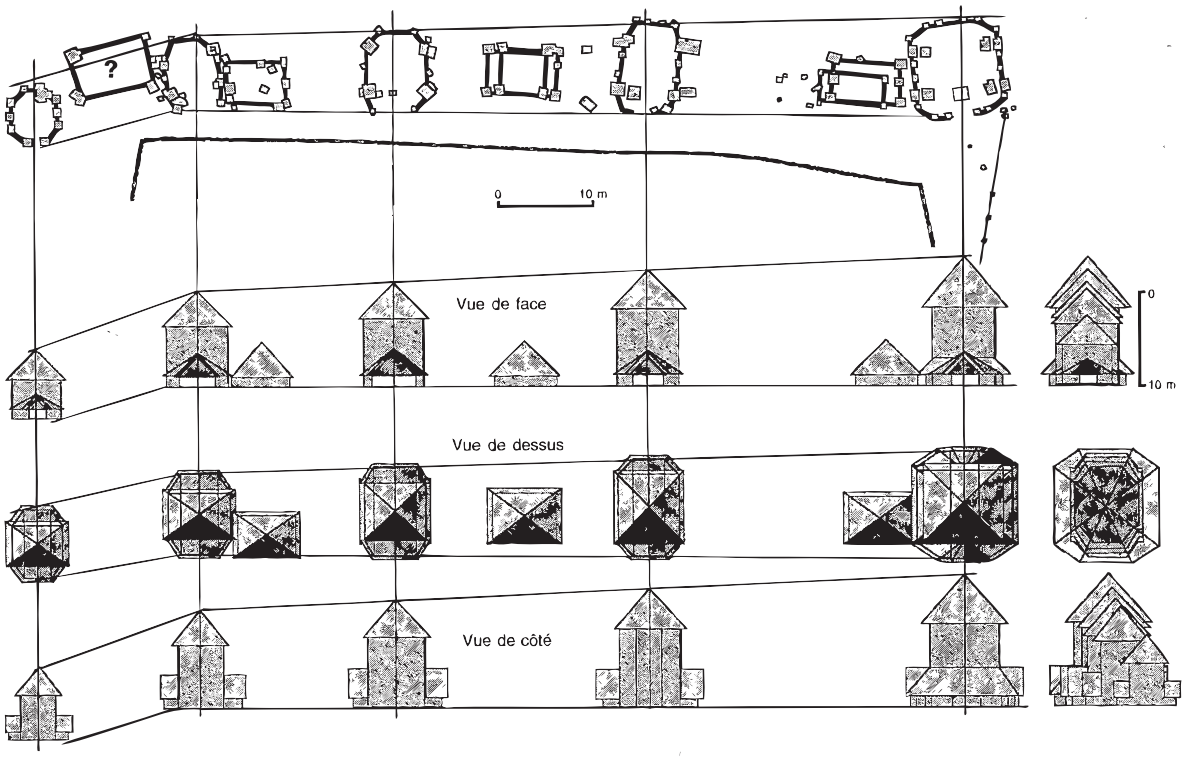


Figure 16. Proposition de restitution des élévations des « temples », d'après LAMBOT 2000 : 44.

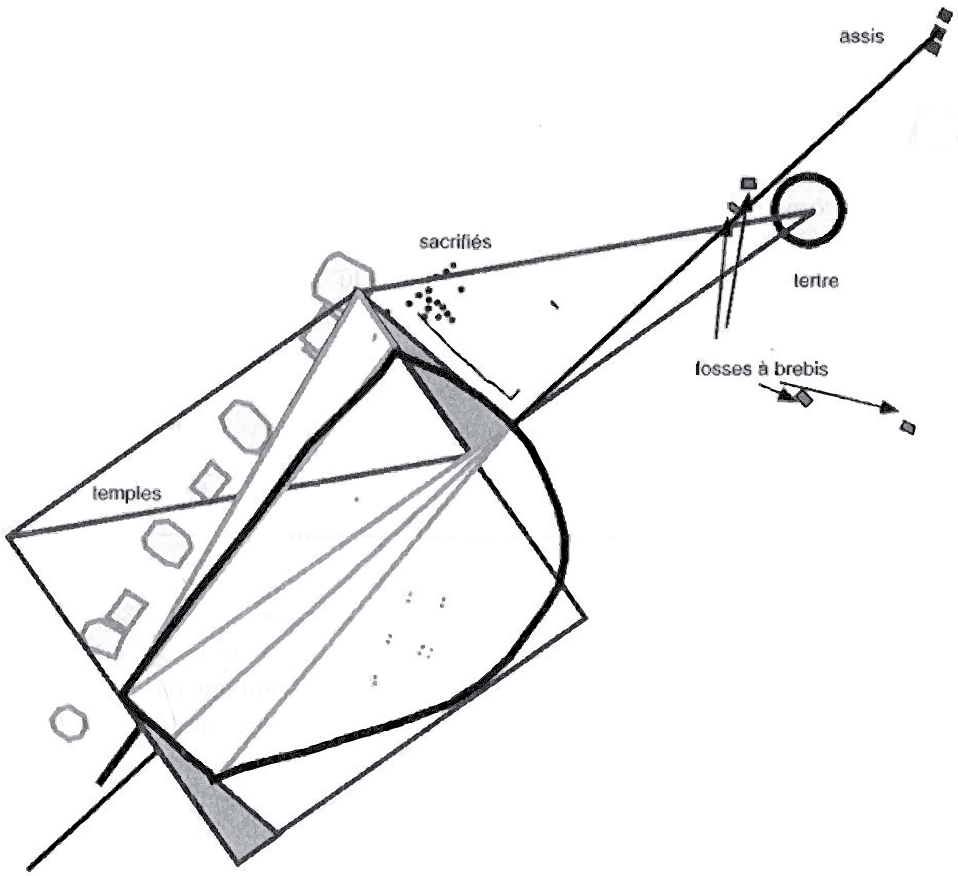


Figure 17. Liens géométriques du quartier cultuel, d'après LAMBOT 2002 : 391

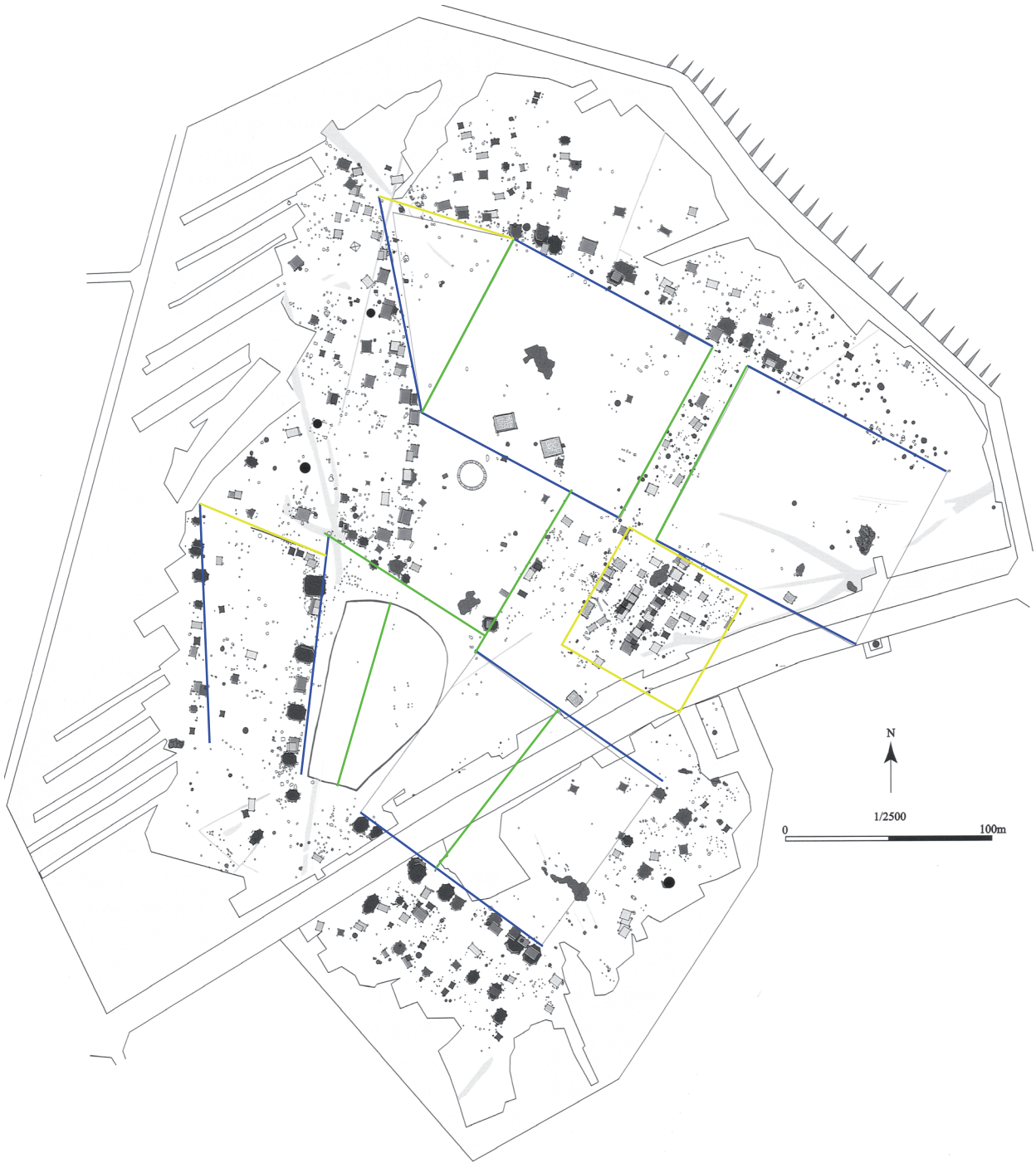


Figure 18. Plan général d'Acy-Romance et matérialisation des mesures récurrentes.

le cas présent les superficies des édifices tendent à montrer une gradation régulière, en l'absence de données conservées sur l'élévation cette hypothèse ne peut être développée. Cependant, Bernard Lambot met cet effet architectural en lien avec la fonction des édifices et un programme architectural commun sur lequel nous souhaitons revenir. Leur attribution au domaine religieux est due à leur proximité avec un espace à vocation communautaire, la place en quartier d'orange ainsi qu'à leur « particularité architecturale et [leur] rigueur géométrique » (LAMBOT 2000 : 52). La présence d'un puits à l'intérieur du plus grand de ces bâtiments et ayant pu servir, selon l'auteur à la momification des inhumés assis mis en terre non loin de cet ensemble est également évoquée. Ce puits et les formes architecturales similaires servent d'argument pour attribuer « par extension » une fonction cultuelle à l'ensemble de ces édifices. À ce jour, aucun mobilier ne permet d'identifier une quelconque activité rituelle au sein de ces bâtiments dont l'absence de phasage ne permet pas de se prononcer sur leur contemporanéité. Les nombreux recoupements entre les structures constatés sur l'ensemble du site indiqueraient plutôt des constructions échelonnées sur une échelle de temps assez large. Il est également difficile de mettre en lien cet ensemble avec les inhumés assis qui, à défaut de trace évidente de mise à mort dans le cadre d'un sacrifice, témoignent tout au plus d'un recrutement funéraire avec des critères particulièrement restreints et, là encore, dispersé du point de vue chronologique. Concernant les plans et la rigueur de ces édifices, les recherches récentes ont permis de montrer que ce type de plan est très répandu dans le domaine celtique pour la période concernée (MAGUER et ROBERT 2013). La rigueur de leur construction est également fréquemment mise en avant. La diversité des contextes dans lesquels s'intègrent de tels bâtiments ne permet pas de leurs attribuer de fonctions particulières.

Au vu de ces données les bâtiments du « quartier des temples » ne seront pas traités indépendamment et seront intégrés dans le corpus des autres édifices dans le cadre de l'étude qui va suivre.

Sur l'organisation de ce « complexe religieux » et les infrastructures périphériques, l'auteur note la présence de quelques lignes directrices formant des angles droits et des alignements d'éléments remarquables notamment la place en D, le tumulus du Bronze final situé au cœur de l'agglomération, les bâtiments bordant la place et les sépultures d'inhumés assis (Figure 17). L'auteur suggère que le tumulus ait pu servir de point de référence lors du tracé du plan de la ville au vu de sa préservation et du respect, voire d'un culte des ancêtres, dont il a fait l'objet au cours de l'installation du village. Cette hypothèse est étayée par le fait que la distance séparant le puits du tertre est égale à celle séparant le puits de l'angle sud-ouest de la place en D et par la présence de deux poteaux au sein de celle-ci alignés sur une droite reliant le tertre et l'angle de la place. L'alignement rigoureux des bâtiments et des installations laisse également présager, selon l'auteur, l'existence d'une division de l'espace en plusieurs parcelles.

Dans le cadre de notre étude, il faut nuancer les mesures prises du fait de l'absence de phasage. Ces dernières ont été faites avec le plus de précision possible, mais devront être considérées avec prudence au vu de la grande échelle de travail. Concernant les espaces vides, nous nous baserons

sur les limites définies par le fouilleur tout en gardant à l'esprit que ces limites ont pu évoluer au cours du temps. L'étude reste cependant permise grâce au respect apparent d'un plan d'organisation initial durant les phases de réaménagement.

Il convient de faire un premier constat. Plusieurs mesures se retrouvent fréquemment dans les lignes directrices de l'organisation du site. Les espaces vides mesurent 108 m sur 96 m soit un rapport 8/9. Les deux espaces au nord sont séparés par une bande de 18 m de large dans laquelle plusieurs structures ont été édifiées. On retrouve cette longueur de 96 m (en vert sur la Figure 18) dans la longueur maximale de la place en D, c'est également la distance qui sépare le sud de la place la plus septentrionale et le nord de la place la plus méridionale ainsi que l'angle qui se situe au nord du quartier des « temples » et les premières structures à l'est de la place en D. Cette distance de 108 m est également la longueur des alignements de bâtiments se situant à l'ouest du site (en bleu sur la Figure 18), à l'exception d'un ensemble qui mesure 84 m de long. Une troisième distance de 66 m revient également à plusieurs reprises sur le site (en jaune sur la Figure 18). Il s'agit particulièrement de la distance séparant les lignes de bâtiments. On constate également que les constructions situé au sud de la place est se situent toutes à l'intérieur d'un carré de 66 m de côté.

En utilisant le rapport 8/9 des espaces vides, il est possible de divisé toutes ces distances par 12 m, valeur qui pourrait constitué un module ayant permis l'arpentage pour l'implantation des différents axes du site. On peut alors exprimer 108 m en 9 modules, 96 m en 8 modules, 84 m en 7 modules, 66 m en 5 modules et demi et 18 m en 1 module et demi. On constate qu'il est possible d'intégrer les alignements de bâtiments à l'ouest dans des bandes de 12 m de large.

Ce module est conforté par la mesure du diamètre (12 m) du tertre qui aurait pu servir à l'implantation du site. Il renforce ainsi l'hypothèse émise par Bernard Lambot concernant le lien entre ce monument et l'organisation de l'établissement.

Plusieurs plus petits dénominateurs communs sont possibles dans ce cas : 0,25 m ; 0,30 m ; et 0,32 +/- 0,00025 m.

2.1.3. Les bâtiments

Dans le cadre de cette étude et pour facilité le retour à la documentation primaire, nous reprendrons la typologie des bâtiments établit par Hervé Bocquillon en 2012 et se fondant sur le nombre de poteaux, le type de plan et la taille des bâtiments (BOCQUILLON 2012). Nous garderons ainsi la dénomination de « bâtiments à absides » même si, selon nous, il conviendrait plutôt de voir dans ces plans des bâtiments à parois déportées dont les traces de tranchées de fondation ont été retrouvées sur certains spécimens (en particulier le bâtiment 404.08 par exemple). Hervé Bocquillon a également effectué une première analyse métrique des bâtiments et a mis en avant la similitude des surfaces bâties pour les plans équivalents. Il montre aussi que, sur la majeure partie des édifices étudiés, un rapport longueur/largeur proche de 4/3 laisse présager l'utilisation

du 3-4-5 dans la planification des constructions. Il convient désormais de reprendre ce dossier dans le détail et de voir si d'autres principes géométriques et métrologiques ont pu intervenir lors de l'édification des bâtiments d'Acy-Romance. Dans les cas ou les mesures mettent en évidence des récurrences entre les bâtiments, nous les avons regroupés au sein d'un même groupe de proportion. Les remarques issues de l'étude sont valable pour l'ensemble des bâtiments du groupe en question étant donné que les plans sont superposables et présentent des proportions similaires.

2.1.3.1. Les bâtiments sur tranchées de fondation

Ce groupe englobe onze bâtiments présentant les traces de tranchées de fondation de parois. Deux édifices ont fait l'objet de reconstruction en gardant le même plan (les bâtiments 203.12 et 203.13 ainsi que 404.05 et 404.04). Les bâtiments possèdant plusieurs phases ont été représentés par état quand ces derniers ont pu être identifiés clairement.

Les bâtiments 203.12, 203.13 et 304.1 mesurent tous trois 9,5 m de long et 8,1 m de large et présentent un plan parfaitement superposable. Le dernier de ces bâtiments présente plusieurs poteaux dans ses parois dont l'espacement régulier mesure 1,6 m. Il est possible d'utiliser cette valeur comme module ayant permis la planification de ces bâtiments. En effet, cette distance se retrouve cinq fois sur les petits côtés (1,6 x 5 = 8) et six fois dans la longueur (1,6 x 6 = 9,6). Les répétitions de ce module permettent l'utilisation du 3-4-5 en vue de mettre en place des angles droits. Trois plus petits dénominateurs communs sont possibles ici : 0,27 m, 0,30 m et 0,32 m.

Le bâtiment 304.19 est très perturbé. Il mesure 7,5 m de long et 4,5 m de large. Seuls ses petits côtés présentent les traces de tranchées de fondation de paroi. Ces dimensions donnent un rapport largeur/longueur de 3/5, renvoyant vers un module de 1,5 m. Deux plus petits dénominateurs communs sont possibles ici : 0,25 m et 0,30 m. Dans le premier cas, le module mesure 6 pieds de long, dans le second, 5 pieds.

Les bâtiments 404.05 et 404.04 présentent le même plan et se superposent parfaitement. Il s'agit de deux phases d'un même édifice. Il s'agit d'un édifice sur 6 poteaux de plan carré et mesurant 5,4 m de côté. Au centre de la façade nord, un petit poteau supplémentaire a été ajouté à chaque phase. Tous les poteaux sont espacés de 2,7 m. Cette valeur a pu servir de module pour la planification de l'édifice. Deux plus petits dénominateurs sont possibles ici : 0,27 m et 0,30 m. Dans le premier cas, le bâtiment mesurerait 20 pieds de côté tandis qu'il mesurerait 18 pieds avec le second étalon.

Le bâtiment 306.01 est un bâtiment sur 6 poteaux avec une portion de tranchée de fondation de paroi conservée dans son angle sud-ouest. Ce bâtiment mesure 3,6 m de large et 4,5 m de long. Ces dimensions renvoient à un rapport largeur/longueur de 4/5 avec un module de 0,9 m. Un seul plus petit dénominateur commun est possible dans ce cas : 0,30 m. Ce dernier donnerait une largeur de 12 pieds et une longueur de 15 pieds. Les bâtiments 305.30 et 305.24, présentent les mêmes dimensions et leurs plans sont superposables à celui de l'édifice 306.01 malgré la présence

de nombreux poteaux internes dont l'attribution aux bâtiments reste à voir. Nous trouvons dès lors les mêmes rapports et plus petits dénominateurs communs pour ces constructions.

Le bâtiment 404.08 présente une tranchée de fondation de paroi sur trois de ses côtés. Il mesure 4,8 m de large et 5,6 m de long. Les deux poteaux situés sur les petits côtés sont espacés de 1,6 m. L'espace entre les poteaux des grands côtés n'est pas régulier. Cette distance de 1,6 m se retrouve trois fois dans la largeur du bâtiment et trois fois et demie dans sa longueur. On retrouve un module déjà identifié sur les bâtiments 203.12, 203.13 et 304.1. Nous pouvons ici proposer les mêmes plus petits dénominateurs communs, à savoir : 0,30 m et 0,32 m. Dans le cas présent, un étalon de 0,27 m de correspond pas aux dimensions du bâtiment.

Le bâtiment 304.11 est un bâtiment rectangulaire de 6 m de long et 4 m de large. Les tranchées de fondation de paroi sont conservées sur ses longs côtés. Un alignement de poteaux internes montre qu'il s'agit d'un bâtiment à deux nefs. Il s'agit du seul bâtiment à deux nefs dans cette catégorie de construction. Son rapport largeur/longueur est de 2/3 et l'alignement de poteaux interne se situe exactement au centre du bâtiment. L'espacement entre les poteaux internes est de 1,5 m. On retrouve cette dimension quatre fois dans la longueur du bâtiment et deux fois et deux tiers dans sa largeur. Ce module rappelle celui identifié dans le bâtiment 304.19. Nous proposons ici des plus petits dénominateurs communs identiques : 0,25 m et 0,30 m. Il faut cependant noter que les dimensions du bâtiment peuvent également correspondre avec un plus petit dénominateur commun d'une valeur de 0,32 m.

2.1.3.2. Les bâtiments dits à une abside

Cette catégorie regroupe trente bâtiments dont plusieurs présentent les mêmes proportions et dimensions. Nous avons regroupé les bâtiments similaires en six groupes. Les plans de chaque édifice au sein de ces groupes sont superposables à quelques cm près. L'étude de chaque groupe est donc valable pour l'ensemble des bâtiments au sein de la catégorie. On retrouve au sein de ces groupes des plans de bâtiments différents comportant dans certains cas des nombres de poteaux porteurs différents (quatre, six ou huit). Le nombre de poteaux de la structure porteuse n'affecte donc pas les proportions et dimensions des édifices.

Le premier groupe comporte dix bâtiments mesurant entre 7,2 et 7,5 m de longueur et entre 5,7 et 6 m de large (Figure 19). L'espacement des poteaux porteurs est compris entre 2,3 et 2,4 m sur les bâtiments ayant six poteaux porteurs et de 1,75 m sur les deux exemples possédant huit poteaux porteurs (503.20 et 102.01). On retrouve dans chacun des cas cet espacement au niveau des deux petits poteaux qui marquent l'emplacement de l'entrée. Il est possible d'utiliser l'espacement entre les poteaux des bâtiments sur six poteaux pour exprimer les dimensions des édifices. On retrouve ainsi deux fois et demie dans la largeur et trois fois et quart dans la longueur un module d'une valeur de 2,3 m. Le module de 2,3 m est également applicable sur les bâtiments sur huit poteaux étant donné leurs dimensions similaires aux édifices sur six poteaux, de plus 1,75 m correspond

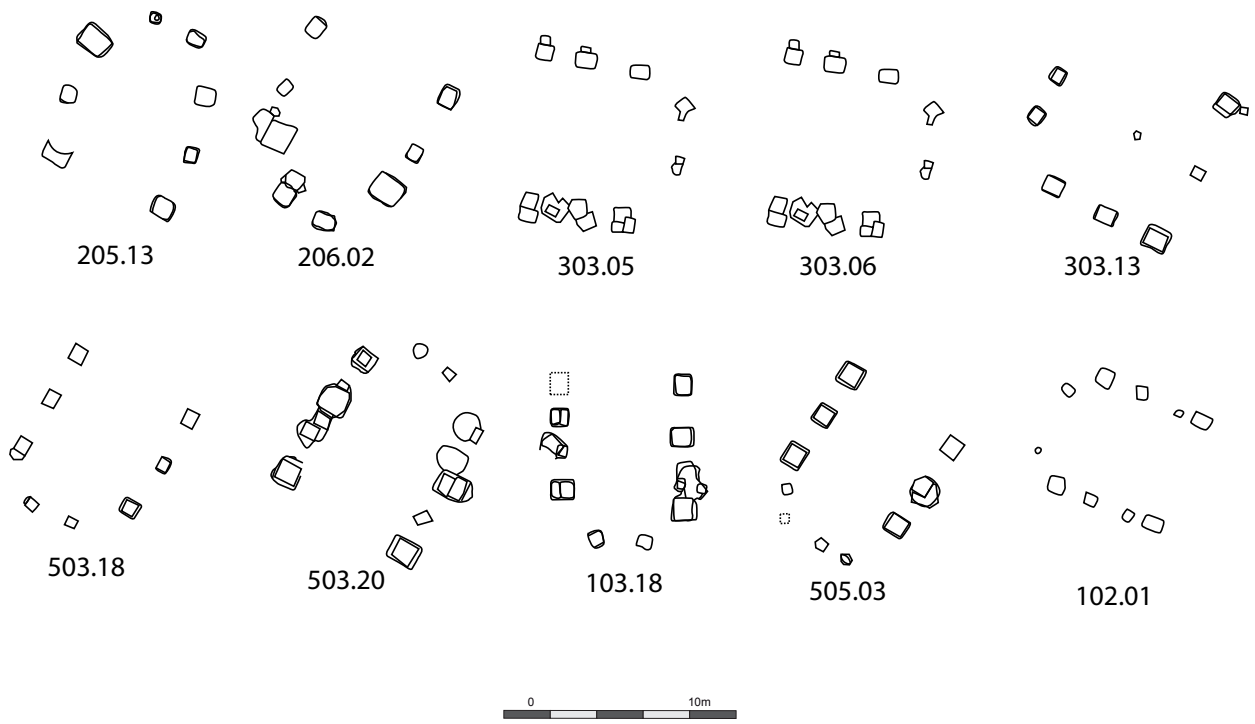


Figure 19. Bâtiments dits à une abside : groupe 1.

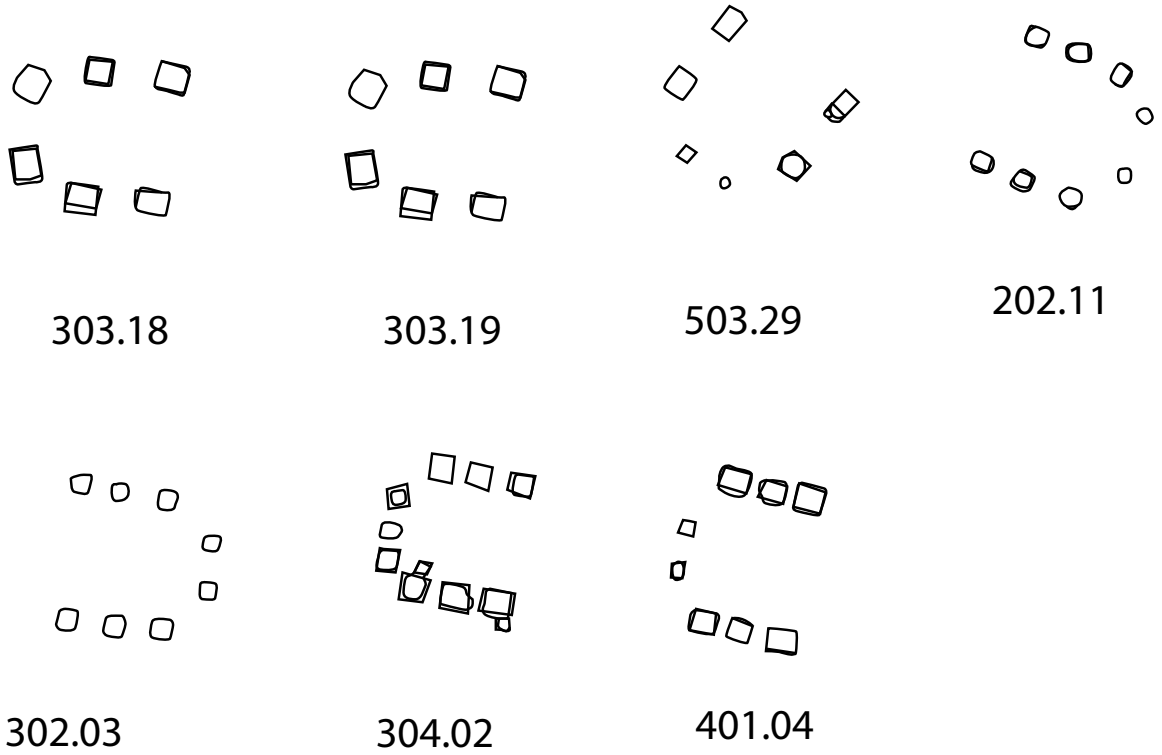


Figure 20. Bâtiments dits à une abside : groupe 2.

au trois quarts de 2,3. En prenant en compte la variation de cet espacement entre 2,3 et 2,4 m on obtient un plus petit dénominateur commun d'une valeur de 0,295 +/- 0,005 m. On retrouve cet étalon 8 fois dans l'espacement des poteaux, 20 fois dans la largeur et 24 fois dans la longueur des bâtiments.

Le second groupe comporte sept bâtiments de plus petite dimension et qui mesurent entre 3,7 et 3,75 m de côté (Figure 20). L'espacement des poteaux est de 2,3 m pour les bâtiments sur 4 poteaux et entre 1,1 et 1,3 m pour les bâtiments sur six poteaux soit approximativement la moitié de 2,3. On retrouve ici le module identifié dans le premier groupe d'édifice et il est possible de retrouver le même plus petit dénominateur commun : 0,295 +/- 0,005 m.

Le troisième ensemble regroupe sept bâtiments mesurant 5,2 m de longueur et 4,8 m de largeur à l'exception du bâtiment 104.10 qui mesure 7 m de long pour une largeur de 4,8 m (Figure 21). Nous avons choisi de le maintenir dans ce groupe du fait de l'espacement des poteaux de sa structure porteuse identique à celle des autres bâtiments sur quatre poteaux dans ce groupe. Dans les bâtiments sur quatre poteaux l'espacement entre les poteaux porteurs est de 3,8 m alors qu'il mesure entre 1,6 et 2 m dans les bâtiments sur 6 poteaux. Les systèmes d'entrée mesurent 1,8 m de large à l'exception du bâtiment 104.10 ou il mesure 2,6 m. À l'exception de cette dernière installation, il est encore une fois possible d'exprimer ces mesures à partir d'un module compris entre 2,3 et 2,4 m. On retrouve par ailleurs pour les entrées et espacements des valeurs proches de celles observées dans le groupe 1. Nous proposons donc ici l'utilisation du même module et du même plus petit dénominateur commun.

Le quatrième groupe comporte trois petits bâtiments sur six poteaux porteurs et qui mesurent 4,4 m de large et 4,7 m de long (Figure 22). L'espacement entre les poteaux de la structure porteuse mesure 1,5 m et les entrées mesurent 2,1 m pour les bâtiments 104.06 et 304.07 et 2,6 m pour le bâtiment 203.09. Il n'y a pas de rapport probant entre ces mesures et en l'absence d'autres distances évaluables nous ne pouvons pas continuer l'analyse métrologique sur cet ensemble.

Le cinquième ensemble comprend un grand bâtiment (205.09) (Figure 23). Il comporte six poteaux porteurs et mesure 8,5 m de long et 8,1 m de large avec un espacement de 3 m entre les poteaux porteurs et de 2,6 m entre les poteaux d'entrée. Encore une fois, les rapports entre ces mesures ne sont pas probants et l'absence de possibilité de mesures supplémentaires nous empêche de faire une analyse pertinente.

Le sixième et dernier type est constitué par un seul grand bâtiment (204.06) qui possède neuf poteaux porteurs, cinq sur sa façade sud et quatre sur sa façade nord avec des espacements compris entre 1,7 et 2,3 m (Figure 23). Il mesure 9,2 m de long et 6,3 m de large avec une entrée de 2,3 m de large. Il est le seul bâtiment possédant deux poteaux supplémentaires sur le petit côté opposé à l'entrée. Ces poteaux sont également espacés de 2,3 m. On retrouve là encore ce module de 2,3 m qui se répète deux fois et trois quarts dans la largeur et quatre fois dans la longueur du bâtiment. Nous proposons donc l'utilisation d'un même plus petit dénominateur commun.

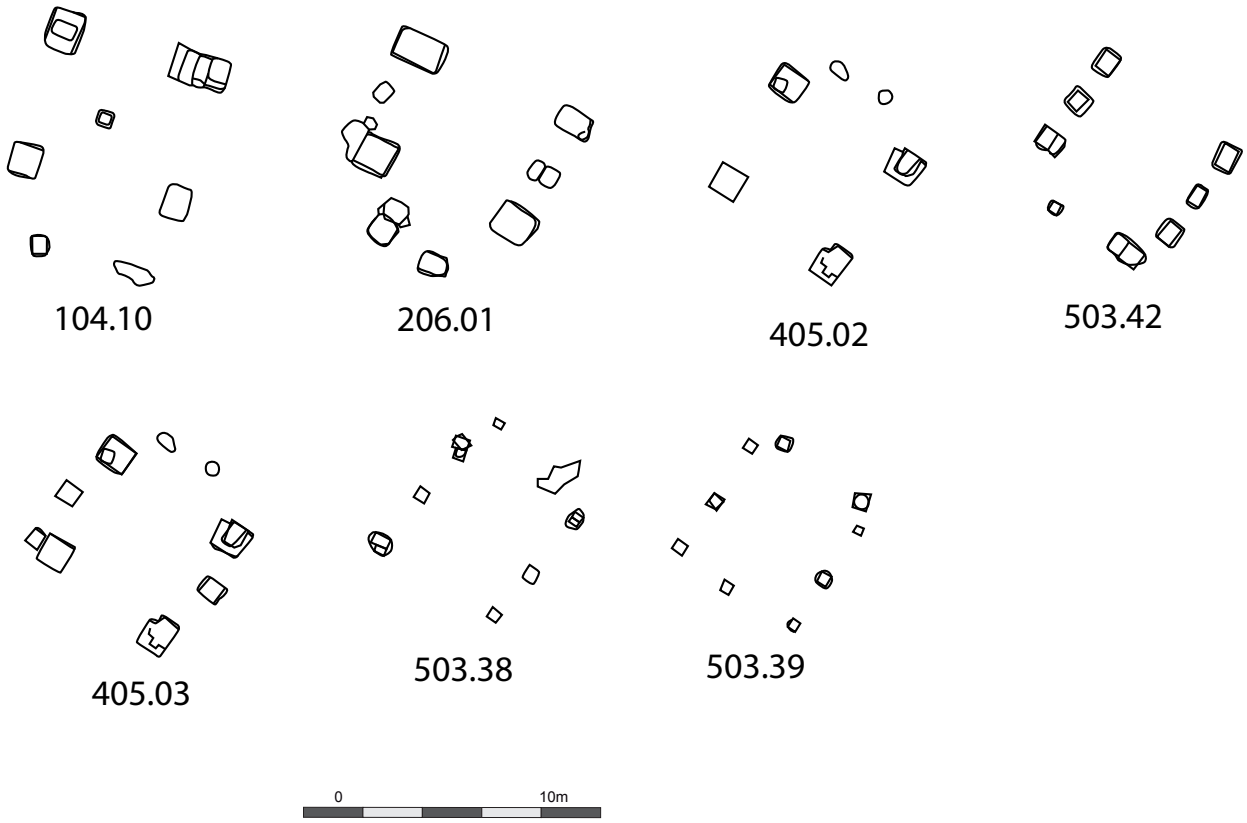


Figure 21. Bâtiments dits à une abside : groupe 3.

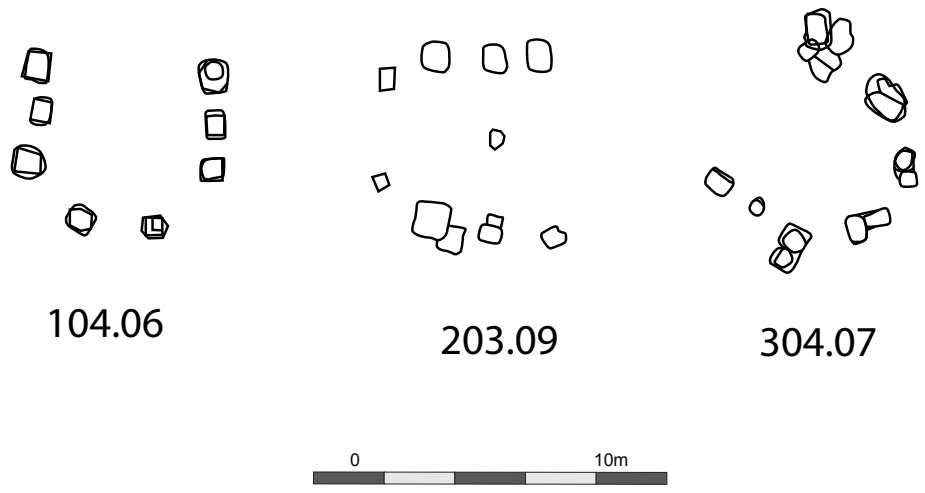


Figure 22. Bâtiments dits à une abside : groupe 4.

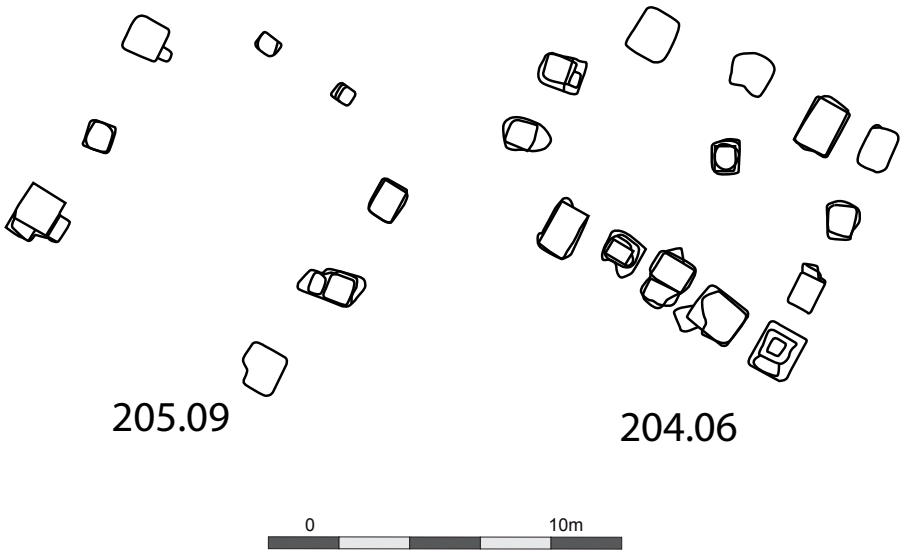


Figure 23. Bâtiments dits à une abside : groupe 5 et 6.

À l'exception des groupes 4 et 5 où l'analyse métrologique n'a pas pu être menée faute de mesures suffisantes et de proportions entre les distances ayant pu être évaluées il semblerait que l'ensemble des bâtiments dit « à une abside » soit en lien avec un seul module d'une valeur comprise entre 2,3 et 2,4 m et correspondant à un plus petit dénominateur commun qui vaut 0,295 +/- 0,005 m.

2.1.3.3. Les bâtiments dits à deux absides

Cinquante-sept bâtiments sont ici concernés. Nous les avons répartie en six groupes constitués d'édifices aux dimensions similaires et plan superposable. Les considérations métrologiques et géométriques s'appliquent donc à l'ensemble du groupe.

Le groupe 1 rassemble neuf bâtiments sur quatre ou six poteaux porteurs (Figure 24). Ces bâtiments mesurent 9,5 m de long et 7 m de large à l'exception de l'édifice 302.16 qui mesure 10,5 m de long et 9,5 m de large. Nous avons toutefois décidé de l'intégrer à cette catégorie du fait des dimensions de la structure porteuse qui est identique aux autres bâtiments : 7 m de long sur 5,7 m. L'espacement des poteaux sur les bâtiments sur six poteaux porteurs varie entre 2,8 et 2,9 m. La dimension des entrées varie d'un bâtiment à l'autre. Elles mesurent 2,8 m dans six cas (302.16, 402.02, 204.01, 504.09, 503.40, 503.41), 2,3 m dans un cas (204.02) et 4,4 m dans les deux derniers cas (402.05 et 402.06). Le bâtiment 302.16 nous permet également de

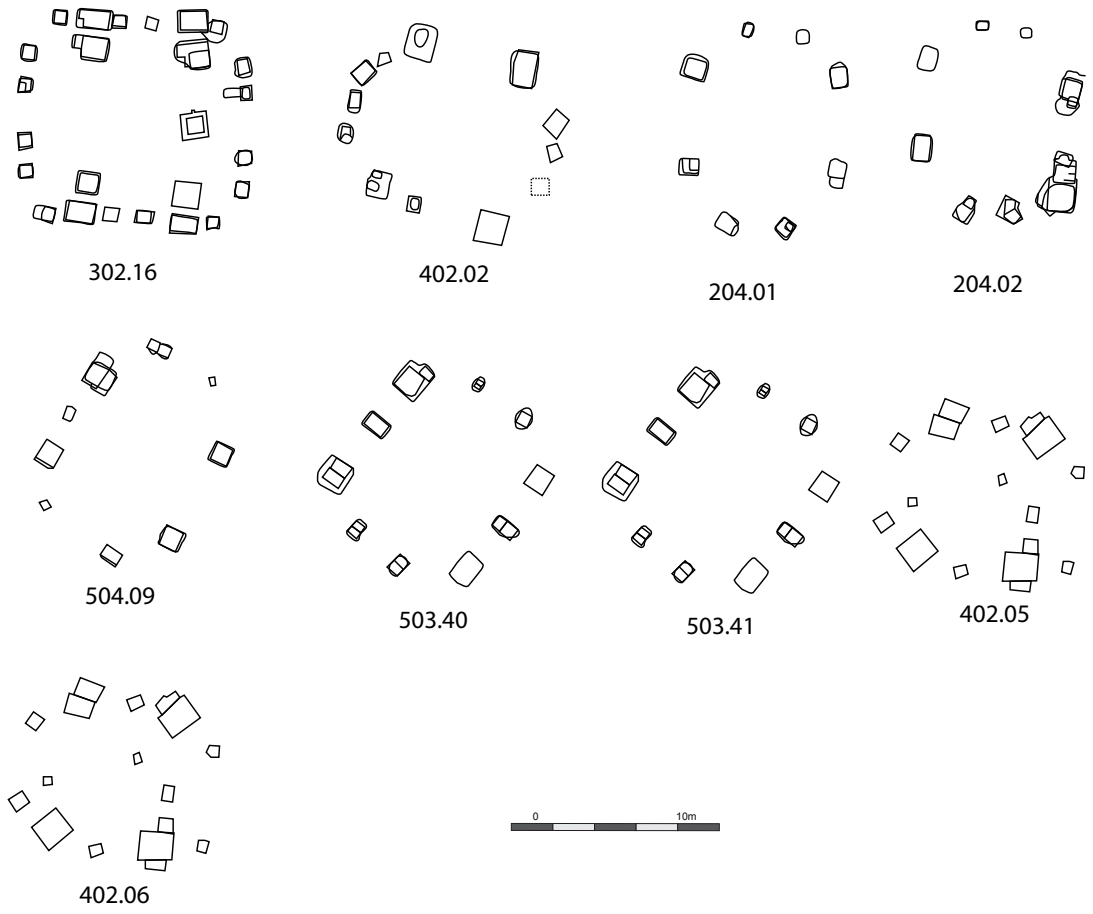


Figure 24. Bâtiments dits à deux absides : groupe 1.

Figure 25. Bâtiments dits à deux absides : groupe 2.

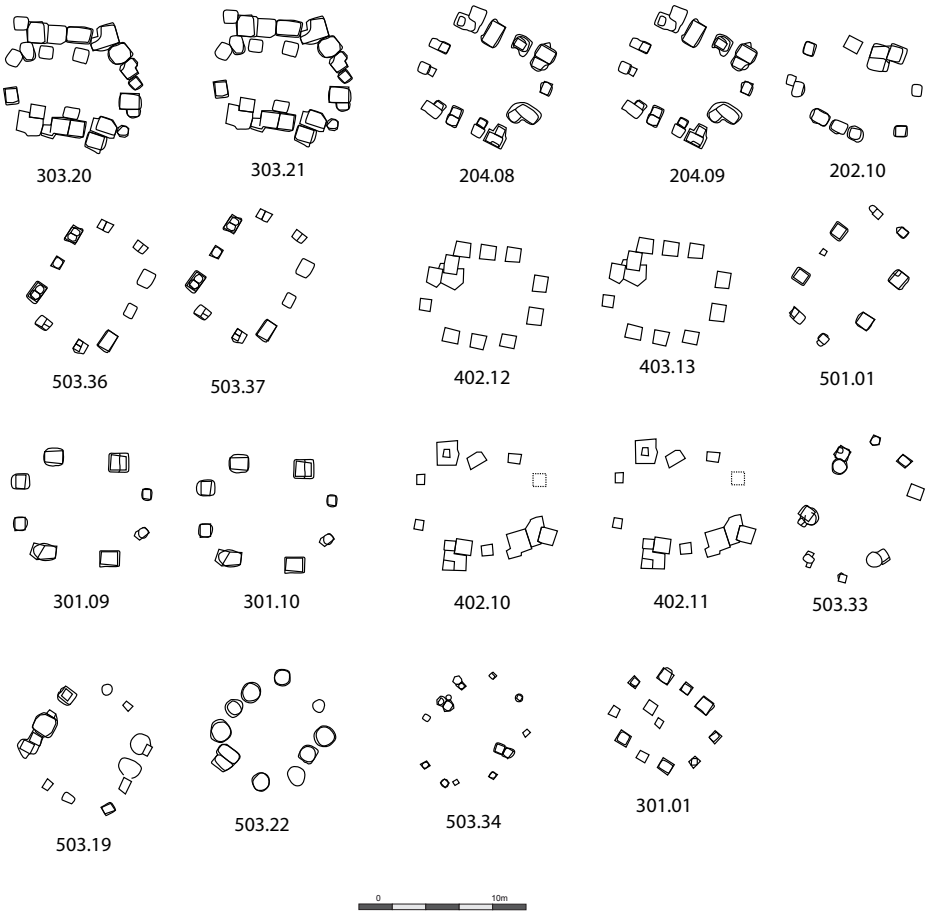


Figure 26. Bâtiments dits à deux absides : groupe 3.

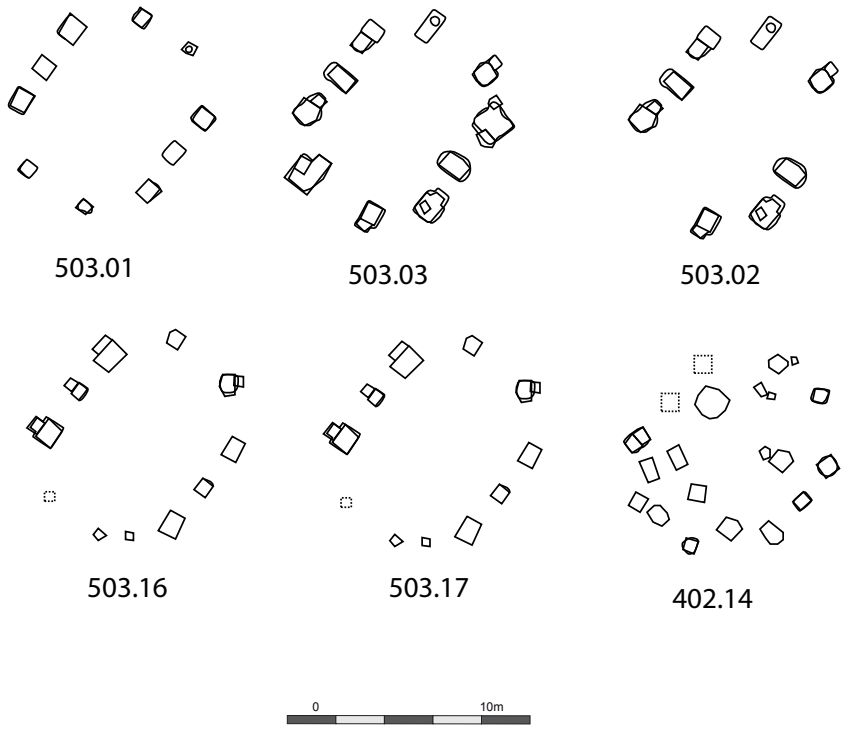


Figure 27. Bâtiments dits à deux absides : groupe 4.

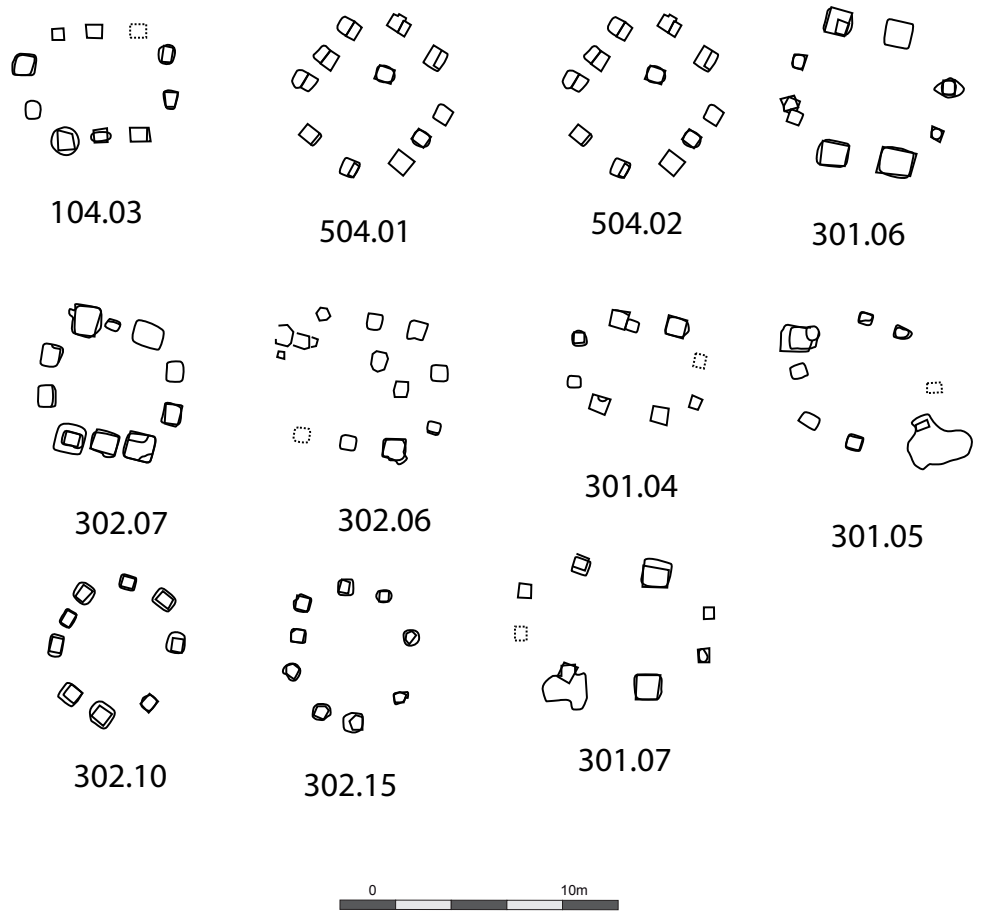


Figure 28. Bâtiments dits à deux absides : groupe 5.

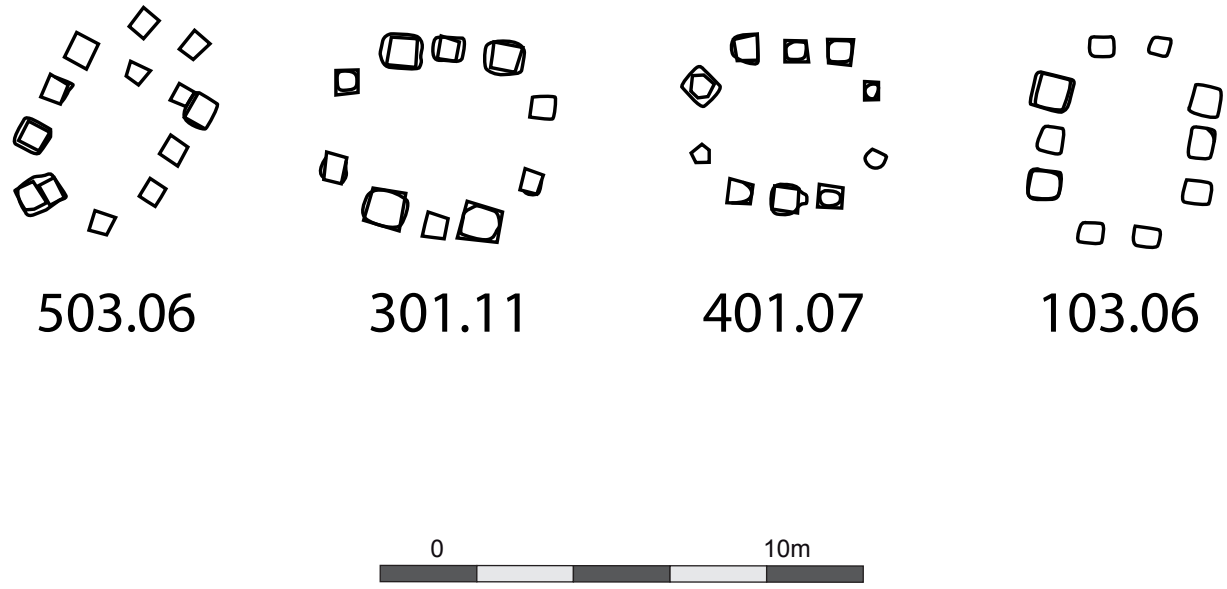


Figure 29. Bâtiments dits à deux absides : groupe 6.

mesuré l'espace entre les poteaux périphériques qui est de 1,45 m soit la moitié de la valeur comprise dans l'espacement des poteaux porteurs des bâtiments sur six poteaux et de la plupart des systèmes d'entrée. Cette dernière (2,9 m), se retrouve deux fois dans la largeur et deux fois et demie dans la longueur des structures porteuses de ces édifices, trois fois et quart dans la longueur totale des bâtiments à l'exception du bâtiment 302.16 ou on retrouve ces 2,9 m trois fois et quart dans la largeur et trois fois et trois quarts dans sa longueur. Nous pouvons à ce titre proposer l'utilisation d'un module de 2,9 m dans la planification des bâtiments de ce groupe avec un plus petit dénominateur commun d'une valeur de 0,29 m.

Le second groupe comprend huit bâtiments, dont six sur six poteaux porteurs et deux sur quatre poteaux porteurs (Figure 25). Ils mesurent 9,1 m de long et entre 6,1 et 6,5 m de large. Les entrées mesurent 2,3 m de large à l'exception de l'entrée du bâtiment 502.02 qui mesure 1,75 m. En retrouve également 2,3 m dans l'espacement entre les poteaux des bâtiments avec six poteaux porteurs. Pour les bâtiments 402.01 et 502.02 les distances varient : 5,6 m pour le premier, 4,8 m à l'ouest et 6 m à l'ouest pour le second. On retrouve ces 2,3 m quatre fois dans la longueur des édifices et deux fois et trois quarts dans leurs largeurs. Il peut encore une fois s'agir d'un module appliqué à ces bâtiments avec un plus petit dénominateur commun qui vaut 0,295 +/- 0,005 m.

Le groupe 3 est celui qui englobe le plus de bâtiment dans cette catégorie (Figure 26). Il s'agit de dix-neuf édifices, treize avec six poteaux porteurs, deux avec huit poteaux porteurs et quatre avec quatre poteaux porteurs. Ils mesurent 6,9 m de long et 5,8 m de large avec des entrées de 2,3 m dans chaque cas. L'espacement entre les poteaux porteurs est de 1,1 m pour les bâtiments sur huit poteaux, 1,5 m pour les bâtiments sur six poteaux et 4 m pour les bâtiments sur quatre poteaux. Il est encore possible d'exprimer ces distances par des multiples de 2,3 m. On retrouve cette dimension trois fois dans la longueur et deux fois et demie dans la largeur des édifices. Nous proposons donc ici les mêmes étalons que dans le cas précédent.

Le quatrième ensemble regroupe six bâtiments sur six poteaux porteurs (Figure 27). Ils mesurent 8 m de long et 6,4 m de large. Les poteaux d'entrée sont espacés de 2,3 m dans deux cas (503.01 et 402.14) et 3 m dans les autres cas. La distance séparant les poteaux porteurs varie entre 1,8 et 2,3 m. Ces dimensions concordent avec les solutions proposées pour les cas précédents.

L'ensemble numéro 5 rassemble onze édifices, dont sept sur six poteaux porteurs et quatre sur quatre poteaux porteurs (Figure 28). Ils mesurent 5,1 m de long et 3,9 m de large avec des entrées de 1,75 m. Les poteaux sont espacés de 1,15 à 1,3 m au sein des bâtiments sur six poteaux et de 1,5 à 2,9 m dans les édifices sur quatre poteaux porteurs. On retrouve encore une fois des distances du même ordre de grandeur permettant de proposer l'utilisation d'un module de 2,3 m. Ce module s'applique plus difficilement sur les bâtiments sur quatre poteaux dont les plans sont plus irréguliers que les exemples précédents et affecte ainsi la pertinence des mesures.

Le groupe 6 comporte quatre petits bâtiments sur six poteaux porteurs mesurant 4,2 m de long et 2,7 m de large avec des entrées mesurant 1,2 m (503.06 et 103.06) ou 1,8 m (301.11 et 401.07)

(Figure 29). L'espacement des poteaux porteurs est plus régulier avec une valeur de 0,9 m soit la moitié ou les deux tiers de la dimension des entrées (0,9 x 2 = 1,8 et 2/3 x 1,2 = 0,9). Dans ce cas le module employé aurait pu être 1,2 m. Cette mesure se répète deux fois et quart dans la largeur et trois fois et demie dans la longueur des bâtiments. Le seul plus petit dénominateur commun à ces mesures est 0,30 m.

Le groupe 6 est le seul ensemble de cette catégorie qui ne peut pas correspondre avec un module de 2,3 ou 2,9 m et un plus petit dénominateur commun de 0,295 +/- 0,005 m. Les autres groupes présentent des caractéristiques métrologiques et géométriques tout à fait similaires malgré les différences au niveau de leurs dimensions ou de leurs plans.

2.1.3.4. Les bâtiments sur six et huit poteaux

Trente-cinq bâtiments sont compris dans ce groupe : cinq sur huit poteaux et trente sur six poteaux. Nous avons regroupé les plans en sept groupes d'édifice aux dimensions similaires.

Le premier ensemble est composé de neuf bâtiments mesurant 4,7 m de long et entre 4,3 et 4,7 m de large (Figure 30). On retrouve deux mesures pour l'espacement des poteaux : 2,3 et 1,7 m. Ces mesures sont à rapprocher des données précédentes et permettent de proposer les mêmes hypothèses.

Le second groupe comporte huit bâtiments qui mesurent 5 m de long et 3,5 m de large à l'exception du bâtiment 301.02 qui mesure 3 m de large (Figure 31). L'espacement entre les poteaux est très variable dans ce groupe et dans la majorité des cas au sein des bâtiments eux-mêmes. Les valeurs mesurées sont les suivantes : 1,4 m, 1,5 m, 2 m, 2,3 m, 2,5 m et 2,8 m. La variabilité des mesures au niveau de plans et de l'ensemble de la catégorie de bâtiment ne nous permet pas d'émettre des hypothèses pertinentes.

Le troisième groupe rassemble cinq bâtiments de 6,6 m de long et 4,6 m de long (Figure 32). L'espacement entre les poteaux est de 2,3 m à l'exception du bâtiment 205.10 ou les espacements sont de 1,15 m. Ces valeurs sont identiques aux modules et plus petits dénominateurs communs identifiés dans les catégories précédentes.

Le groupe 4 est constitué de cinq bâtiments mesurant 3,8 m de long et 3,5 m de large à l'exception du bâtiment 302.05 qui mesure 2,6 m de large (Figure 33). L'espacement entre les poteaux varie au sein des bâtiments entre 1,3 et 2,3 m. Dans le cas du bâtiment 302.05 les poteaux sont jointifs. Les mesures sont trop variables pour pouvoir déterminer un module ou un étalon précis.

Seuls deux bâtiments constituent le groupe 5 (Figure 34). Ils mesurent 2,1 m de large et 3,9 m de long. Dans le cas du bâtiment 303.17, on retrouve deux valeurs d'espacement entre les poteaux : 2,1 m et 1,8 m. Pour le bâtiment 502.09, cette dimension est de 0,9 m. Ces dimensions sont en accord avec l'hypothèse de l'utilisation d'un étalon de 0,30 m. Un module de 2,3 m serait trop

grand dans ces cas. Trop peu de mesures ont pu être prises pour pouvoir être plus précises quant à l'utilisation de ces modules.

Le groupe 6 est constitué de deux bâtiments de 5,5 m de long et 2,5 m de large (Figure 35). L'espacement entre les poteaux du bâtiment est de 1,25 m pour le bâtiment 503.04 et de 2,5 et 3 m pour le bâtiment 305.34. La variabilité des mesures nous empêche de proposer des hypothèses pertinentes.

La dernière catégorie de proportion n'est représentée que par un seul exemplaire : le bâtiment 204.04 Figure 36). Ce dernier est de grande dimension. Il mesure 7 m de long et 5,7 m de large avec des poteaux espacés de 2,8 m. Le peu de mesures ayant pu être prises ne nous permet pas d'identifier un module ou un étalon de mesure dans ce cas.

2.1.3.5. Les bâtiments sur quatre poteaux

Il s'agit de la catégorie de bâtiment la plus représentée avec deux cents bâtiments. La simplicité de leur plan empêche la multiplication des mesures et donc des considérations métrologiques et géométriques approfondies, mais nous pouvons tout de même constater des récurrences dans les dimensions et proportions des édifices. Ainsi quinze groupes de bâtiments aux dimensions similaires ont pu être définis.

Le premier groupe comporte dix bâtiments mesurant 4 m de large et 5,5 m de long (Figure 37). Dans quatre exemples (205.11, 202.17, 305.03 et 203.03), on observe la présence d'un cinquième poteau ayant pu intervenir en renfort. Celui-ci n'est pas implanté aux mêmes emplacements des bâtiments concernés et on ne retrouve aucune mesure récurrente le concernant.

Le second groupe rassemble huit édifices de 6,2 m de long et 3,5 m de large (Figure 38). Quatre bâtiments possèdent un cinquième poteau (205.08, 205.14, 103.13 et 304.16). L'emplacement de ce poteau supplémentaire varie en fonction des constructions.

Le groupe 3 est constitué de quatre bâtiments de 6 m de long et 5 m de large (Figure 39).

Le quatrième groupe comprend trois bâtiments de 6,5 m de long et 5,5 m de large (Figure 40).

Un seul bâtiment constitue le groupe 5 (Figure 41). Il présente un plan trapézoïdal de 5,5 m de côté au nord et à l'ouest, et 6,5 m à l'est et au sud. Il se rapproche des bâtiments du groupe 4, mais son plan trapézoïdal l'en exclut. Il pourrait s'agir d'un bâtiment ayant dû avoir les mêmes proportions que ceux du groupe 3, mais qui a subi quelques approximations ou erreurs lors de la construction, conduisant à un plan plus irrégulier.

Le sixième groupe comporte également un bâtiment qui se distingue par ses dimensions (Figure 42). Il s'agit du plus grand bâtiment de cette catégorie. Il mesure 8,4 m de long et 4,8 m de large.

Le groupe 7 comporte vingt-sept édifices (Figure 43). Ces derniers mesurent 4,3 m de large et

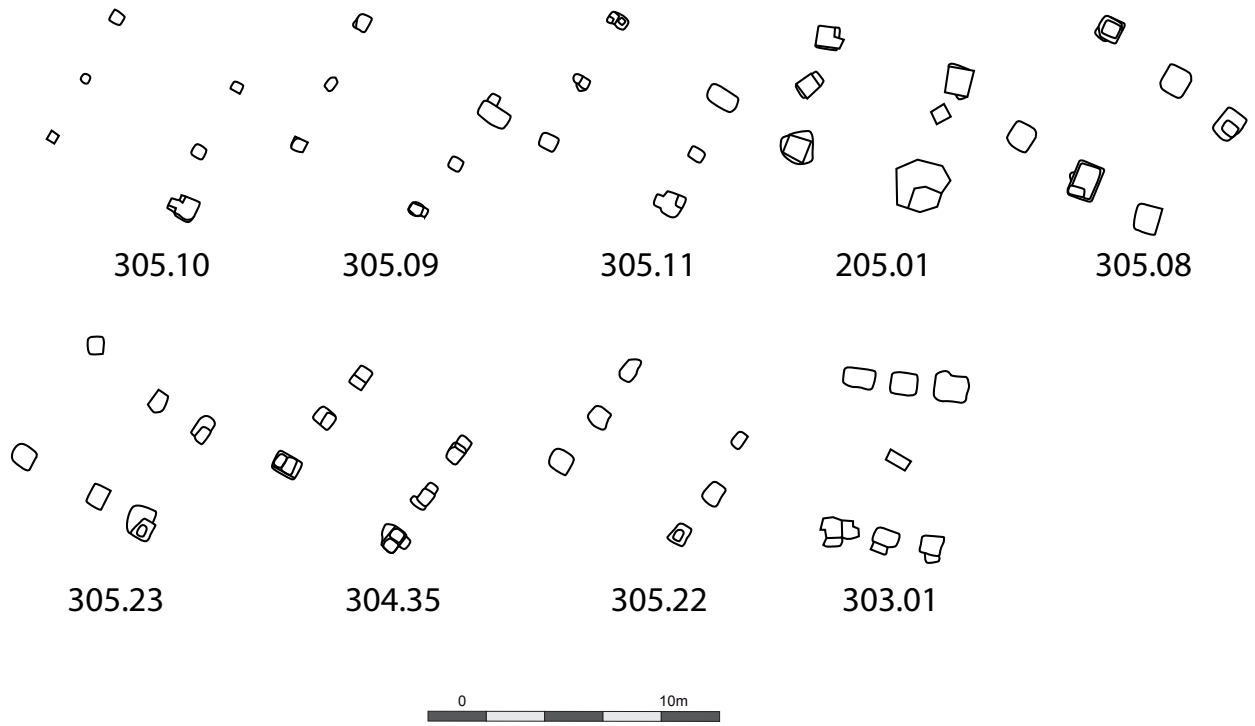


Figure 30. Bâtiments sur six et huit poteaux : groupe 1.

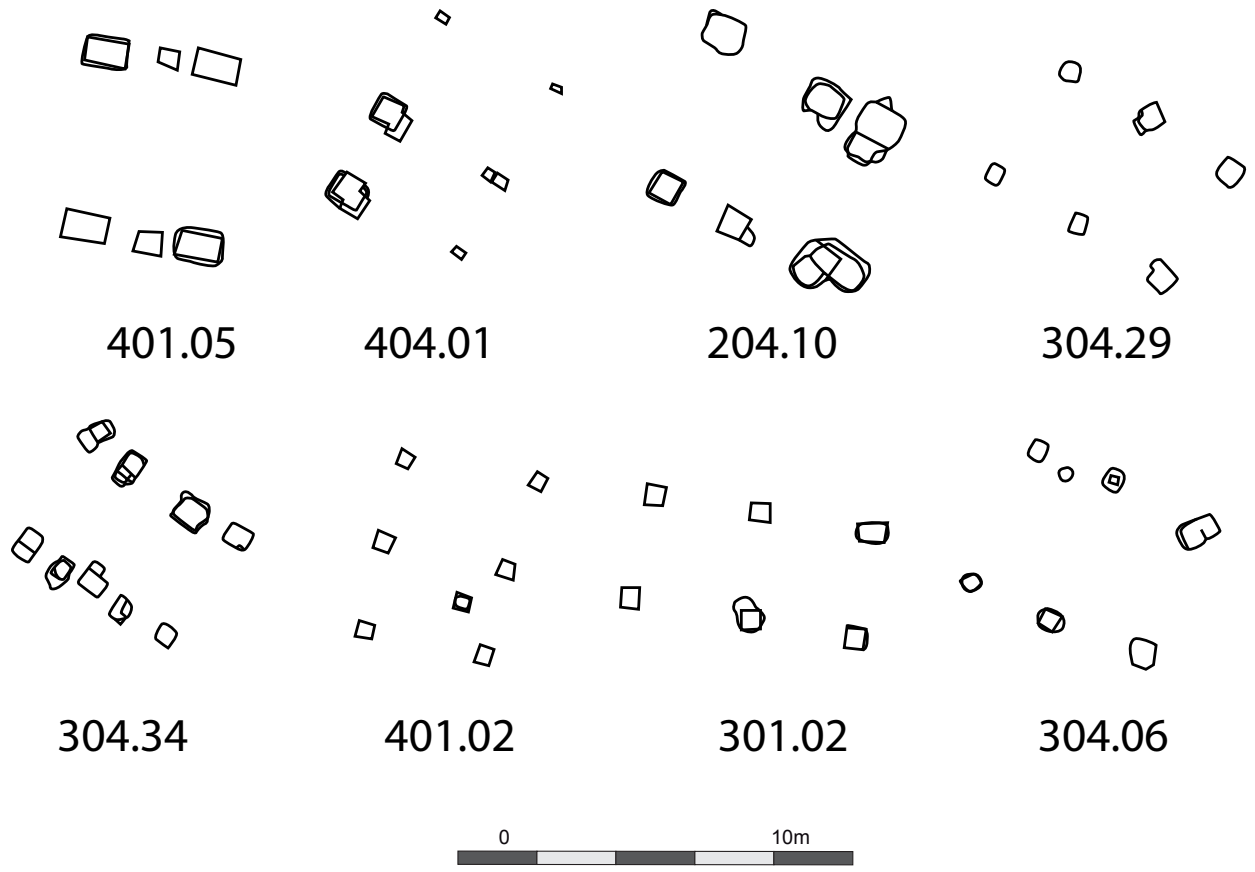


Figure 31. Bâtiments sur six et huit poteaux : groupe 2.

Figure 32. Bâtiments sur six et huit poteaux : groupe 3.

Figure 33. Bâtiments sur six et huit poteaux : groupe 4.

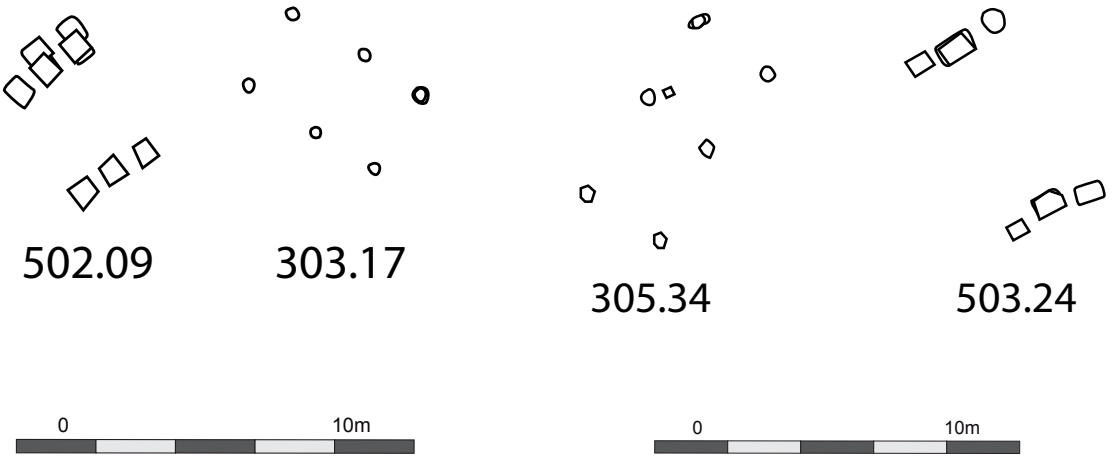


Figure 34. Bâtiments sur six et huit poteaux : groupe 5.

Figure 35. Bâtiments sur six et huit poteaux : groupe 6.

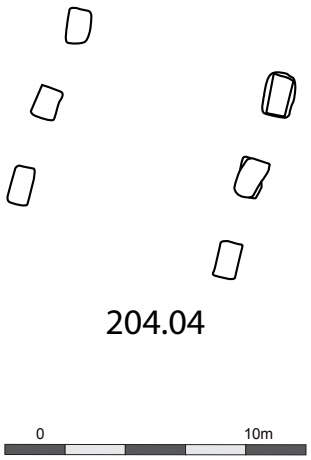


Figure 36. Bâtiments sur six et huit poteaux : groupe 7.

4,6 m de long.

L'ensemble 8 est constitué de quatorze constructions qui mesurent 3 m de large et entre 5,8 et 6 m de long (Figure 44). Dans ce cas on retrouve un rapport largeur/longueur de 1/2.

Le groupe 9 est l'ensemble qui rassemble le plus d'exemplaires (Figure 45). Il comporte 39 bâtiments aux plans et proportions similaires. Ces édifices mesurent 3,7 m de côté et 4 m de long.

L'ensemble dix compte trente et un bâtiments et constitue le second ensemble le plus représenté après le groupe 9 (Figure 46). Les édifices mesurent ici 4 m de long et 2,6 m de large.

Un seul bâtiment entre dans le groupe 11 (Figure 47). Il présente un plan carré de 3 m de côté.

Le groupe 12 comporte 25 bâtiments mesurant 3 m de long et entre 2,1 et 2,5 m de large (Figure 48).

Le groupe 13 englobe 17 bâtiments de 2,3 m de large et 3,5 m de long (Figure 49). Ces constructions sont très proches de celle du groupe 12 et se différencient principalement par un plan rectangulaire plus appuyé que les plans des bâtiments du groupe 12.

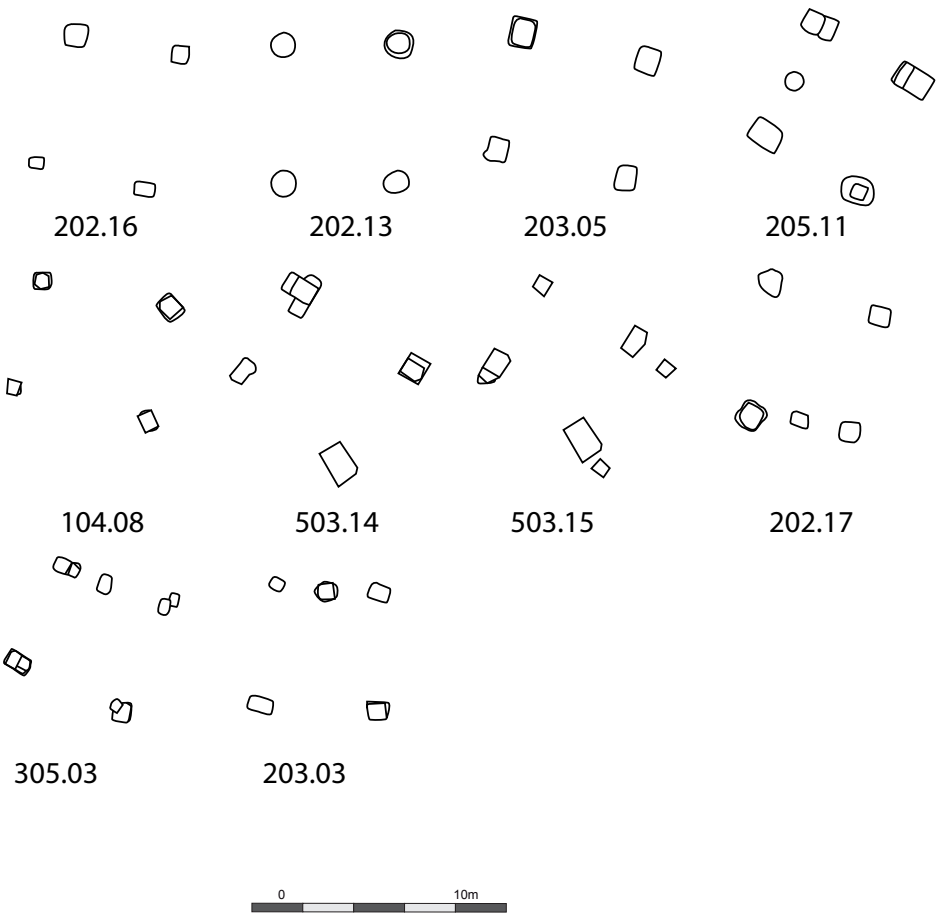


Figure 37. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 1.

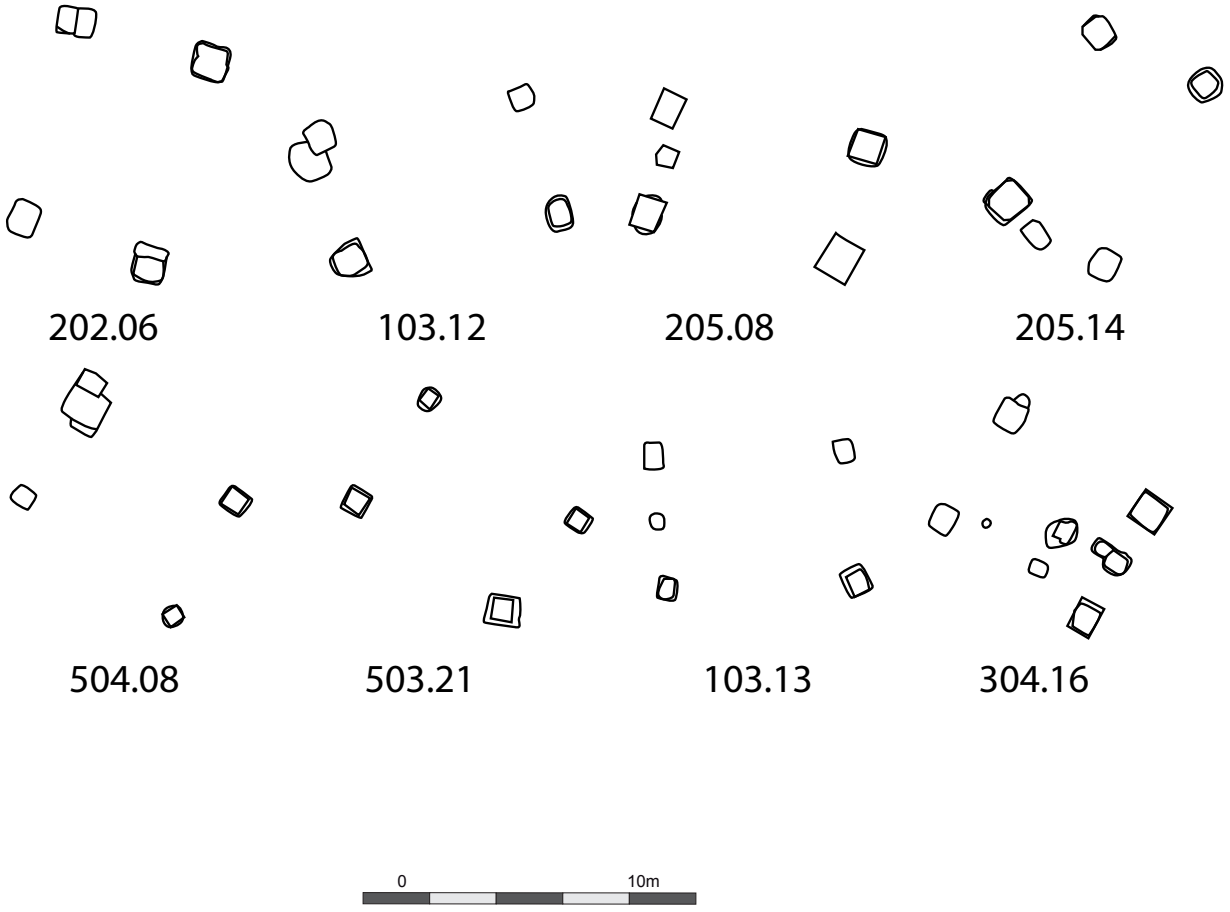


Figure 38. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 2.

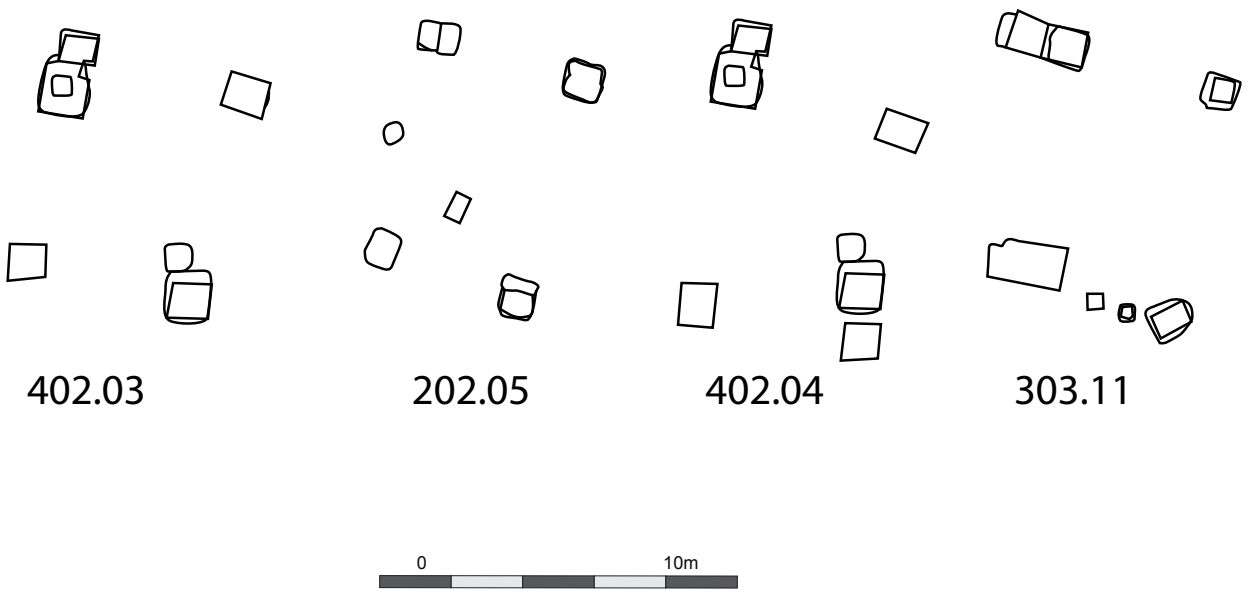


Figure 39. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 3.

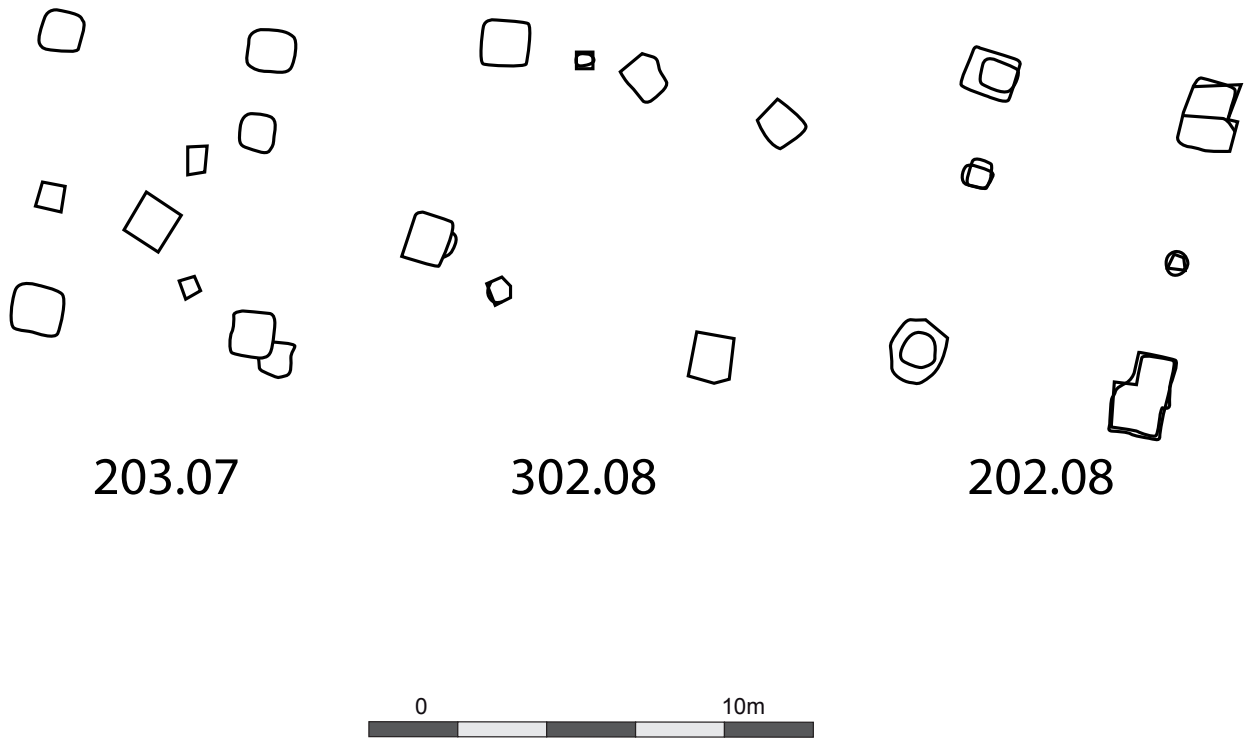


Figure 40. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 4.

Le quatorzième groupe comprend treize bâtiments qui mesurent 2,3 m de long et entre 1,8 et 2 m de large (Figure 50).

Le groupe 15 englobe six bâtiments (Figure 51). Il s'agit des plus petits édifices de cette catégorie. Ils mesurent 1,6 m de côtés.

Malgré l'impossibilité de détermination d'un module ou d'un étalon, on constate de nombreuses mesures cohérentes permettant de définir des ensembles homogènes regroupant parfois plus de 30 bâtiments. Il est aussi possible de voir deux formes principales de plans déclinées à plusieurs échelles : des plans se rapprochant du carré (groupes 1, 3, 5, 7, 9, 11, 12 et 15 soit 113 bâtiments) et des plans clairement rectangulaires (groupes 2, 4, 6, 8, 10, 13 et 14 soit 87 bâtiments).

2.1.4. Conclusion

Au terme de cette étude, il convient de mettre en avant plusieurs points. Le site d'Acy-Romance a livré des plans de bâtiments présentant à la fois des formes, des dimensions et des proportions tout à fait semblables. Sur les 333 bâtiments du site, au moins 87 sont des édifices à paroi déportée. Le site d'Acy-Romance se distingue néanmoins des autres sites du corpus par un faciès métrologique uniforme dans tous les cas où un plus petit dénominateur commun ou un module a pu être identifié. Sur les quarante groupes de proportions créés, dix peuvent être établis à partir d'un module de 2,3 m, cinq à partir d'un module compris entre 1,2 et 1,7 m, un à partir d'un module de 0,9 m, un à partir d'un module de 2,7 m et un à partir d'un module de 2,9 m. Pour tous ces groupes, le plus petit

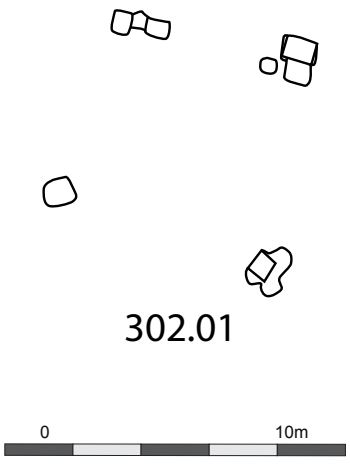


Figure 41. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 5.

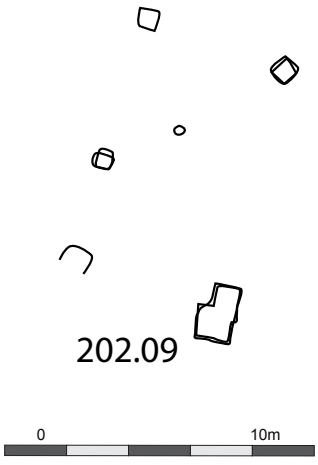


Figure 42. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 6.

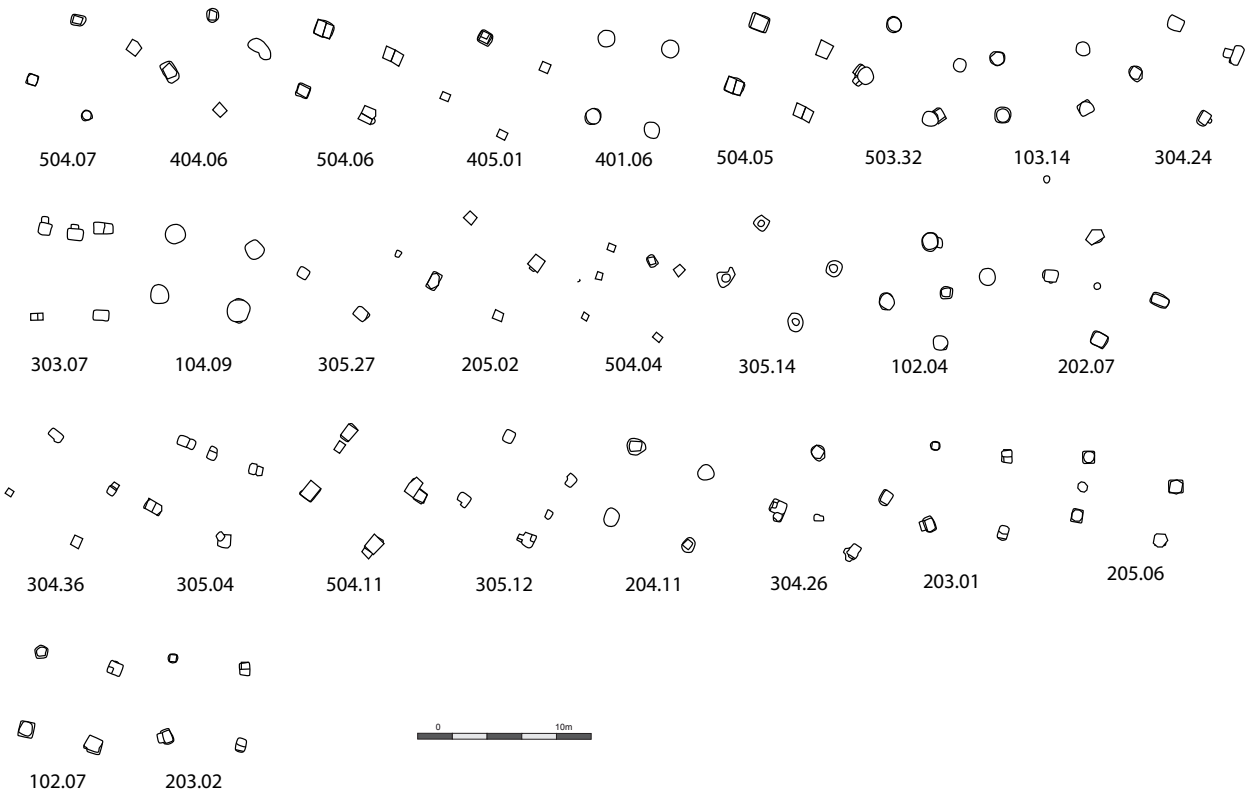


Figure 43. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 7.

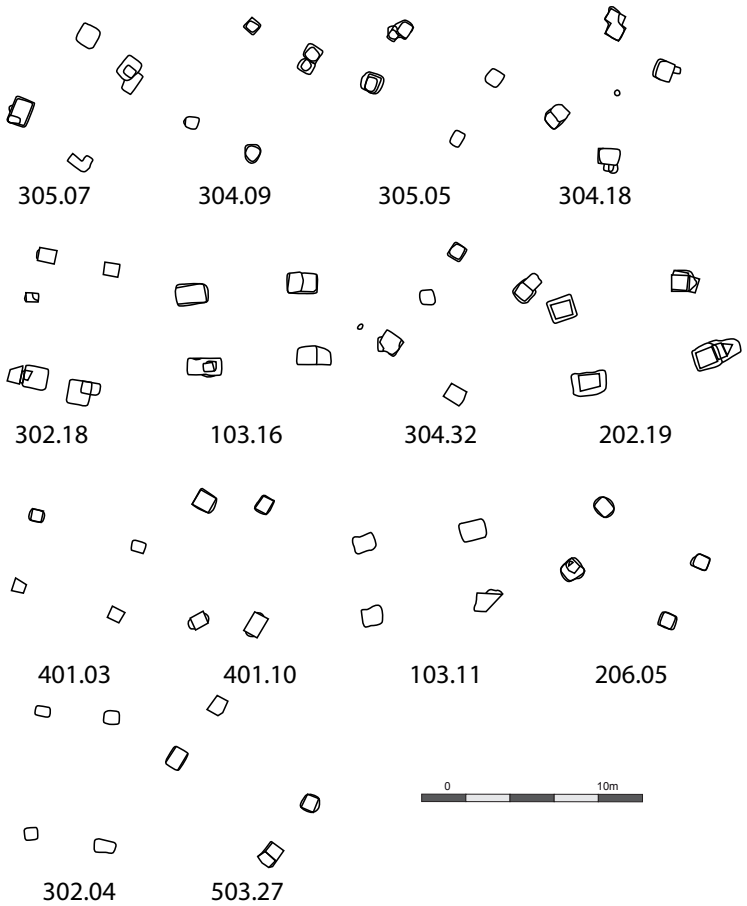


Figure 44. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 8.

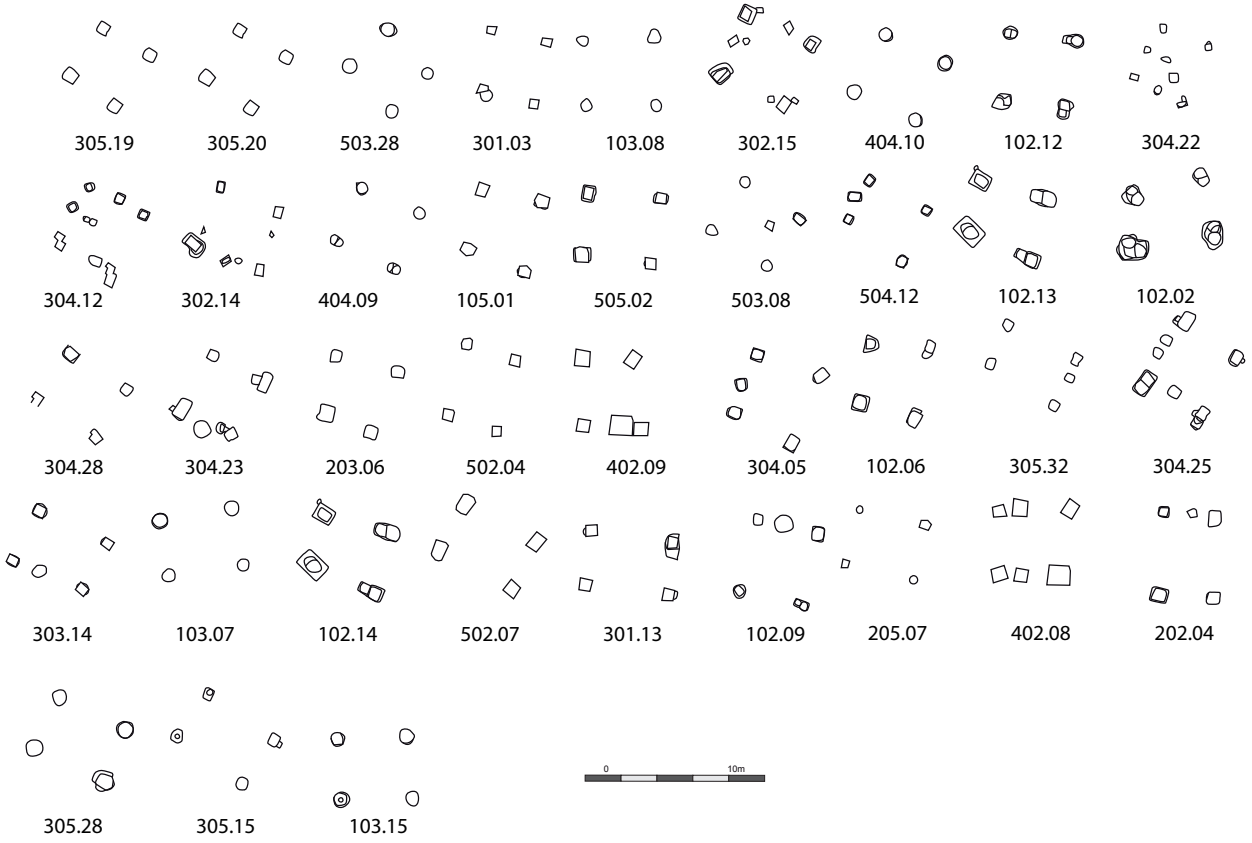


Figure 45. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 9.

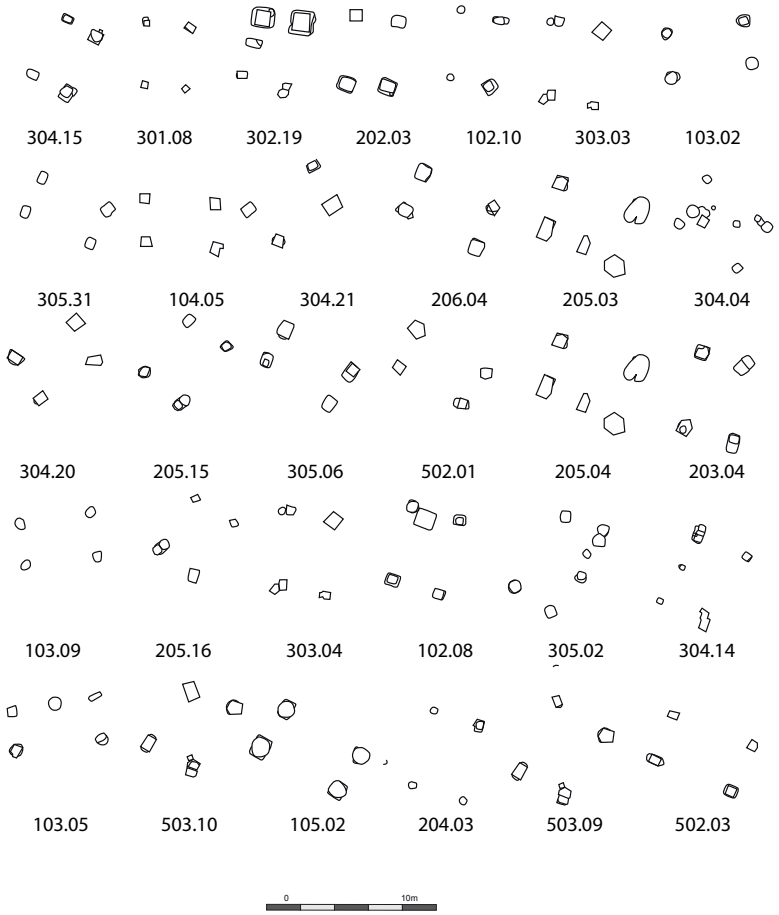


Figure 46. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 10.

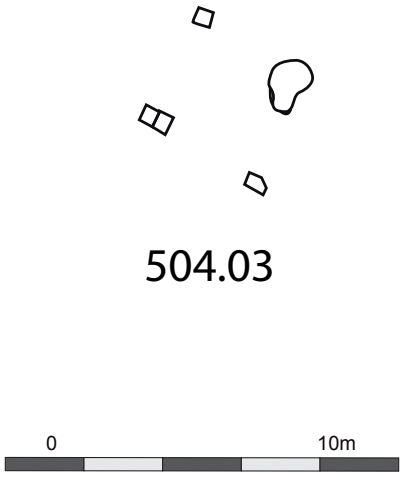


Figure 47. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 11.

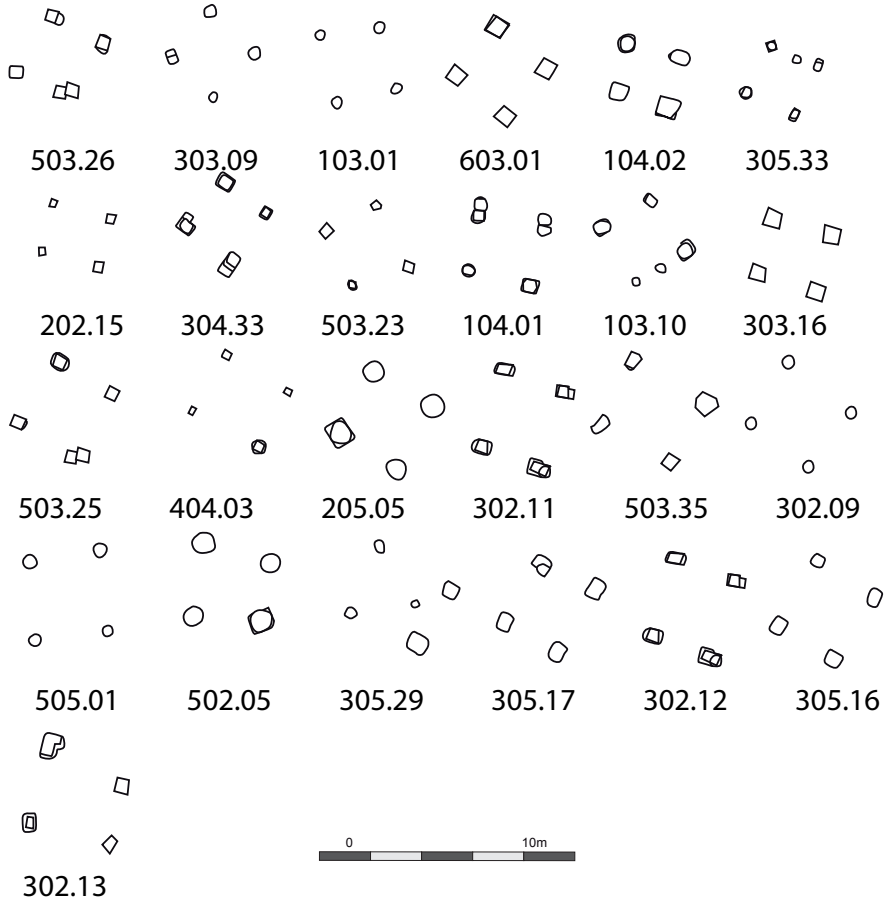


Figure 48. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 12.

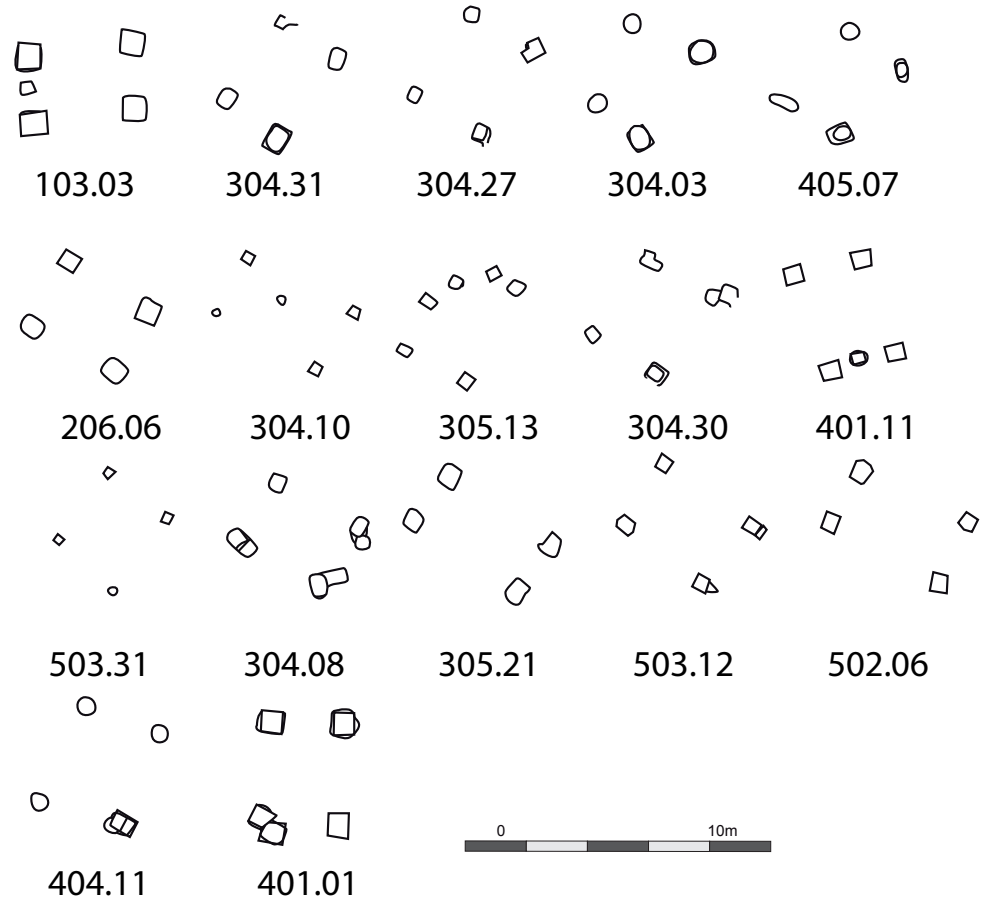


Figure 49. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 13.

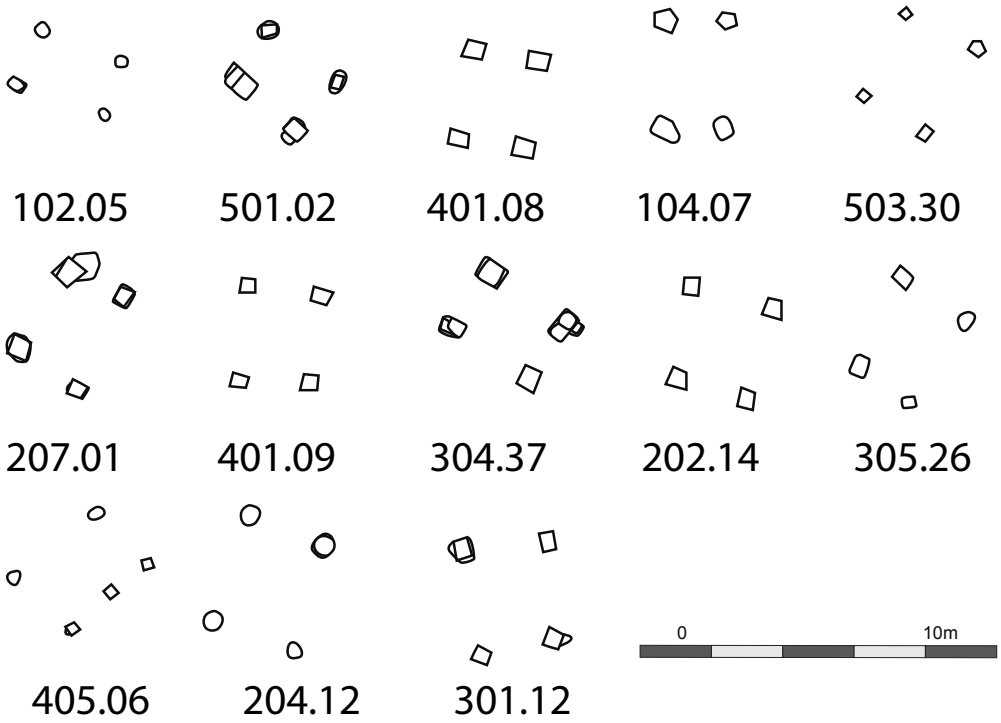


Figure 50. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 14.

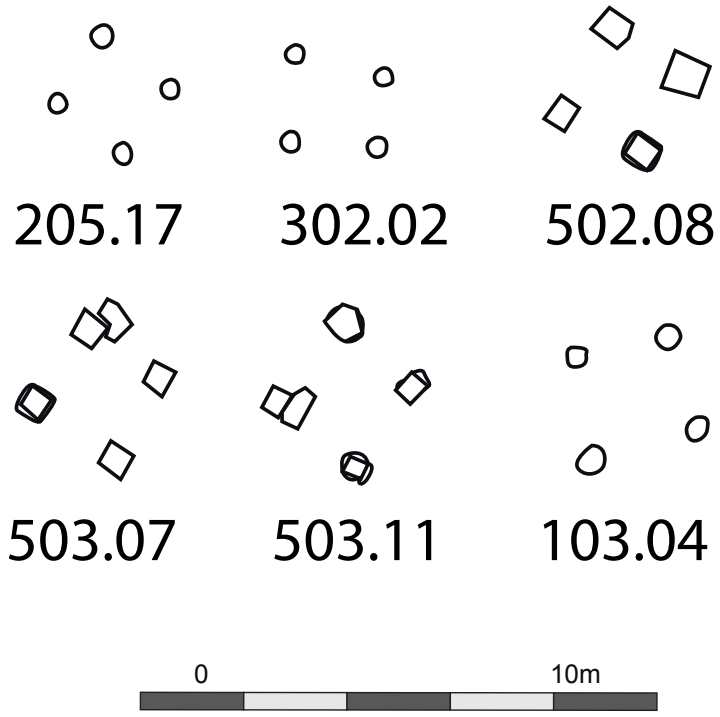


Figure 51. Bâtiments sur quatre poteaux : groupe 15.

dénominateur commun est 0,295 +/- 0,005 m. Les vingt-et-un groupes restants n'ont pas permis l'identification d'un module ou d'un plus petit dénominateur commun. Ceci est notamment dû à l'impossibilité de multiplier les mesures entre les éléments constitutifs des édifices (en particulier les bâtiments sur quatre poteaux) (Figure 52). Bon nombre de ces bâtiments correspondent à des phases différentes au vu de leurs recoupements. Ces unités de mesure ont donc persisté durant les différentes phases de réaménagements qu'a connu le site. L'organisation générale n'est pas en reste, en effet, celle-ci se fonde sur le tumulus qui a pu servir de point de référence dans le tracé du village et dont le diamètre (12 m) a pu être utilisé comme module. Ce diamètre est d'ailleurs en accord avec le module de 2,4 m et l'étalon de 0,30 m identifié lors de l'étude des bâtiments (2,4 x 5 = 12). La répétition de proportion est en accord avec l'hypothèse de Hervé Bocquillon concernant les principes de planification des bâtiments grâce à leurs rapports largeur/longueur et à des principes dérivés du Théorème de Pythagore.

Il faut cependant nuancer ce résultat au vu de la qualité de la donnée à disposition. Nous ne sommes pas en mesure de déterminer le degré de restitution des plans des édifices. Lorsque les plans sont restitués, les bâtiments présentent une belle régularité s'appliquant à l'ensemble des plans du site. À l'heure actuelle, le fait que le site d'Acy-Romance est le seul à comporter des plans au faciès métrologique aussi restreint laisse planer le doute.

Type	Groupe de proportion	Nombre de Bâtiment	Proportion l/L (m)	Module/Plus petit dénominateur commun identifié (m)
Bâtiments sur tranchées de fondation	Groupe 1	3	8,1/9,5	1,6/0,27 ; 0,30 ; 0,32
	Groupe 2	1	4,5/7,5	1,5/0,25 ; 0,30
	Groupe 3	2	5,4/5,4	2,7/0,27 ; 0,30
	Groupe 4	3	3,6/4,5	0,9/0,30
	Groupe 5	1	4,8/5,6	1,6/0,30 ; 0,32
	Groupe 6	1	4/6	1,5/0,25 ; 0,30
Bâtiment à une abside	Groupe 1	10	5,8/7,3	2,3/0,295 +/- 0,005
	Groupe 2	7	3,7/3,7	2,3/0,295 +/- 0,005
	Groupe 3	7	4,8/5,2	2,3/0,295 +/- 0,005
	Groupe 4	3	4,4/4,7	Indéterminé
	Groupe 5	1	8,1/8,5	Indéterminé
	Groupe 6	1	6,3/9,2	2,3/0,295 +/- 0,005
Bâtiment à deux absides	Groupe 1	9	5,7/7	2,9/0,29
	Groupe 2	8	6,3/9,1	2,3/0,295 +/- 0,005
	Groupe 3	19	5,8/6,9	2,3/0,295 +/- 0,005
	Groupe 4	6	6,4/8	2,3/0,295 +/- 0,005
	Groupe 5	11	3,9/5,1	2,3/0,295 +/- 0,005
	Groupe 6	4	2,7/4,2	1,2/0,30
Bâtiment sur six et huit poteaux	Groupe 1	9	4,5/4,7	2,3/0,295 +/- 0,005
	Groupe 2	8	3,5/5	Indéterminé
	Groupe 3	5	4,6/6,6	2,3/0,295 +/- 0,005
	Groupe 4	5	3,5/3,8	Indéterminé
	Groupe 5	2	2,1/3,9	Indéterminé
	Groupe 6	2	2,5/5,5	Indéterminé
	Groupe 7	1	5,7/7	Indéterminé
Bâtiment sur quatre poteaux	Groupe 1	10	4/5,5	Indéterminé
	Groupe 2	8	3,5/6,2	Indéterminé
	Groupe 3	4	5/6	Indéterminé
	Groupe 4	3	5,5/6,5	Indéterminé
	Groupe 5	1	5,5/6,5	Indéterminé
	Groupe 6	1	4,8/8,4	Indéterminé
	Groupe 7	27	4,3/4,6	Indéterminé
	Groupe 8	14	3/5,9	Indéterminé
	Groupe 9	39	3,7/4	Indéterminé
	Groupe 10	31	2,6/4	Indéterminé
	Groupe 11	1	3/3	Indéterminé
	Groupe 12	25	2,3/3	Indéterminé
	Groupe 13	17	2,3/3,5	Indéterminé
	Groupe 14	13	1,9/2,3	Indéterminé
	Groupe 15	6	1,6/1,6	Indéterminé

Figure 52. Tableau récapitulatifs des proportions et des plus petits dénominateurs communs identifiés à Acy-Romance

2.2. Batilly-en-Gâtinais

2.2.1. Introduction

Le site des Pierrières à Batilly-en-Gâtinais et Boynes (Loiret) est un habitat rural aristocratique daté des II^e^ et I^er^ siècles avant notre ère. Il a fait l'objet d'une fouille préventive dirigé par Sophie Liégard (INRAP) entre 2005 et 2007 préalablement à la construction de l'autoroute A19 puis de plusieurs campagnes de fouilles programmées dirigées par Stephan Fichtl en 2008 et depuis 2011. Malheureusement nous n'avons pas eu accès au rapport final d'opération des fouilles préventives à ce jour. Nous ne disposons donc pas de la totalité de la documentation concernant l'architecture des bâtiments du site. Une étude préliminaire avait été réalisée par Gaëlle Robert (ROBERT Inédit). Elle met en avant la grande régularité des plans des édifices et dans leur disposition au sein de l'établissement. Bon nombre d'entre eux ont pu être planifiés à partir de modules compris entre 2,8 et 3 m suivant des principes géométriques récurrents, dont le Théorème de Pythagore. Une partie des bâtiments de la fouille de l'INRAP a été publiée (LIEGARD et FICHTL 2015 : 189, ROBERT 2009 : 25). Nous les intégrons ici à l'étude en rappelant les conclusions de Gaëlle Robert. Nous ne sommes toutefois pas en mesure de connaître l'emplacement de ces édifices sur le site.

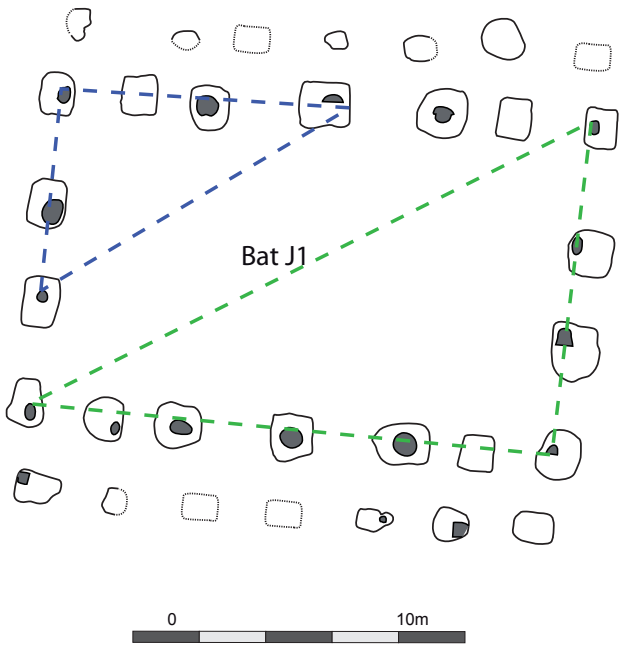


Figure 53. Plan du bâtiment J1 et principes de planification (3-4-5 en bleu, 4-7-8 en vert).

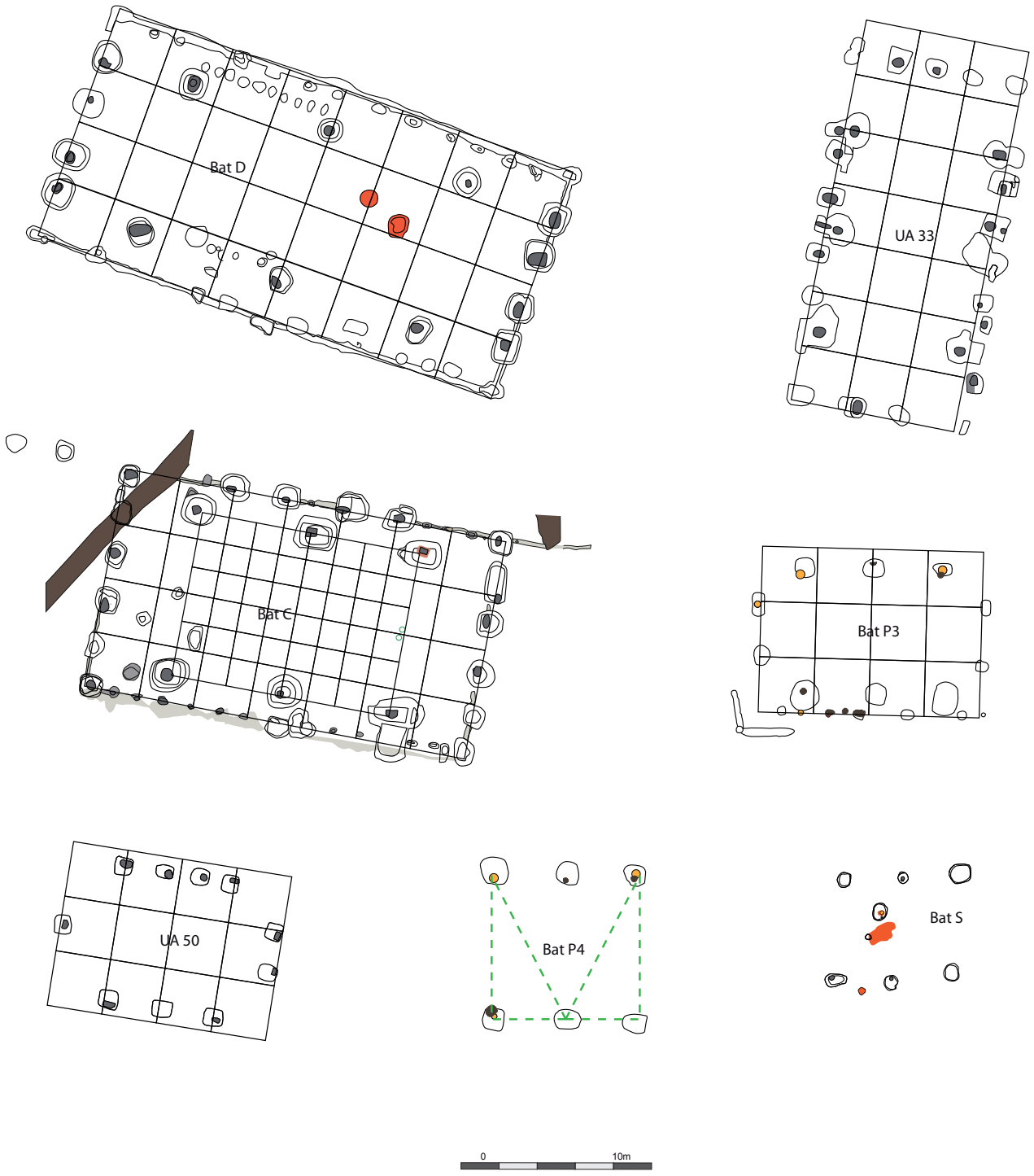


Figure 54. Plan des bâtiments sur six poteaux porteurs et principes de planification respectifs.

2.2.2. Les bâtiments

Trente-huit bâtiments sont concernés dans cette étude (vingt-cinq issus des campagnes programmées et neuf des fouilles préventives). Nous les avons répartis par type de plan et par nombre de poteaux impliqués dans la structure porteuse.

2.2.2.1. Les bâtiments à parois déportées et plus de six poteaux porteurs

Seul le bâtiment J1, fouillé lors de la campagne de 2008 peut être affilié à ce groupe. Il s'agit d'un grand bâtiment de 16 m de long et 13,5 m de large. Il s'agit d'un bâtiment comprenant deux lignes de cinq poteaux porteurs internes. Stephan Fichtl avait d'ores et déjà proposé une approche métrologique et géométrique pour ce bâtiment (FICHTL et al. 2008 : 74-79). L'espacement entre les poteaux est particulièrement régulier. D'est en ouest, les travées mesurent 2,2 m, 2,2 m, 3,3 m 3,3 m 2,2 m et 2,2 m. Les deux travées centrales mesurent à elles deux 6,6 m de large soit trois fois la valeur des autres travées. À ces mesures il convient d'ajouter que les lignes de poteaux de parois se situent à 2,2 m des poteaux internes et que l'on retrouve la valeur de 3,3 m sur les pignons entre les deux poteaux au centre des façades (dont l'entraxe est de 2,5 m) et les poteaux prolongeant la structure porteuse. Stephan Fichtl utilise ici le principe du 3-4-5 pour planifier les angles droits du bâtiment. On constate que la valeur 2,2 se retrouve sept fois dans la longueur du bâtiment et quatre fois dans la largeur sans prendre en compte les poteaux de parois (six fois en les prenant en compte). Le principe utilisé a donc également pu être le 4-7-8, un triplet pythagoricien approximatif, mais également mis en évidence sur d'autres sites (Figure 53). Un seul plus petit dénominateur commun correspond à ces mesures : 0,275 m. Le module de 2,2 m mesure ainsi 8 pieds, les poteaux au centre des pignons sont espacés de 9 pieds, le bâtiment mesure 56 pieds de long et 50 de large.

2.2.2.2. Les bâtiments sur six poteaux porteurs

Sept bâtiments font partie de cet ensemble. Parmi ces bâtiments, quatre ont livré des poteaux et/ou des tranchées de fondation permettant de déterminer l'emplacement des parois et donc l'emprise totale des édifices (Figure 54).

Les bâtiments avec indices de parois

Le bâtiment D mesure 25 m de long et 12,4 m de large. Ce bâtiment a déjà fait l'objet d'une analyse (FICHTL et al. 2012 : 121-132) dont nous proposons ici une mise à jour. Il a la particularité d'avoir des parois courbes portant ainsi la largeur du bâtiment à 13,6 m en son milieu. Cette courbure implique une compensation au niveau de la toiture afin d'éviter des zones d'affaissement de la charpente mettant à mal son intégrité et sa capacité à résister aux aléas climatiques. Il faut donc restituer une charpente avec une faitière légèrement courbe à l'instar des charpentes des halles fouillées en Scandinavie. Ce bâtiment a déjà fait l'objet d'une analyse (FICHTL et al. 2012 :

121-132) dont nous proposons ici une mise à jour.

Nous pouvons d'ores et déjà constater que le bâtiment D possède un rapport largeur/longueur de 1/2. Ce même rapport s'applique également à la structure porteuse qui, bien que légèrement courbée à l'image des parois, mesure 8,5 m sur 17 m. Les ouvertures mesurent 3,1 m de large. Cette dimension se retrouve quatre fois dans la largeur de l'édifice et huit fois dans sa longueur. La largeur maximale de l'édifice correspond à quatre fois et demie cette valeur. Au niveau de la structure porteuse, cette dimension se répète deux fois et demie dans la largeur et cinq fois dans la longueur. Un module de 3,1 m peut donc avoir été utilisé dans le but de planifier ce bâtiment. Le plus petit dénominateur commun correspondant à ces dimensions est 0,31 m.

Si le rapport largeur/longueur renvoie à la possibilité de l'utilisation du 3-4-5 ou d'un triangle aux proportions 1/2/√5, la régularité de la courbure des parois nous pousse à chercher une autre possibilité. En effet cette caractéristique architecturale a été voulue et vraisemblablement planifiée. Nous proposons ici une possibilité de planification à partir d'éléments simples (règle et compas) et pouvant être mis en application avec une corde à nœuds (Figure 55).

La première étape consiste en la mise en place de la structure porteuse. Pour ce faire on trace un rectangle de 5 modules de long et 2,5 de large en utilisant soit le 3-4-5 soit les proportions 1/2/√5 (étape 1). On trace ensuite des cercles de 5 et 2,5 modules de diamètre à partir des points définis dans l'étape précédente. Le croisement entre un cercle de grand module et un cercle de petit module marque la position des premiers poteaux de façades (étape 2). En traçant les droites passant par les poteaux internes et les poteaux de façades opposés, on obtient l'emplacement des poteaux d'angles au croisement entre ces droites et les lignes de façades (étape 3). En traçant les droites parallèles à la droite fondatrice et passant par les points de croisement des droites de l'étape 3 on obtient l'emplacement des derniers poteaux de façade (étape 4). On trace ensuite deux cercles d'un diamètre tel qu'un carré de 2,5 modules y est inscrit à partir des sommets des triangles isocèles obtenus suite aux opérations précédentes. Le croisement entre ces deux cercles indique l'emplacement théorique des deux poteaux porteurs manquant et conditionnant la courbure des parois de l'édifice (étape 5). Le tracé de la paroi peut alors être déterminé en suivant la limite extérieure de ces cercles (étape 6) et les poteaux de parois peuvent être ensuite implantés. Aucun rapport géométrique n'a pu être déterminé dans cette dernière étape.

Il s'agit d'un principe de planification théorique qui a pu servir dans l'implantation du bâtiment au vu des rapports métrologiques et géométriques que ce dernier possède. Il faut toutefois garder à l'esprit qu'entre la conception et la réalisation de l'édifice des changements ont pu être opérés, créant ainsi des décalages avec le plan initial.

Le bâtiment C a déjà fait l'objet d'une étude (FICHTL et al. 2013 : 135-145) mesure 20,3 m de long et 11,6 m de large. Sa structure porteuse mesure 11,6 m de long et 8,7 m de large. Ce bâtiment présente quatre entrées, deux au nord, une à l'ouest et une à l'est. Ces quatre ouvertures mesurent 2,9 m de large. Cette mesure se répète trois fois dans la largeur de la structure porteuse,

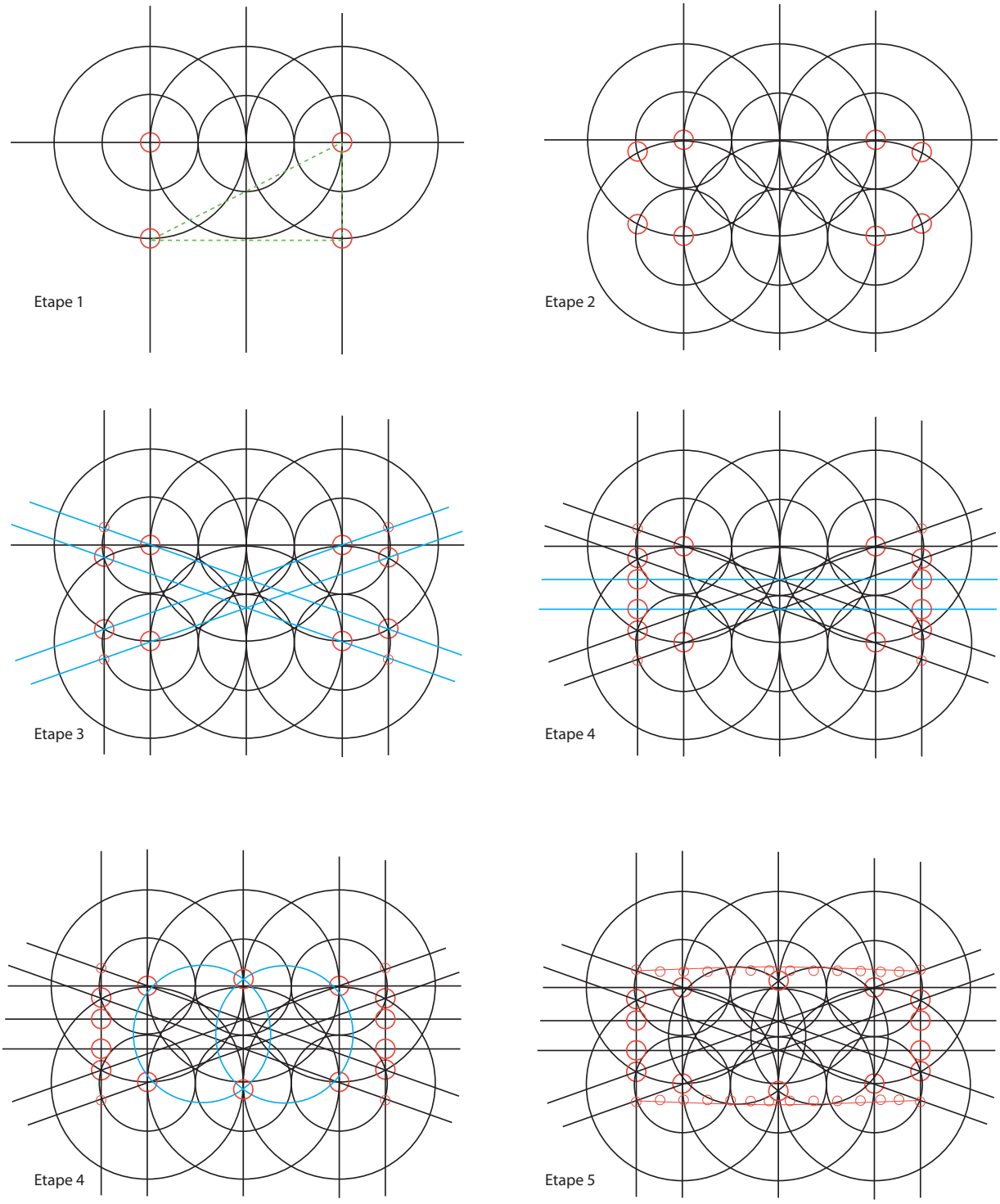


Figure 55. Schéma de planification théorique du bâtiment D.

quatre fois dans la longueur de la structure porteuse et la largeur de l'édifice et sept fois dans la longueur du bâtiment. Ces proportions sont tout à fait intéressantes puisqu'on retrouve au sein du même bâtiment deux triplets pythagoriciens : 3-4-5 et 4-7-8. Ces triplets ont pu intervenir dans la planification de l'édifice à partir d'un module de 2,9 m dont le plus petit dénominateur commun est 0,29 m.

L'UA 33 mesure 18,3 m de long et 9,2 m de large. La structure porteuse est très proche des parois de l'édifice et mesure 10 m de long et 7,5 m de large. L'emplacement des ouvertures n'est pas connu ici. Deux rapports de proportions sont identifiables ici : un rapport 3/4 dans la structure porteuse et 1/2 sur les dimensions totales du bâtiment. Le rapport 3/4 de la structure porteuse renvoie à un module de 2,5 m qu'il est possible de répéter trois fois et deux tiers dans la largeur et sept fois et un tiers dans la longueur du bâtiment. Deux plus petits dénominateurs communs sont ici possibles : 0,25 m et 0,30 m.

Le bâtiment P3 mesure 11,8 m de long et 8,5 m de large (largeur estimée, seule une des parois a pu être repérée lors de la fouille) avec une structure porteuse de 6,6 m de large et 7,3 m de long. Deux paires de poteaux à l'est et à l'ouest indiquent l'emplacement d'entrées de 2,9 m de large. Il est possible d'utiliser cette valeur pour la planification de ce monument en la répétant quatre fois dans sa longueur et trois fois dans sa largeur (3 x 2,9 = 8,7). Dans la structure porteuse on retrouve ce module deux fois et quart dans la largeur et deux fois et demie dans la longueur. On retrouve ici un rapport largeur/longueur de 3/4, mais en l'absence de l'emprise totale de l'édifice il n'est pas possible d'aller plus loin.

Les bâtiments sans indices de parois

L'UA 50 possède sept poteaux au sein de sa structure porteuse, quatre au nord et trois au sud. Nous l'intégrons tout de même à cet ensemble puisque les principes architecturaux se rapprochent fortement des autres exemplaires de la catégorie. La structure porteuse mesure 5,8 m de long et 7,3 m de large avec des entraxes de 2,9 m au sud et 1,9 m au nord. La longueur totale du bâtiment est de 11,4 m. Une paire de poteaux à l'est peut matérialiser un système d'entrée mesurant 1,9 m de large. En utilisant un module de 2,9 m, il est possible d'exprimer les distances mesurées. La structure porteuse mesure 2 modules de large et 2,5 modules de long. La longueur totale du bâtiment vaut presque quatre modules (3,93103...) et les entraxes nord et de l'ouverture deux tiers de module. Le plus petit dénominateur commun à ces mesures est 0,295 +/- 0,05 m.

Le bâtiment P4 n'est connu que par sa structure porteuse qui présente un plan carré de 8 m de côté avec des entraxes de 4 m. Si cette régularité est remarquable, elle ne nous permet pas d'aller plus loin, car trop peu de mesures peuvent être prises sur ce plan. Notons toutefois la possibilité d'une planification en deux parties avec un triangle aux proportions $1/2/\sqrt{5}$.

Le bâtiment S mesure 6,26 m de long et 5,3 m de large avec des entraxes de 3,13 m. Les deux poteaux orientaux sont légèrement décalés par rapport à la structure, il pourrait s'agir de poteaux

de palissade au vu de l'alignement de ces poteaux et des entraxes cohérents avec un autre trou se situant plus au sud. La régularité de l'espacement entre les poteaux pourrait alors indiquer la contemporanéité du bâtiment avec la palissade. C'est également cette régularité qui nous pousse à intégrer cet édifice dans cette catégorie. Les angles du bâtiment ne sont pas droits. Il est possible que la largeur des travées ait servi comme module pour planifier ce bâtiment, mais au vu des mesures pouvant être prises nous ne hasarderons pas à aller plus loin.

2.2.2.3. Les bâtiments à parois déportées et quatre poteaux porteurs

Seize bâtiments de ce type ont été identifiés sur le site. Il s'agit de la catégorie la plus représentée (Figure 56).

L'UA 17 mesure 12 m de long et 9,6 m de large. Sa structure porteuse mesure 5,4 m sur 7,8 m. Les ouvertures mesurent 2,4 m de large et les entraxes des parois sud et nord sont de 2,8 m. Gaëlle Robert propose deux principes de planification possible (ROBERT inédit) : le premier est une application directe du 3-4-5 à partir d'un module de 2,8 m qui se retrouve quatre fois dans la longueur et trois fois dans la largeur de l'édifice. La seconde méthode consiste à tracer un cercle de cinq modules de diamètre et de reporter les distances de trois et quatre modules sur le cercle à partir de la diagonale. Il s'agit également de l'application du Théorème de Pythagore dont le point de départ est l'hypoténuse. Ajoutons à ces réflexions qu'il est également possible de retrouver le module deux fois et quart dans la largeur de la structure porteuse et trois fois et quart dans sa longueur. Le plus petit dénominateur commun à ces mesures est 0,30 m. Ces réflexions fonctionnent également en utilisant un module de 2,4 m soit la dimension des ouvertures. Celui-ci se répète alors cinq fois dans la longueur et quatre fois dans la largeur. Ses distances permettent l'application des mêmes principes évoqués plus haut et semblent mieux correspondre à l'ensemble du plan.

L'UA 42 mesure 11,5 m sur 8,8 m. Sa structure porteuse mesure 5,4 m sur 7,3 et ses ouvertures 2,4 m. Gaëlle Robert propose le même principe de planification que pour L'UA 17 avec un module de 2,9 m. Nous rejoignons cette proposition. L'utilisation d'un module équivalent à la dimension des entrées n'est pas convaincante ici. Les petits poteaux situés plus au sud ne rentrent que péniblement dans ce schéma, il s'agit vraisemblablement d'une structure indépendante. Le plus petit dénominateur commun est de 0,30 m.

L'UA 56 b mesure 9,3 m de long. L'absence d'indice de parois sur son côté sud nous empêche de déterminer sa largeur. La structure porteuse mesure 5,4 sur 6 m et les entrées 2,4 m. Gaëlle Robert propose la mise en place d'un module de 2,9 m se répétant trois fois sur la longueur et quatre fois dans la largeur de l'édifice. Bien que possible, ce dernier s'applique tout de même de façon assez lâche. En utilisant la dimension des ouvertures, 2,4 m, il est possible d'obtenir un rapport largeur/longueur de 3/4. Cette dernière valeur fonctionne avec un plus petit dénominateur commun de 0,30 m.

Il est intéressant de voir la récurrence des dimensions des ouvertures entre les UA 17, 42 et 56 b.

Les bâtiments K1, M1 et M3 présentent tous trois une structure porteuse de 6 m de long et 4 m de large. Au vu de la similitude entre les dimensions de ces trois bâtiments, nous proposons une hypothèse commune. Dans ces trois cas, la longueur de la structure porteuse équivaut à la largeur totale de l'édifice. Le bâtiment M3 est assez mal conservé et il n'est pas possible de proposer des dimensions définitives. Le bâtiment M1 mesure 7,5 m de long, mais nous ne connaissons aucun poteau pour sa façade sud. Le bâtiment K1 mesure quant à lui 8 m. Les entraxes des poteaux de parois des bâtiments K1 et M1 mesurent en moyenne 2 m. Dans le cas du bâtiment K1, cette mesure se retrouve trois fois dans la largeur et quatre fois dans la longueur de l'édifice. Il est possible d'appliquer cette grille aux deux autres bâtiments. La structure porteuse présente ainsi un rapport 2/3. Deux plus petits dénominateurs communs sont possibles dans ce cas : 0,25 et 0,32 m. Dans le premier cas un module vaut 8 pieds, dans le second, 6 pieds et quart.

Le bâtiment P2 a été affecté par de nombreuses phases de réaménagement ultérieures ayant fortement altéré la lecture de son plan. On estime la taille de sa structure porteuse à 4 m de large et 7 m de long. L'imprécision de ce plan ne nous permet pas de procéder à une analyse métrologique pertinente.

Les bâtiments F, E1, E2 et T présentent une structure porteuse de 5,2 m de large dans le cas des bâtiments F et E1 celle dernière mesure 7,5 m de long tandis qu'elle mesure 8 m pour les bâtiments E2 et T. Leurs plans restent toutefois superposables. Le bâtiment E1 possède deux petits poteaux supplémentaires permettant de définir l'emplacement d'une entrée potentielle mesurant 2 m de large. On retrouve cette dimension dans l'entraxe des poteaux périphériques du bâtiment E2 qui reprend le plan du bâtiment E1 après sa destruction. On retrouve également 2 m dans l'espacement entre les deux poteaux au centre de la façade est du bâtiment T. Les autres entraxes mesurés valent, du sud au nord, 1,6 m, 1,6 m et 1,2 m. L'absence d'éléments supplémentaires pour définir l'emprise complète du bâtiment rend cette étude plus complexe. Deux solutions peuvent toutefois être envisagées. La première consiste en l'utilisation d'un module de la valeur de l'ouverture mesurée sur les bâtiments E1, E2 et T soit 2 m. Ce module permet l'utilisation du 3-4-5 au sein de la structure porteuse. Au vu des bâtiments étudiés précédemment toutefois il semblerait que l'utilisation de ce triplet se fasse préférentiellement sur l'emprise totale de l'édifice. Cela est possible en utilisant un module de 2,9 m. Ces bâtiments entre donc dans un même groupe métrologique que ceux étudiés par Gaëlle Robert.

Le bâtiment P1 mesure 6,3 m de long pour 6 m de large. L'espacement entre les poteaux varie entre 1,75 et 1,9 m. L'ensemble des trous de poteaux est inscrit dans un cercle de 6,3 m de diamètre. Il est possible de déterminer l'emplacement de ces poteaux en divisant le cercle en 10 portions égales à l'aide d'un écartement de compas de 1,9792... m. Le décalage constaté sur certains poteaux résulte vraisemblablement d'une approximation de la valeur de l'écartement du compas

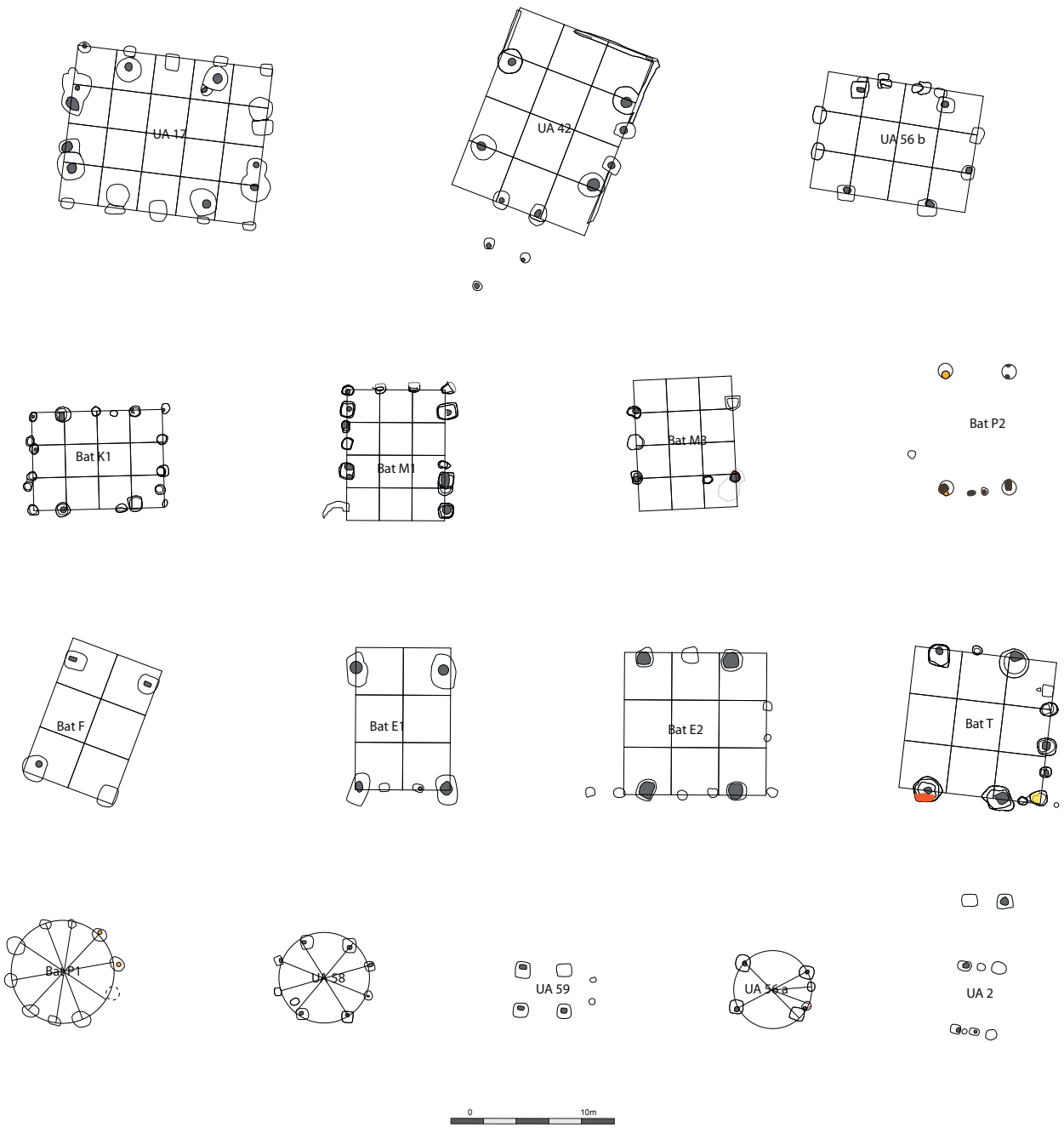


Figure 56. Plan des bâtiments sur quatre poteaux porteurs et parois déportées et principes de planification respectifs.

nécessaire à la bonne division du cercle. Le plus petit dénominateur commun correspondant le mieux aux mesures est 0,30 m. Il est possible que l'écartement utilisé pour diviser le cercle ait été la brasse de 1,8 m, surmultiple du pied de 0,30 m.

L'UA 58 mesure au moins 4,2 m de large (aucun indice de paroi n'est connu sur ses côtés nord et sud) et 5,8 m de long. Gaëlle Robert propose d'intégrer ce bâtiment dans un carré de 2 modules de 2,9 m de côtés. Cette proposition nous convient également. Il faut aussi relever la possibilité d'inscrire ce bâtiment dans un cercle de 5,8 m de côté et de procéder de la même façon que pour le bâtiment P1. On observe un seul décalage au niveau du poteau porteur sud-ouest. L'écartement du compas mesure également 1,8 m, mais dans le cas d'un cercle de 5,8 m de diamètre cette valeur est plus proche de l'espacement requis qui est de 1,8221... Ceci peut expliquer la plus grande rigueur du plan. On peut proposer ici l'utilisation d'un plus petit dénominateur commun de 0,295 +/- 0,005 m.

L'UA 59 a une structure porteuse mesurant 2,75 m sur 2,5 m avec deux petits poteaux d'entrée espacés de 1,35 m. Cet écartement vaut la moitié de la longueur de la structure porteuse. Gaëlle Robert propose d'intégrer ce bâtiment à la liste des édifices fonctionnant avec un module commun. L'absence d'éléments supplémentaires pouvant être mesurés ne nous permet cependant pas d'être plus précis.

La structure porteuse de l'UA 56a mesure 3,8 m sur 2,9 m. Elle possède un système d'entrée de 0,95 m de large. Gaëlle Robert rattache également ce bâtiment au module qu'elle a défini. Les mesurent que nous avons prises vont dans ce sens. En effet l'ouverture vaut la moitié de la largeur de la structure porteuse et le quart de sa longueur. Il est ainsi possible de définir un plus petit dénominateur commun de 0,29 m. De plus, en utilisant la largeur de l'entrée, il est possible de planifier le bâtiment en divisant un cercle de 4,8 m en 14 portions égales matérialisant l'emplacement des poteaux.

L'UA 2 mesure 8 m sur 2 m. Au vu de la dimension des poteaux, la ligne de poteaux sud pourrait plutôt correspondre à une portion de palissade. Le bâtiment se limiterait donc aux cinq poteaux au nord et mesurerait 2 m sur 4 m ce qui présenterait ainsi un rapport largeur/longueur de 1/2. En l'absence de mesure supplémentaire, il n'est pas possible d'aller plus loin.

2.2.2.4. Les bâtiments sur quatre poteaux

Cinq bâtiments sont compris dans cette catégorie. Leurs dimensions sont très proches des très petits bâtiments sur quatre poteaux et parois déportées (UA 58, UA 59, UA 56a). Il est donc possible qu'il s'agisse également de petits bâtiments à parois déportées dont les indices de parois ont été érodés.

Les bâtiments O1 et O2 mesurent 3,5 m de long et 3,1 m de large. Il est également possible qu'il s'agisse d'un seul bâtiment de 7 m de long et 3,1 m de large. Aucun rapport métrologique et

plus petit dénominateur commun ne peut être déterminé ici.

Le bâtiment K2 mesure 2,4 m sur ses côtés nord et est et 2,7 m à l'ouest et au sud. Les deux valeurs ayant pu être mesurées correspondent à un plus petit dénominateur commun de 0,3 m. On obtient alors 9 pieds à l'ouest et au sud et 8 pieds au nord et à l'est.

Le bâtiment K3 mesure 2 m de long et 1,7 m de large. L'absence de mesure supplémentaire nous empêche de déterminer un rapport métrologique au sein de ce bâtiment.

Nous intégrons également l'UA 60 dans cette catégorie malgré la présence de deux poteaux supplémentaires. Cet édifice présente les mêmes caractéristiques que les autres petits bâtiments sur quatre poteaux. Ce bâtiment s'intègre assez mal dans les modules définis par Gaëlle Robert (ROBERT inédit). À l'exception de son côté est qui mesure 2,7 m, le plan de ce bâtiment est superposable avec celui des bâtiments O1 et O2. Comme dans le cas de ces derniers, aucun rapport métrologique et plus petit dénominateur commun ne peut être déterminé.

2.2.2.5. Les bâtiments sur poteaux de parois porteurs

Trois bâtiments font partie de cette catégorie (Figure 57). Le bâtiment J1 avait déjà fait l'objet d'une approche géométrique (FICHTL et al. 2008 : 79-82) où Stephan Fichtl propose la planification à partir du 3-4-5 et de tracés de compas. L'édifice mesure 10,5 m de long et 9,7 m de large, et présente des entraxes réguliers de 3,5 m de large sur ses façades sud et nord. Sur les côtés est et ouest, l'entraxe varie. On mesure les valeurs suivantes du nord au sud : 1,6 m, 2 m, 2,5 m, 2 m, et 1,6 m. La combinaison des deux méthodes de planification proposée par Stephan Fichtl est l'hypothèse la plus pertinente. Il est difficile de définir un plus petit dénominateur commun dans ce cas. L'utilisation de deux méthodes indique probablement la présence d'une contrainte lors de la mise en place de l'édifice dont le plan a dû être réajusté. Cette action a également affecté la possibilité de percevoir un éventuel étalon.

Le bâtiment N1 mesure 7,4 m de large et 8,8 m de long. L'entraxe sur les côtés nord et sud mesure 2,2 m. Sur les côtés est et ouest, on mesure, du nord au sud, 1,6 m, 1,2 m, 1,8 m, 1,2 m et 1,6 m. Le type de plan est très proche du bâtiment J1, bien que moins grand et moins régulier. Il est possible d'utiliser les mêmes principes de planification pour ce bâtiment. Aucun plus petit dénominateur commun ne peut être identifié.

Le bâtiment N2 reprend le plan du bâtiment N1 et mesure 8 m sur 8,6 m. Sur les façades est et ouest on observe les mesures suivantes, du nord au sud : 3 m, 2 m et 3 m. Il faut aussi noter la présence d'un aménagement à 5,7 m au sud du bâtiment suivant les mêmes critères métrologiques et alignés avec l'édifice. Il pourrait s'agir d'une palissade ou d'un appenti. Là encore le 3-4-5 a pu être utilisé dans le but de planifier ce bâtiment au vu des similitudes au niveau des proportions avec le bâtiment J1. Aucun plus petit dénominateur commun ne peut être identifié.

À cette catégorie peuvent également être intégrés le bâtiment R et l'UA 5 qui présentent un plan

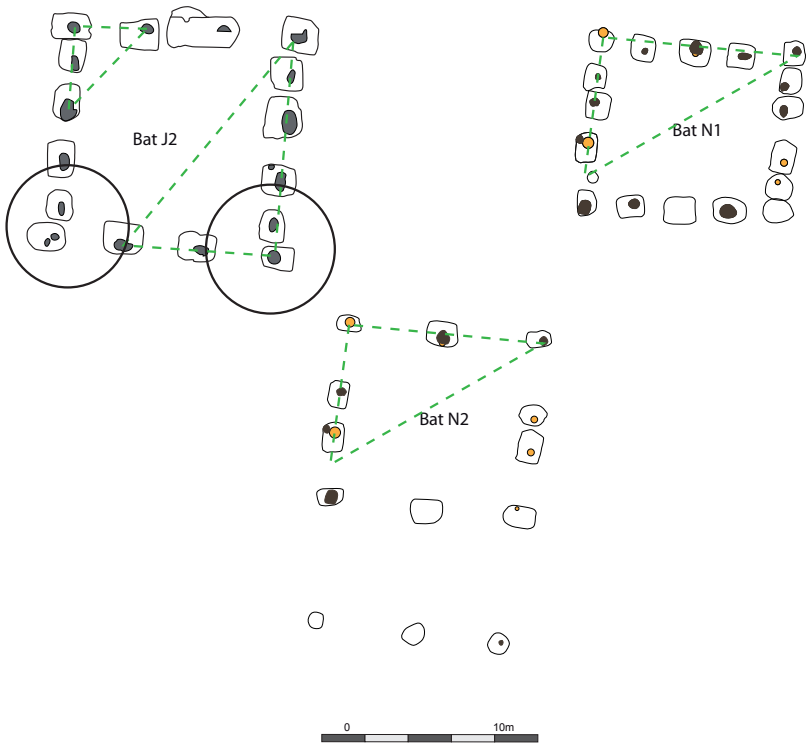


Figure 57. Plan des bâtiments sur poteaux de parois porteurs et principes de planification respectifs.

similaire et des proportions identiques malgré l'absence de la façade nord du bâtiment R (FICHTL et al 2016 : 53-56, ROBERT inédit). Ces bâtiments s'intègrent bien dans la grille modulaire définie par Gaëlle Robert.

2.2.2.6. Les bâtiments rectangulaires sans module porteur interne.

Trois bâtiments sont compris dans cet ensemble (Figure 58). Le bâtiment M2 mesure 11,7 m de long et 8 m de large. On obtient un rapport largeur/longueur très proche de 2/3. Les nefs mesurent, du nord au sud, 1,5 m, 2,4 m, 2,45 m et 1,6 m. Les travées mesurent, d'ouest en est, 2,9 m, 3 m, 2,7 m et 3 m. Toutes les mesurent peuvent être exprimées à partir de 2,9 m (la valeur moyenne des travées). On retrouve cette mesure quatre fois dans la longueur et deux fois trois quart dans la largeur. Les plus petites nefs mesurent presque la moitié d'un module alors que les nefs les plus larges mesurent l'équivalent de 5/6 de 2,9 m. Au vu de ces mesures, il est possible de proposer un plus petit dénominateur commun compris entre 0,32 et 0,325 m dont le surmultiple 0,48333... a pu entrée en jeu dans la conception du bâtiment (6 x 0,48333... = 2,9 m). L'utilisation d'un étalon de 0,29 m ne correspond pas ici aux autres dimensions de l'édifice.

Le bâtiment Q2 présente les mêmes dimensions que le bâtiment M2. La seule différence est l'absence d'un poteau central soutenant la faitière. Nous avançons ici les mêmes hypothèses que pour le bâtiment M2.

L'UA 38 présente un plan similaire à ces bâtiments à savoir quatre nefs et quatre travées. Dans ce cas, les poteaux des petits côtés sont intégrés dans une tranchée accueillant les poteaux par trois et trois poteaux se situent au centre de l'édifice. Le bâtiment mesure 6 m de long et 11, 7 m de large soit presque un rapport de 1/2. Les travées mesurent 2,9 m de large et les nefs 1,45 m. Gaëlle Robert avait déjà mis en évidence l'utilisation d'un module de 2,9 m répété deux fois dans la largeur et quatre fois dans la longueur de l'édifice. Nous souscrivons également à cette hypothèse.

Il est remarquable de constater l'homogénéité des mesures et des modules sur ces trois bâtiments.

2.2.2.7. La porte UA 25

Un seul bâtiment n'entre dans aucune catégorie citée précédemment. L'UA 25 est une des portes séparant les espaces palissadés de la *Pars Urbana* (FICHTL 2013). Elle mesure 4,6 m sur 5,4 m avec des travées de 2,3 m. Cette valeur se répète deux fois dans la largeur et deux fois et un tiers dans la longueur de l'édifice. Aucun plus petit dénominateur commun ne peut être déterminé.

2.2.3. Conlusion

L'établissement aristocratique de Batilly-en-Gâtinais est l'habitat rural ayant fourni le corpus d'édifice le mieux conservé parmi les sites sélectionnés pour l'étude. Néanmoins, en l'absence de la publication des fouilles menées par Sophie Liégard, la totalité des bâtiments n'a pas pu être traitée. Sur les 38 édifices étudiés, 26 plans proviennent des fouilles programmées menées par Stephan Fichtl entre 2008 et 2016. Ce site possède un faciès architectural particulièrement homogène, il en va de même pour les principes de planification observés. Dans la majeure partie des cas, les édifices ont pu être planifiés à partir de la répétition d'un module dont le plus petit dénominateur commun identifié est situé entre 0,29 et 0,30 m dans vingt cas sur trente-huit (FFigure 59). La répétition de ces modules varie d'un édifice à l'autre. Les rapports largeur/longueur identifiés les plus fréquents sont 3/4, 1/2 et 4/7. Dans le cas des édifices à parois déportés comme l'UA 33 et le bâtiment C, il est possible de retrouver deux types de rapport, le premier s'appliquant à la structure porteuse et le second à la limite périphérique du bâtiment : par exemple pour l'UA 33, la structure porteuse présente un rapport de 3/4 et le plan complet un rapport de 1/2, le bâtiment C quant à lui possède une structure porteuse avec un rapport de 3/4 et une limite périphérique avec un rapport de 4/7. La construction modulaire présente l'avantage de pouvoir aisément modifier les dimensions des bâtiments en partant d'un canevas général. Les édifices à parois déportés de Batilly-en-Gâtinais illustre parfaitement ce principe de par la multiplicité des bâtiments fondés sur cette technique qu'il s'agisse de bâtiments sur quatre, six ou dix poteaux porteurs.

Parmi ces bâtiments il faut noter quelques cas particuliers. Les petits bâtiments sur quatre poteaux et parois déportées P1, UA 58 et UA56a. Dans ces trois cas, l'emplacement des poteaux peut être déterminé en divisant un cercle d'un diamètre égal à la longueur du bâtiment en plusieurs portions égales à partir d'une distance définie (environ 1,8 m pour une division en dix portions

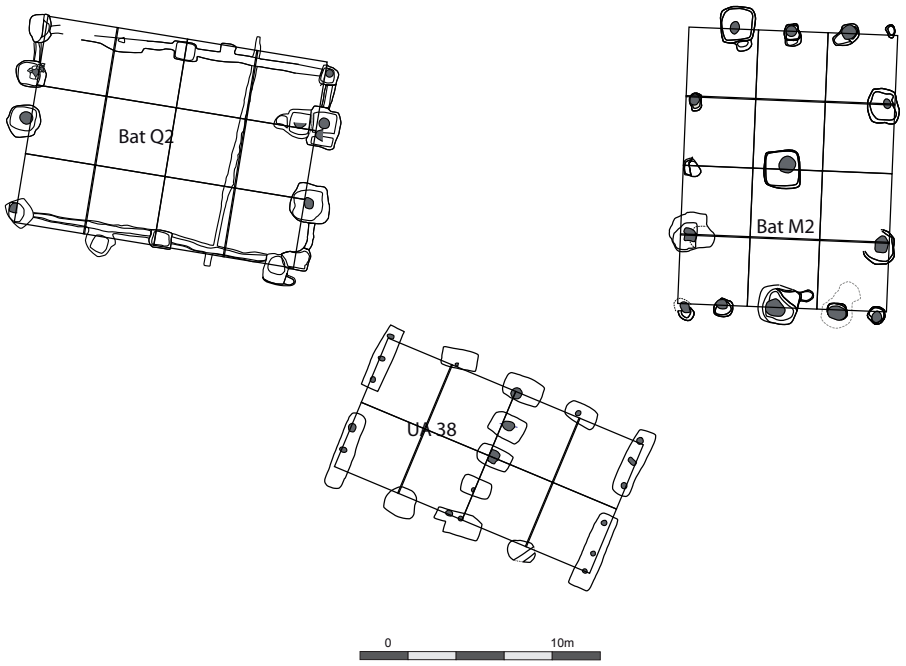


Figure 58. Plan des bâtiments rectangulaires sans module porteur interne et principes de planification respectifs.

	0,25	0,255	0,26	0,265	0,27	0,275	0,28	0,285	0,29	0,295	0,3	0,305	0,31	0,315	0,32	0,325	0,33	0,335	0,34	0,345	0,35
Bat J1						X															
Bat D													X								
Bat C									X												
UA 33	X										X										
Bat P3									X												
UA 50									X	X	X										
UA 17											X										
UA 42											X										
UA 56b											X										
Bat K1	X														X						
Bat M1	X														X						
Bat M3	X														X						
Bat F									X												
Bat E1									X												
Bat E2									X												
Bat T									X												
Bat P1											X										
UA 58									X	X	X										
UA 56a									X												
Bat K2											X										
Bat R									X	X	X										
UA 5									X	X	X										
Bat Q2									X												
Bat M2									X												
UA 38									X												

Figure 59. Tableau récapitulatif des plus petits dénominateurs communs identifiés sur le site de Batilly-en-Gâtinais.

égales dans les deux premiers cas et 0,95 m pour une division en quatorze portions égales dans le dernier). Autre cas particulier le bâtiment D. Cet édifice de 320 m² possède en effet des parois courbes sur les côtés les plus longs faisant passé sa largeur de 12 m sur les façades à 13 m en son centre. La régularité de cet aménagement laisse entrevoir une préparation minutieuse en amont de la construction. Le rapport largeur/longueur de l'ensemble du bâtiment est de 1/2 et se retrouve également au niveau de la structure porteuse. La courbure est conditionnée dès l'installation des poteaux porteurs internes. L'ensemble des éléments de l'édifice est relié par des lignes directrices et des cercles. Ces derniers prennent pour centre les croisements des lignes directrices et permettent la mise en place des points d'inflexion des éléments courbes. L'ensemble de ces tracés dénote une planification complexe et rigoureuse nécessaire pour la tenue de l'édifice. Cette rigueur s'appliquait vraisemblablement aussi à l'élévation. En effet l'élargissement de l'édifice devait être compensé au niveau de la charpente en formant une toiture en « coque de bateau inversé » afin de limiter le risque d'affaissement de cette dernière.

Nous pourrions être surpris de la contradiction que représente l'hypothèse d'une planification générale d'un territoire à l'aide d'une norme confrontée à la variabilité des étalons au sein même des bâtiments du site. Ces deux aspects ne sont toutefois pas surprenants. Il n'est pas rare de constater, dans les sociétés antiques, qu'un territoire donné est divisé en lots de mêmes dimensions (et donc à partir d'un même étalon) avant d'être attribué à un propriétaire usant d'un étalon propre. Dans le cas où les établissements appartiennent à des propriétaires, il faut prendre en compte le fait que pour se développer rapidement, des installations aussi monumentales doivent accueillir plusieurs chantiers de construction en même temps. Ces chantiers ont ainsi pu être dirigés par plusieurs maîtres d'œuvre, usant d'étalons différents (ou tentant de reproduire un même étalon avec plus ou moins de succès), mais en suivant un projet architectural commun défini par avance. C'est peut-être le cas pour le site de Batilly-en-Gâtinais et son terroir.

2.3. L'habitat fortifié de Bundenbach

2.3.1. Introduction

L'Altburg de Bundenbach est un petit habitat de hauteur fortifié couvrant une superficie de 1,5 hectare. Il a l'avantage d'avoir été fouillé intégralement. Trois phases d'occupation se succèdent entre 170 et 50 avant notre ère avec un apogée présentant une grande concentration de structures entre 130 et 70 avant notre ère. La régularité de l'organisation du site nous a poussé à l'inclure dans l'étude. Aucune approche métrologique n'avait jusqu'à présent été tentée sur ce site. Au vu du grand nombre de bâtiments, et de la faiblesse des résultats obtenus sur les petits édifices sur quatre poteaux, nous nous concentrerons plus particulièrement sur les autres infrastructures plus complexes et donc potentiellement plus parlantes. Nous traiterons le site phase par phase en suivant le découpage proposé par Reinhard Schindler dans la monographie du site (SCHINDLER 1977). Ce dernier remarque le soin particulier apporté aux angles droits pour les petits bâtiments sur quatre poteaux, y compris sur les plans d'édifices construits dans la pente (SCHINDLER

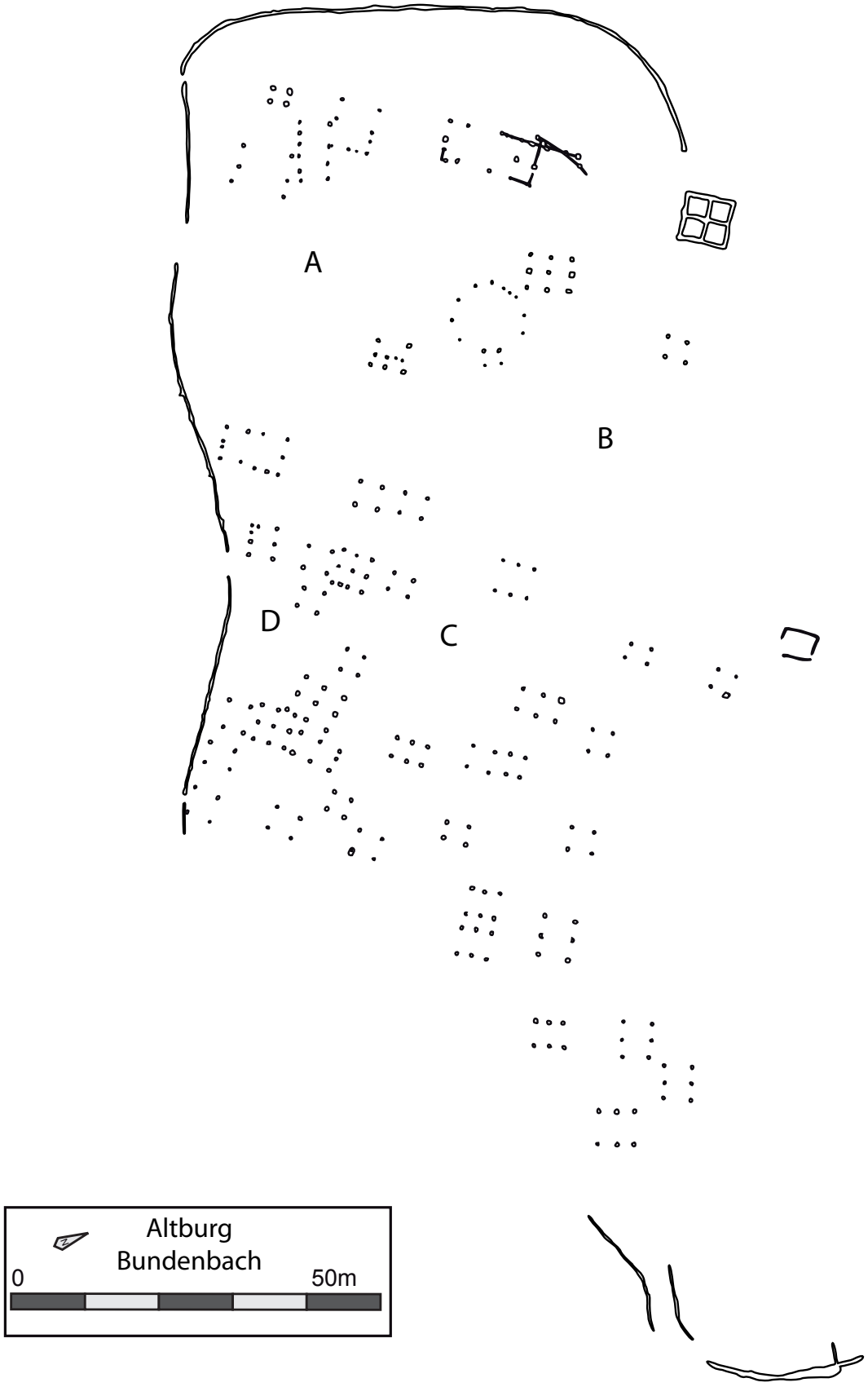


Figure 60. Plan général de la phase 1 de l'Altburg de Bundenbach, emplacements des espaces vides de structures (A à D).

1977 : 33-34). Nous verrons que cette affirmation peut être nuancée, mais, dans certains cas, elle pourra se vérifier sur des plans de bâtiments plus complexes.

2.3.2. La phase 1

2.3.2.1. Organisation générale de la phase 1

Cette phase se met en place aux alentours de 170 avant notre ère (SCHINDLER 1977 : 72). Le site est délimité par un système de palissade. Une porte monumentale construite sur sablières permet d'accéder à l'habitat. Bien qu'on ne retrouve pas encore l'occupation dense de la phase suivante, l'orientation similaire des bâtiments et la présence d'espaces de circulation laissent présager une organisation, si ce n'est préconçue, du moins réfléchie.

Les bâtiments présentent une orientation sud-sud-ouest/nord-nord-est à l'exception de deux d'entre-eux. Le bâtiment 11 situé sur la frange ouest du site, et dont on peut s'interroger sur son appartenance à cette phase au vu de la proximité avec les bâtiments 33 et 13, et le bâtiment 200 restitué sous la forme d'un édifice à parois déportées de plan circulaire, ce qui le rend tout à fait particulier à la fois au sein du site, mais aussi dans cette aire chronoculturelle.

Les potentiels espaces de circulation transparaissent à partir des zones vides de vestiges de la phase en question. Ils se situent à proximité des entrées et au centre du site (Figure 60, emplacements A à D). De plus, les alignements de certains bâtiments provoquent des effets de parois pouvant marquer leurs emplacements. L'absence de limites claires de ces éléments est bien évidemment un frein aux hypothèses qui vont suivre, mais une approche métrologique paraît tout de même possible.

Les systèmes d'entrées présentent des ouvertures de dimensions assez variées. Nous laissons volontairement ici de côté la porte monumentale qui fera l'objet d'une partie distincte. La plus grande des ouvertures mesure 5,7 m de large. La seconde mesure 3 m de large. Deux poternes ont été identifiées. Ces dernières mesurent toutes deux 0,9 m de large. Aux emplacements où des mesures ont pu être effectuées pour déterminer la largeur des potentiels espaces de circulations on obtient les valeurs 5,1 ; 5,7 ; 6 ; 6,3 et 7,2 m (Figure 61). Ces mesures sont assez variables, mais force est de constater que la régularité apparente est confirmée par ces mesures qui restent tout de même dans une même tranche métrique.

À partir de ces mesures, il est possible de proposer l'utilisation d'un module ayant servi à définir la trame générale de l'organisation de l'habitat et dont la valeur pourrait se situer à 5,7 ou 6 m, ces dernières étant les plus fréquemment rencontrées pour le moment. Il est également intéressant de noter que toutes ces mesures ont pour plus petit dénominateur commun 0,30 m, valeur pouvant correspondre à un pied. Si la variabilité des mesures des voies de circulation fragilise cette hypothèse (une voie mesurant 6,3 m de large à un endroit et 5,1 m vingt-cinq mètres plus loin aura une largeur pouvant varier très fortement d'un point de vue métrologique), cette dernière

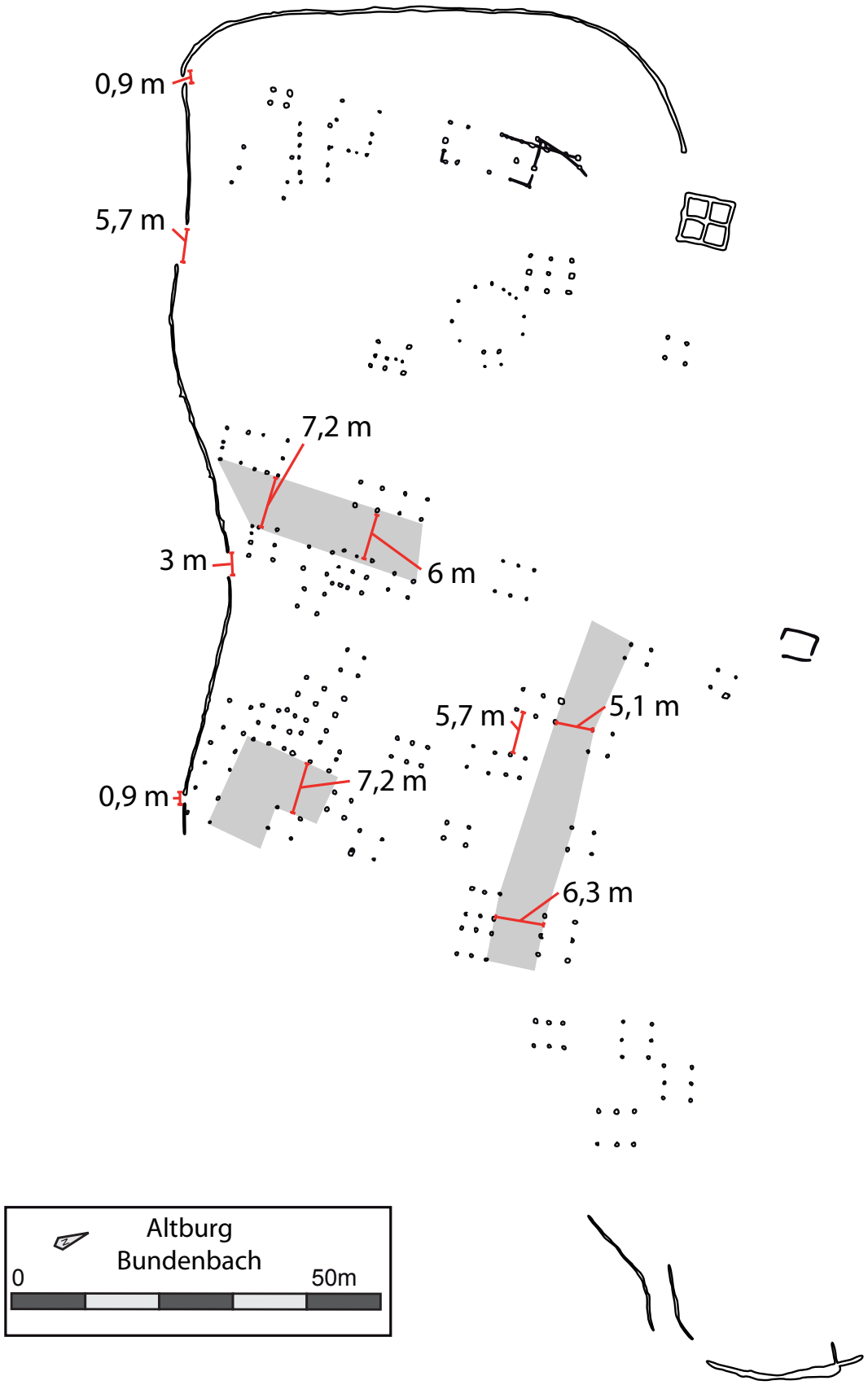


Figure 61. Plan général de la phase 1 de l'Altburg de Bundenbach. En grisé, portions de voie et dimensions des aménagements.

est confortée par les systèmes d'entrée qui présentent une forte régularité. Avec l'aide du module évoqué précédemment et de son plus petit dénominateur commun on obtient des ouvertures dont les largeurs font, d'ouest en est, 3 ; 19 ; 10 et 3 pieds de large.

Il s'agit désormais de voir ce qu'il en est des autres structures du site, en commençant par la porte monumentale dont la fonction primaire rejoint celle des autres entrées et des voies de circulations.

2.3.2.2. La porte monumentale de la première phase

La porte monumentale est construite sur sablières avec huit poteaux positionnés à l'intersection des poutres. Il existait probablement un neuvième poteau dont les vestiges ont été détruits par les aménagements ultérieurs. La construction de plan carré mesure 6,3 m de côté. Les poteaux sont espacés les uns des autres de 3 m. En suivant l'emprise des sablières et la distance séparant les poteaux, il est assez aisé de proposer l'utilisation d'un module de construction de 3 m de côté (Figure 62). Ce module est ainsi répété quatre fois pour obtenir le plan du monument tel que nous le connaissons soit 2 modules de côté. Il est possible que le plus petit dénominateur commun identifié dans les systèmes d'entrée évoqués précédemment soit identique (0,30 m). Les côtés du bâtiment mesurent dans ce cas 20 pieds. Un autre plus petit dénominateur commun est également applicable : 0,25 m. Dans ce cas, le bâtiment mesurerait plutôt 24 pieds de côté.

2.3.2.3. Les bâtiments sur plus de six poteaux et sur sablières

Il s'agit des bâtiments les plus pertinents dans le cadre de l'analyse métrologique étant donné leurs plans et leurs nombres de poteaux. Pour la première phase du site, onze édifices remplissent ce critère.

Le bâtiment 18

Il s'agit d'un bâtiment à deux nefs de plan rectangulaire de 5,6 m de large et 12,6 m de long. La ligne de poteaux centrale porte la poutre faitière on peut ainsi restituer une toiture à deux pans. Une partie des tranchées de fondation de paroi ont été conservées et ont pu être fouillées. Toutefois, la partie médiane du bâtiment a été fortement perturbée par les aménagements ultérieurs. Deux dispositifs d'entrées ont été repérés. Le premier, au nord-est mesure 0,98 m de large. Le second au sud-ouest mesure quant à lui 1,1 m de large.

Dans la portion nord-est, la partie la mieux conservée du bâtiment, la distance entre les deux poteaux porteurs équivaut à la moitié de la longueur du petit côté soit 2,8 m. Le report de cette distance a pu se faire grâce au tracé d'un axe directeur matérialisé par la ligne de poteaux porteurs et par le report de cette distance à partir de ce dernier (Figure 63). Il s'agit d'une technique de planification identifiée par Franz Schubert sur l'oppidum de Manching (SCHUBERT 1994 : Beilage 17). On constate toutefois que la portion sud-ouest du bâtiment présente un décalage par

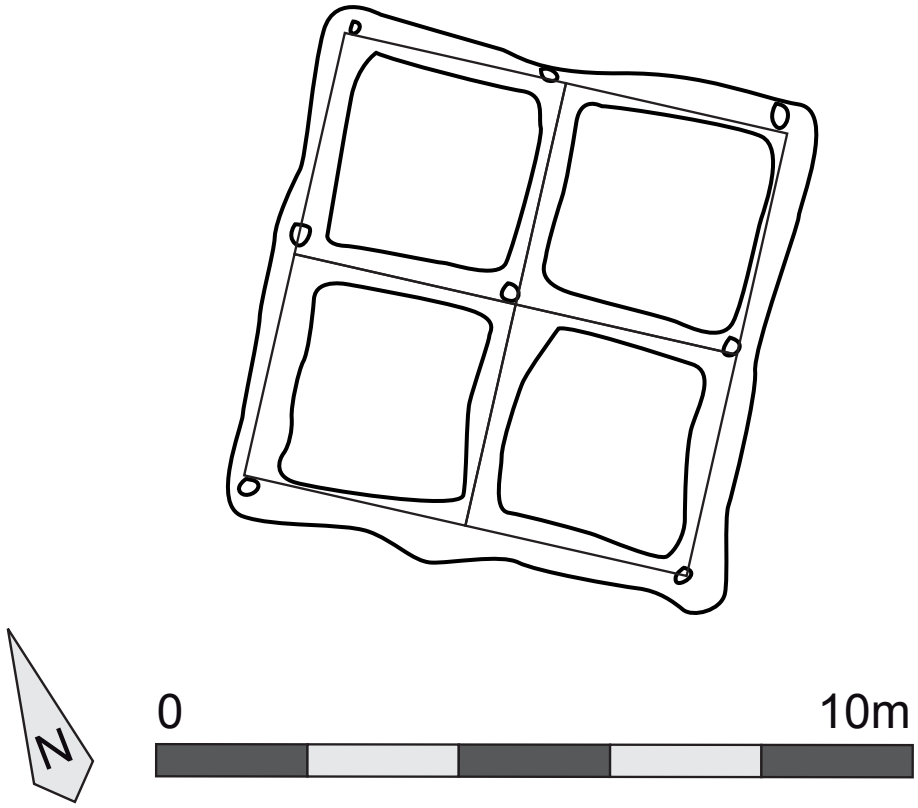


Figure 62. Plan du premier état de la porte et grille modulaire. Chaque carré mesure 3 m de côté.

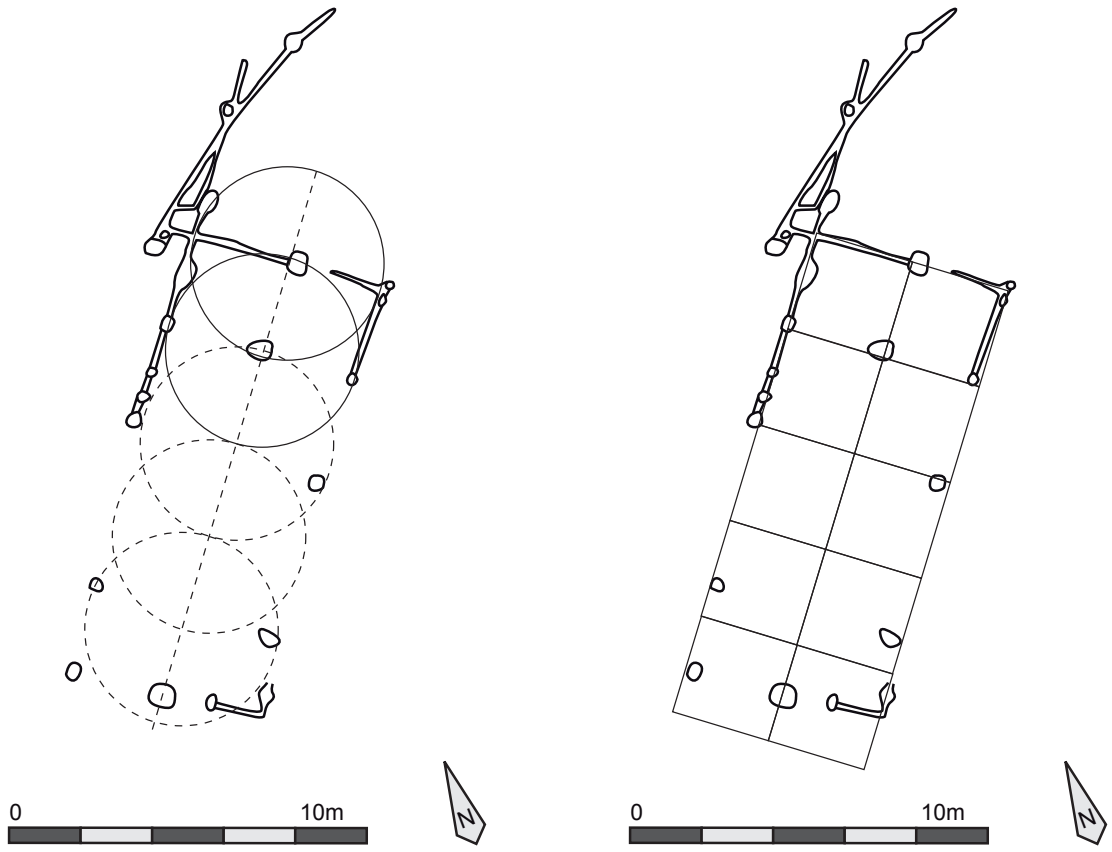


Figure 63. Schéma de planification du bâtiment 18 (gauche) et grille modulaire (droite). Chaque carré mesure 2,8 m de côté.

rapport à ce schéma même si la largeur de l'édifice est respectée. L'absence de la partie médiane du bâtiment ne nous permet pas de proposer des hypothèses quant aux raisons de ce décalage. Pourtant, en appliquant la grille modulaire se fondant sur un carré de 2,8 m de côté on constate que le bâtiment s'inscrit tout de même dans sa longueur à l'intérieur de la grille. Le module est répété deux fois dans sa largeur et quatre fois et demie dans sa longueur (Figure 63). Le décalage de la portion sud-ouest par rapport au modèle géométrique a donc pu être prévu dès le projet initial.

L'ensemble de ces mesures ont pour plus petit dénominateur commun 0,28. Les mesures du bâtiment pourraient s'exprimer ainsi : 20 pieds de large pour 45 pieds de long avec une ouverture au nord-est large de 3,5 pieds. Seule l'entrée sud-ouest ne correspond pas tout à fait avec cet étalon. On obtiendrait une largeur de 3,92857... pieds qui atteindrait 4 pieds avec un étalon d'une valeur de 0,275. Cette valeur reste néanmoins très proche de l'étalon de 0,28.

Le bâtiment 200

Ce bâtiment présente un plan ovalaire avec deux poteaux en avant d'une structure porteuse marquant l'emplacement d'une entrée et suggérant l'existence d'une paroi déportée. La structure porteuse mesure 9,3 m de large et 9,8 m de long. Le système d'entrée mesure 2,2 m de large (Figure 64). La distance séparant les poteaux du module porteur varie entre 1 et 4 m, ce qui rend l'interprétation géométrique difficile. Au vu de la grande irrégularité des mesures, il est difficile d'appliquer ici un schéma de planification par division du cercle. Il faut toutefois remarquer qu'il existe une certaine symétrie dans le respect des écartements des poteaux (Figure 64, les distances équivalentes sont matérialisées par des symboles identiques). Il est possible d'imaginer une planification au cordeau prenant pour origine le centre de l'édifice. Les mesures de l'édifice ne nous permettent pas d'identifier un quelconque étalon ayant pu servir dans ce procédé.

La présence de ce plan tout à fait particulier pose question au vu des traditions architecturales locales, mais aussi des autres édifices de la phase en question. On peut dès lors s'interroger sur la pertinence de la restitution de ce plan. Il faut toutefois citer l'exemple d'un bâtiment circulaire de 9,5 m de diamètre avec 16 poteaux internes et 26 poteaux externes identifié sur le site de Bliesbrück/Rheinheim (STINSKY 2010 : Abb. 57 et 58). Ce dernier est potentiellement contemporain du bâtiment 200 de Bundenbach. Il est attribué à la première phase du site daté de 170 à 130 avant notre ère. Celui de Bliesbrück/Rheinheim daterait quant à lui des années 150-80. Ce type de plan, rare s'il en est dans le contexte présent, n'est toutefois pas isolé, mais le bâtiment 200, restant moins bien conservé que son exemplaire de comparaison, nous ne pouvons avoir aucune certitude.

Le bâtiment 16

Le bâtiment 16 mesure 3,6 m de large et 4,5 m de long. Une ligne de quatre poteaux internes se situe à 2,4 m du long côté ouest et à 1,2 m du long côté est. Le plan de cet édifice est assez irrégulier, mais la ligne de poteaux internes semble créer une subdivision de l'espace dans la largeur avec

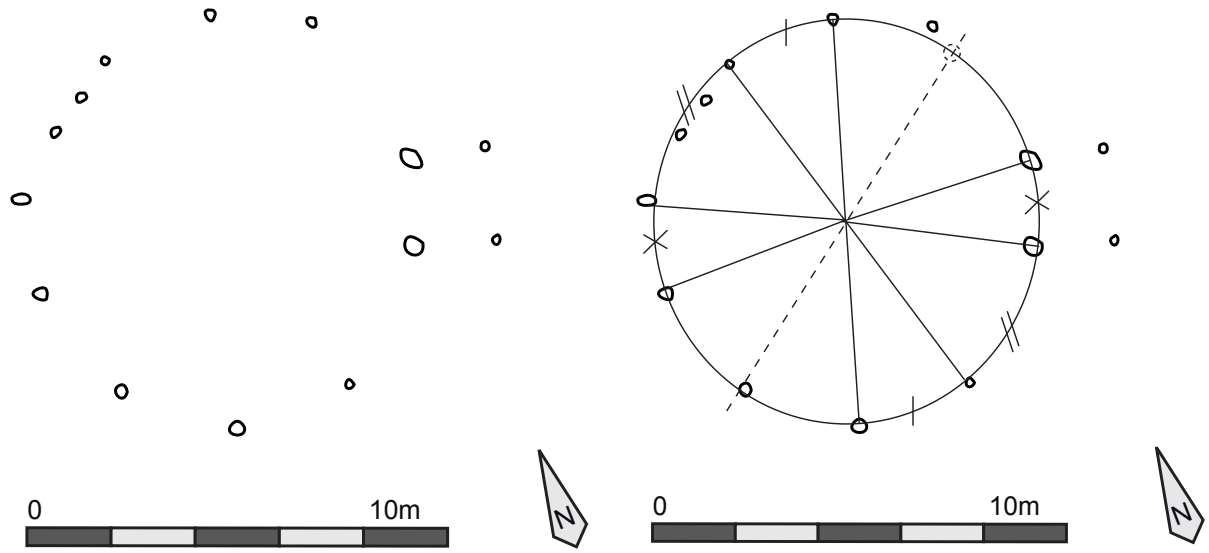


Figure 64. Plan du bâtiment 200 (à gauche) et représentation des distances équivalentes (à droite).

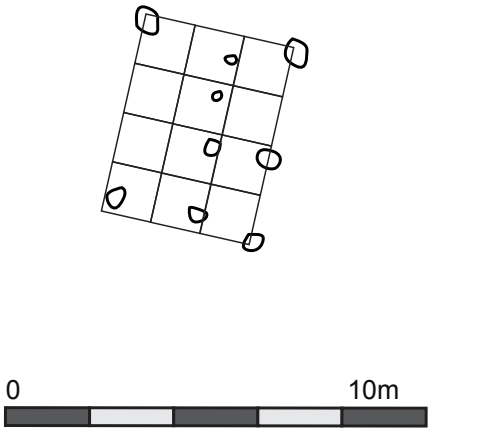


Figure 65. Plan du bâtiment 16 et grille modulaire avec des carrés de 1,2 m de côté.

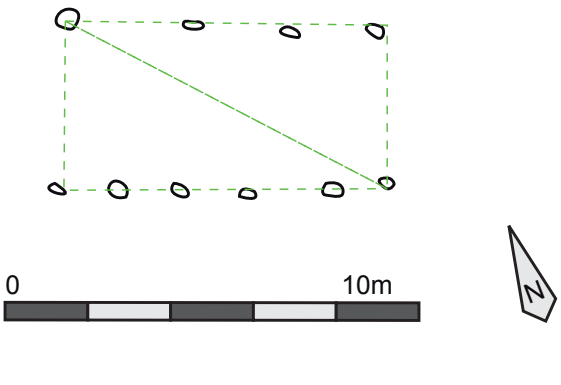


Figure 66. Plan du bâtiment 11 et schéma de planification

un rapport entre les deux sections de 1/3 — 2/3 (1,2 m pour la partie orientale et 2,4 m pour la partie occidentale). Il est possible d'utiliser cet espacement de 1,2 m dans la grille modulaire. On constate dès lors que le bâtiment s'inscrit dans la grille en question malgré ses irrégularités et revêt mesure 3 modules de large pour 4 modules de long (Figure 65). Ces proportions évoquant le 3-4-5 du théorème de Pythagore.

Le plus petit dénominateur commun de ces mesures est 0,30 m. En exprimant les mesures du bâtiment en pied, on obtient 12 pieds de large pour 16 pieds de long. Ces chiffres font partie d'un autre triplet pythagoricien : 12-16-20. Si ces indices laissent présager l'utilisation d'un tel principe de planification, il faut toutefois noter que l'irrégularité du plan plaide soit en faveur d'une autre technique non identifiée, soit à une application grossière du théorème.

Le bâtiment 33

Il s'agit d'un bâtiment de plan rectangulaire de 6,3 m de long et 5,3 m de large. L'édifice est très mal conservé et son plan est partiel. L'angle est du bâtiment est obtus et les dimensions des poteaux sont très variables. À ce jour nous ne sommes pas certain qu'il s'agit véritablement d'un bâtiment. Il pourrait s'agir d'un enclos ou de palissades. Pour ces raisons, il est difficile de formuler des hypothèses métrologiques sur cet ensemble.

Le bâtiment 11

Le bâtiment 11 est de plan rectangulaire et mesure 7,8 m de long pour 3,9 m de large. Il est constitué de six poteaux sur le côté sud et quatre poteaux sur le côté nord. Le bâtiment présente un rapport longueur/largeur de 1/2 et les diagonales (l'hypoténuse des triangles rectangles) valent alors $\sqrt{5}$ (JENSENIUS 2001 : 91-94, Figure 66. Il s'agit ici encore d'une application du théorème de Pythagore. Trois plus petits dénominateurs communs sont possibles dans ce cas de figure : 0,26 ; 0,30 et 0,325. Ces étalons nous permettraient de donner pour la longueur du bâtiment, respectivement, 30 ; 26 ou 24 pieds et pour sa largeur 15 ; 13 et 12 pieds.

Le bâtiment 41

Il s'agit d'un bâtiment de plan rectangulaire de 8,5 m de long, 5 m de large sur le petit côté nord et 4,5 m sur le petit côté sud. Deux petits poteaux espacés de 0,8 m sur la façade sud marquent potentiellement l'emplacement d'une entrée. La distorsion du bâtiment ne nous permet pas de proposer d'hypothèses géométriques satisfaisantes. Le bâtiment s'intègre dans une grille modulaire se fondant sur un module de 2,5 m de côté soit la moitié de la largeur de la paroi nord. Le bâtiment mesure ainsi 2 modules de large pour 3,5 modules de long (Figure 67). Toutefois, le rétrécissement de la largeur de la paroi et l'absence d'angles droits dans le bâtiment ne permettent pas de conclure à l'utilisation d'un module précis dans ce cas. Il faut tout de même remarquer que 0,25 est le seul plus petit dénominateur commun aux mesures de l'édifice.

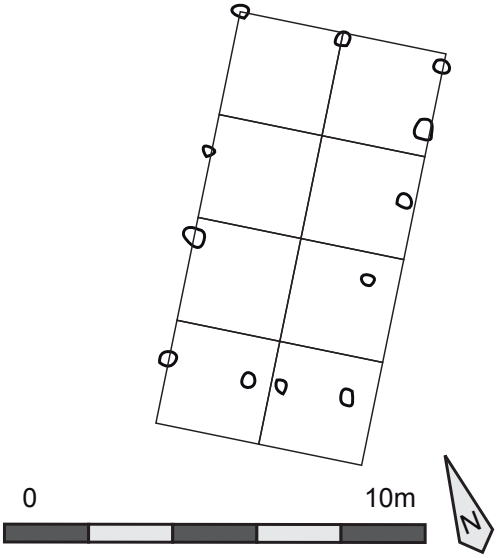


Figure 67. Plan du bâtiment 41 et grille modulaire avec des carrés de 2,5 m de côté.

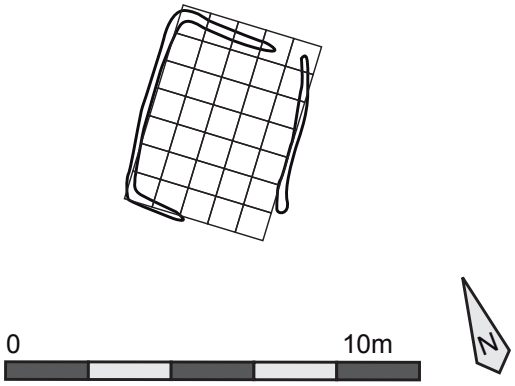


Figure 68. Plan du bâtiment 157 et grille modulaire avec des carrés de 0,7 m de côté.

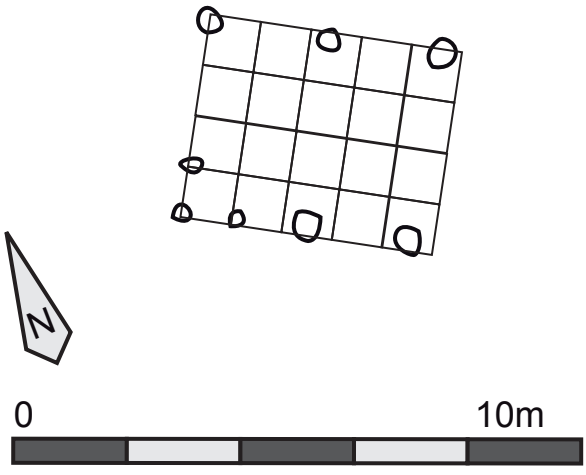


Figure 69. Plan du bâtiment 50 et grille modulaire avec des carrés de 0,9 m de côté.

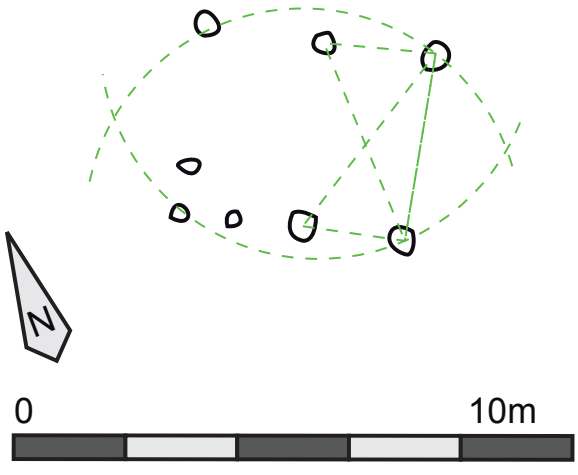


Figure 70. Plan du bâtiment 50 et schéma de planification.

Le bâtiment 157

Il s'agit d'un édifice sur sablière de 3,6 m de largeur et 4,5 m de longueur. Deux interruptions des tranchées de fondation ont pu être constatées. La première à l'est marque probablement l'emplacement d'un dispositif d'entrée large de 0,7 m. La seconde au sud résulte plutôt de l'érosion des structures. Dans le cas présent, aucun module convaincant ne peut être proposé si ce n'est en utilisant la dimension de l'entrée du bâtiment (Figure 68). On obtient alors le report de 5 fois cette valeur dans la largeur et 6,5 fois dans la longueur du bâtiment. Ces distances peuvent s'exprimer avec un étalon de 0,30 m donnant ainsi 12 pieds de largeur et 15 pieds de longueur. Toutefois, cet étalon n'est pas convaincant pour la largeur de l'entrée. Au vu de la technique de construction employée et des dimensions du bâtiment, il n'est pas certain qu'un principe de planification rigoureux ait été nécessaire dans l'édification de la structure.

Les bâtiments 28 ; 52 ; 75 et 83

Nous traiterons de ces quatre bâtiments ensemble étant donné la grande similitude de leurs plans. Il s'agit de bâtiments de plan rectangulaire sur neuf poteaux disposés en trois rangées de trois poteaux.

Le bâtiment 33 mesure 5,8 m de long pour 4,6 m de large, l'édifice 52, 4,6 m de longueur et 4,3 m de largeur, le bâtiment 75, 6 m sur 5,2 m et le bâtiment 83, 4,8 m sur 4,7 m. Ce type de plan, à l'instar du bâtiment 18 de Riedlingen, est facile à mettre en œuvre à l'aide d'une grille modulaire. Chaque poteau est en effet séparé des poteaux voisins de 2,2 à 2,6 m. Au vu des variations au sein de chaque bâtiment, on peut concevoir que cet espacement n'avait pas à être rigoureusement appliqué. Les variations d'emplacements n'impliquent en aucun cas la bonne tenue de la structure dans ces exemples. Ces remarques sont renforcées par l'absence d'un étalon identifiable pour chaque bâtiment.

2.3.2.4. Les bâtiments sur 6 poteaux

Treize bâtiments sur six poteaux ont été recensés dans cette phase. Nous y intégrons également les bâtiments 50 et 86 malgré leurs nombres plus importants de poteaux étant donné qu'ils présentent tout de même un plan similaire aux autres édifices.

Le bâtiment 13

Il s'agit du plus grand bâtiment sur six poteaux de cette phase. Il mesure 6,8 m de long sur sa façade nord, 7,4 m de long sur sa façade sud et 5,1 et 5,7 m de large sur les façades ouest et est. La grande irrégularité du bâtiment nous empêche toute réflexion modulaire et métrologique. Aucun dénominateur commun ne peut être déterminé. Les trous de poteaux sont de faibles dimensions. Il est possible qu'il ne s'agisse pas d'un bâtiment, mais de palissades ou d'un enclos.

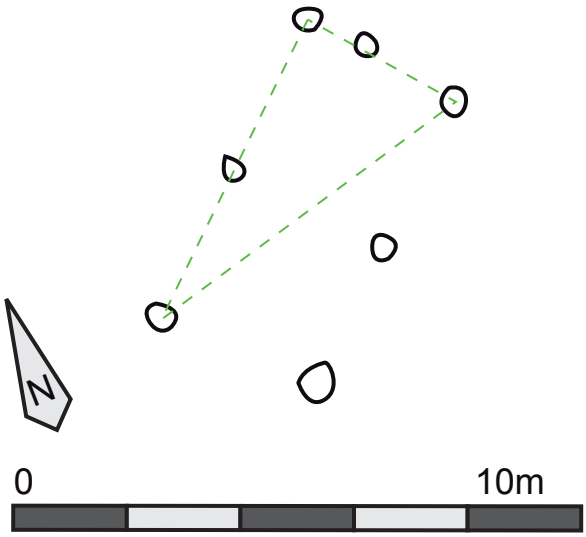


Figure 71. Plan du bâtiment 86 et schéma de planification.

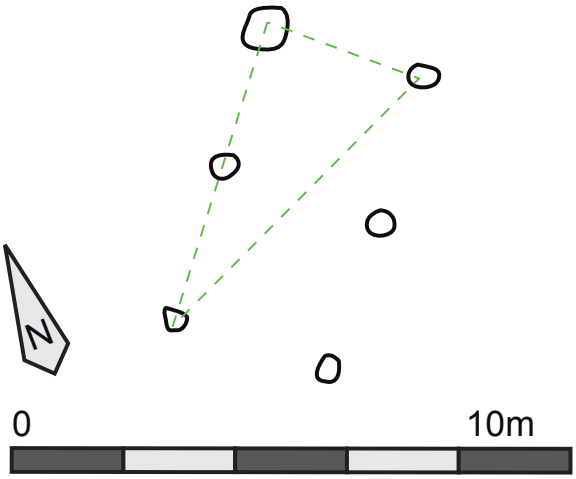


Figure 72. Plan du bâtiment 78 et schéma de planification.

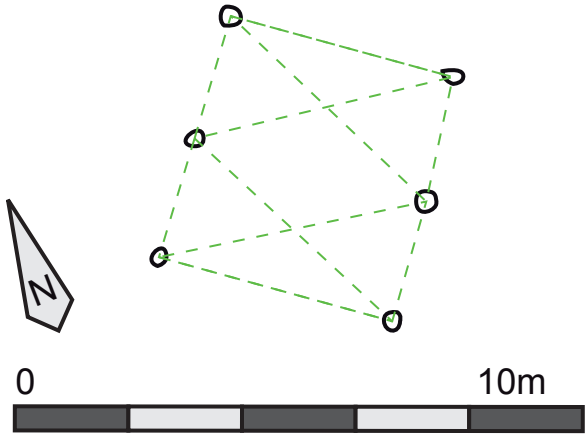


Figure 73. Plan du bâtiment 57 et schéma de planification.

Le bâtiment 50

Ce bâtiment mesure 4,2 m de long et 3,3 m de large. L'angle nord-ouest de l'édifice semble renforcé par deux poteaux supplémentaires. Les trois trous de poteaux de cet angle sont plus petits que les autres composant l'édifice. Les petits poteaux se situent tous deux à 0,9 m du poteau d'angle. Cette distance se retrouve quatre fois dans la largeur et 4,5 dans la longueur du bâtiment (Figure 69). Dans la partie sud-ouest, la largeur de l'édifice équivaut à deux fois la distance entre les poteaux des longs côtés. Il peut s'agir d'une application du théorème de Pythagore prenant la forme du rapport 1/2/√5. Dans sa partie nord, les distances séparant les poteaux sont légèrement plus longues. Celles-ci peuvent être expliquées par le report de l'hypoténuse des triangles rectangles formés dans la portion sud à partir des poteaux se situant au centre des façades (Figure 70). On retrouve ainsi l'emplacement des derniers poteaux au croisement entre les axes des façades et les cercles ayant pour rayon l'hypoténuse des triangles rectangles identifiés précédemment.

Les mesures du bâtiment ont pour plus petit dénominateur commun 0,30 m. Les petits poteaux de l'angle nord-ouest seraient distants de 3 pieds les uns des autres et le bâtiment mesurerait 11 pieds de large pour 14 pieds de long.

Les bâtiments 86 et 78

Le bâtiment 86 est constitué de sept poteaux. Le poteau situé sur le petit côté est peut matérialiser l'emplacement d'une entrée large de 1,2 m. L'édifice mesure 6 m de long pour 3 m de large. Ce rapport largeur/longueur est de 1/2. Encore une fois, on peut y voir l'application du théorème de Pythagore prenant la forme du rapport 1/2/√5 (Figure 71). On retrouve les mêmes proportions sur le bâtiment 78 qui présente un plan identique à l'exception du poteau pouvant matérialiser la porte (Figure 72). Cet édifice est légèrement plus petit. Il mesure 2,8 m de large pour 5,6 m de long.

Les mesures du bâtiment 86 peuvent correspondre avec un petit dénominateur commun de 0,30 m. On obtient alors 20 pieds de longueur pour 10 pieds de largeur avec une ouverture de 4 pieds. Les mesures du bâtiment 78, quant à elles, correspondraient plutôt à un dénominateur d'une valeur de 0,28 m qui donne les mêmes valeurs de distance une fois exprimé en pieds. L'utilisation d'un étalon plus petit a pu provoquer la légère différence de taille entre les deux bâtiments dont les similitudes, à la fois au niveau du plan et du schéma de construction, pourraient suggérer une conception contemporaine. Il est toutefois concevable qu'aucun lien n'existe entre ces bâtiments et qu'il s'agisse là de similitudes totalement fortuites. Ce postulat est, à ce jour, indémontrable.

Le bâtiment 57

Le bâtiment 57 est de plan carré et mesure 4,4 m de côté. L'entraxe de chaque ligne de poteaux est de 2,2 m soit la moitié de la longueur du bâtiment. On retrouve le rapport 1/2/√5 qui a pu intervenir dans la planification de cet édifice en utilisant les propriétés des triangles rectangles (Figure 73). Un léger décalage persiste au niveau du poteau d'angle est. Il peut résulter d'une

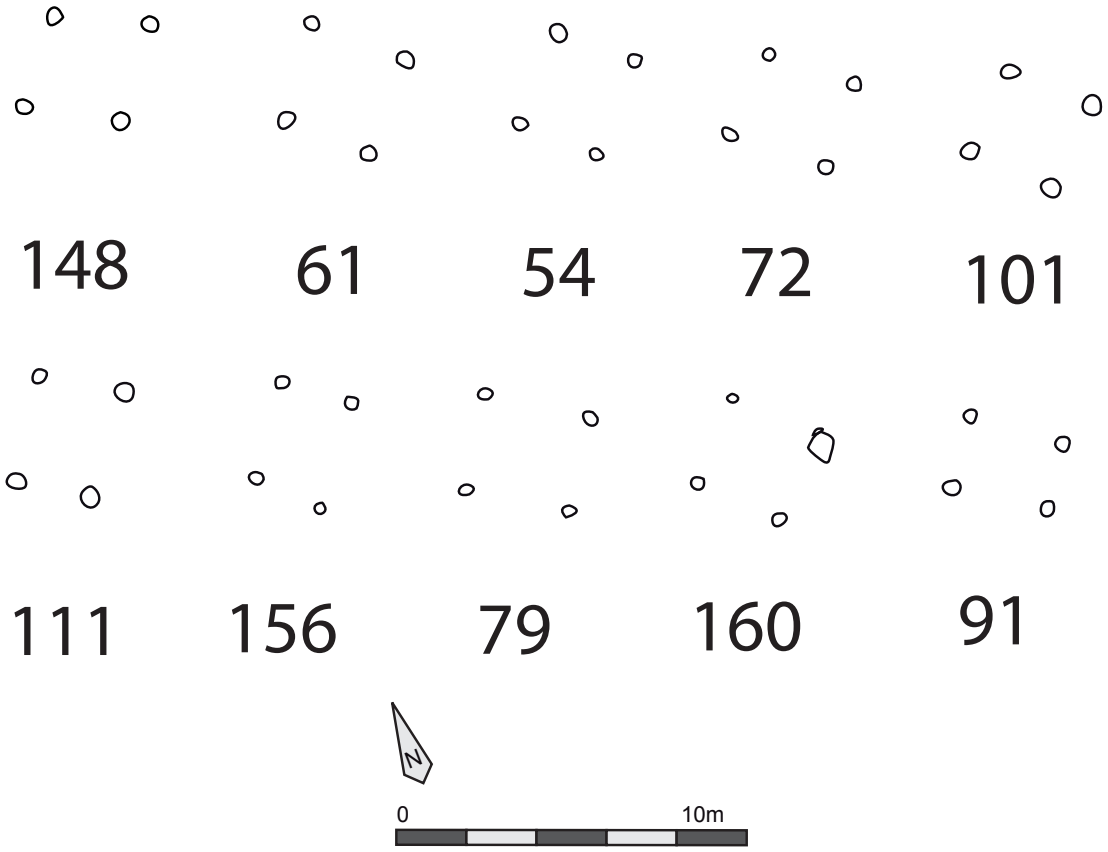


Figure 74. Bâtiments sur 4 poteaux, groupe 1.

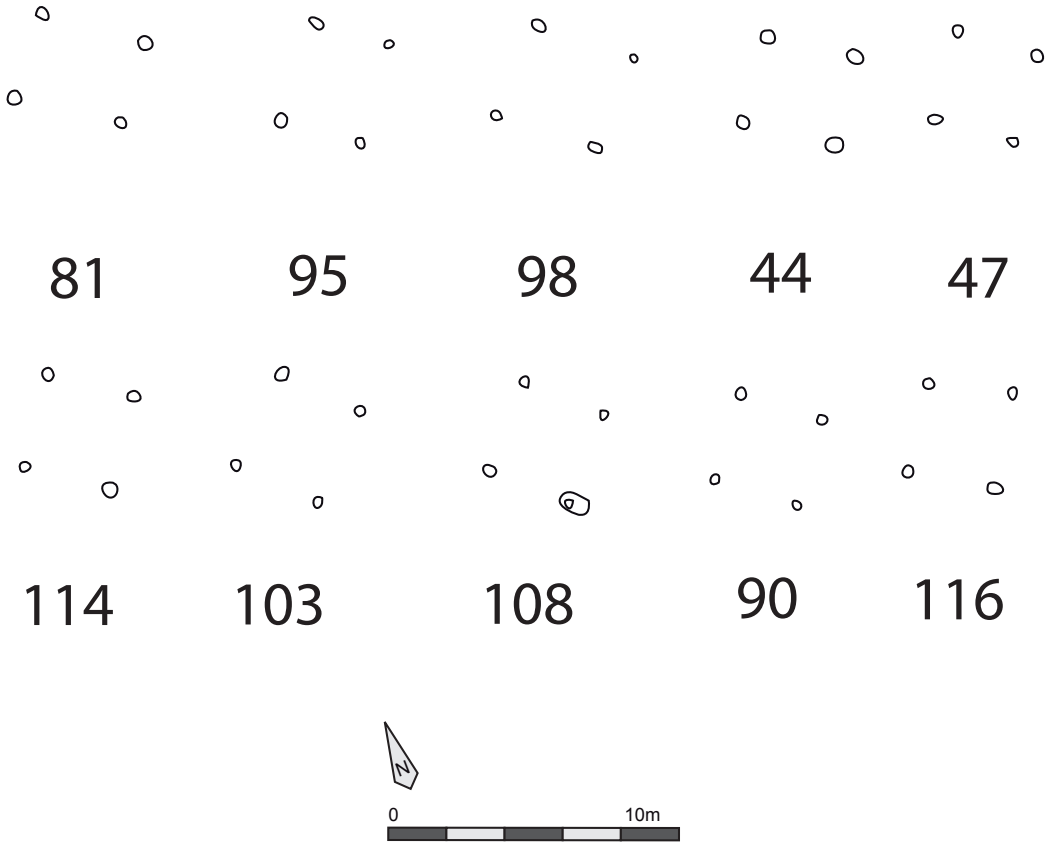


Figure 75. Bâtiments sur 4 poteaux, groupe 2.

approximation au moment de la construction. Deux étalons ont pu être utilisés lors des travaux qui ont mené à la construction de ce bâtiment : 0,275 m et 0,315 +/- 0,001 m. Dans le premier cas le bâtiment mesurerait 16 pieds de côté, dans le second, 14 pieds.

Les autres bâtiments sur 6 poteaux

En l'absence d'élément significatif, et en raison de rapport longueur/largeur précis, il est plus difficile de restituer des schémas de planification pour les autres bâtiments sur six poteaux (89 ; 121 ; 167 ; 125 ; 128 ; 168 ; 172 et 175). Ces bâtiments mesurent entre 2,6 et 4,5 m de largeur et entre 4,5 et 5,6 m de longueur. L'utilisation de triplets pythagoriciens est possible au vu des dimensions des bâtiments, mais, dans les cas présents, nous n'avons pas assez d'éléments pour être plus précis. Pour les mêmes raisons, aucun plus petit dénominateur commun n'a pu être identifié au sein de ces bâtiments.

2.3.2.5. Les bâtiments sur 4 poteaux

Le faible nombre de mesures pouvant être prises ainsi que les petites dimensions des constructions rendent l'étude métrologique de ces édifices moins pertinente que celles effectuées sur des bâtiments ou des structures plus vastes et/ou plus complexes. Toutefois, les proportions et mesures sont proches dans de nombreux cas et deux groupes de bâtiments dont les plans sont superposables se distinguent. Seul le bâtiment 1 qu'on ne peut attribuer à aucun de ces groupes et qui mesure 2,3 m de long pour 1,9 m de large.

Le premier groupe comporte dix bâtiments de 2,8 m de longueur et dont la largeur varie entre 2,5 et 2,8 m (Figure 74). Le second ensemble regroupe 10 édifices de 3,1 m de largeur avec une longueur variant entre 3,1 et 3,5 m (Figure 75).

L'existence de ces groupes de bâtiments quasiment identiques peut indiquer l'utilisation d'un module appliqué de façon presque systématique, mais nous n'avons pas assez d'information pour confirmer cette hypothèse. La répétition de ces mesures reste tout de même un argument fort en faveur de ce postulat. Il est possible d'appliquer un étalon de 0,28 m aux édifices du premier groupe et un étalon de 3,1 m aux constructions du second. Là encore, faute d'opportunité de multiplication des mesures, ces hypothèses restent à ce jour à vérifier.

2.3.3. La phase 2

2.3.3.1. Organisation générale de la phase 2

La phase 2 se caractérise par la mise en place d'un enclos divisé en deux parties et regroupant plusieurs bâtiments aux alentours de 130 avant notre ère et suivi par la construction d'un rempart à poteaux frontaux en 122 avant notre ère (SCHINDLER 1977 : 72). La porte monumentale sur sablière laisse sa place à un édifice sur 9 poteaux. Seuls 8 d'entre eux ont pu être identifiés. Au sud-

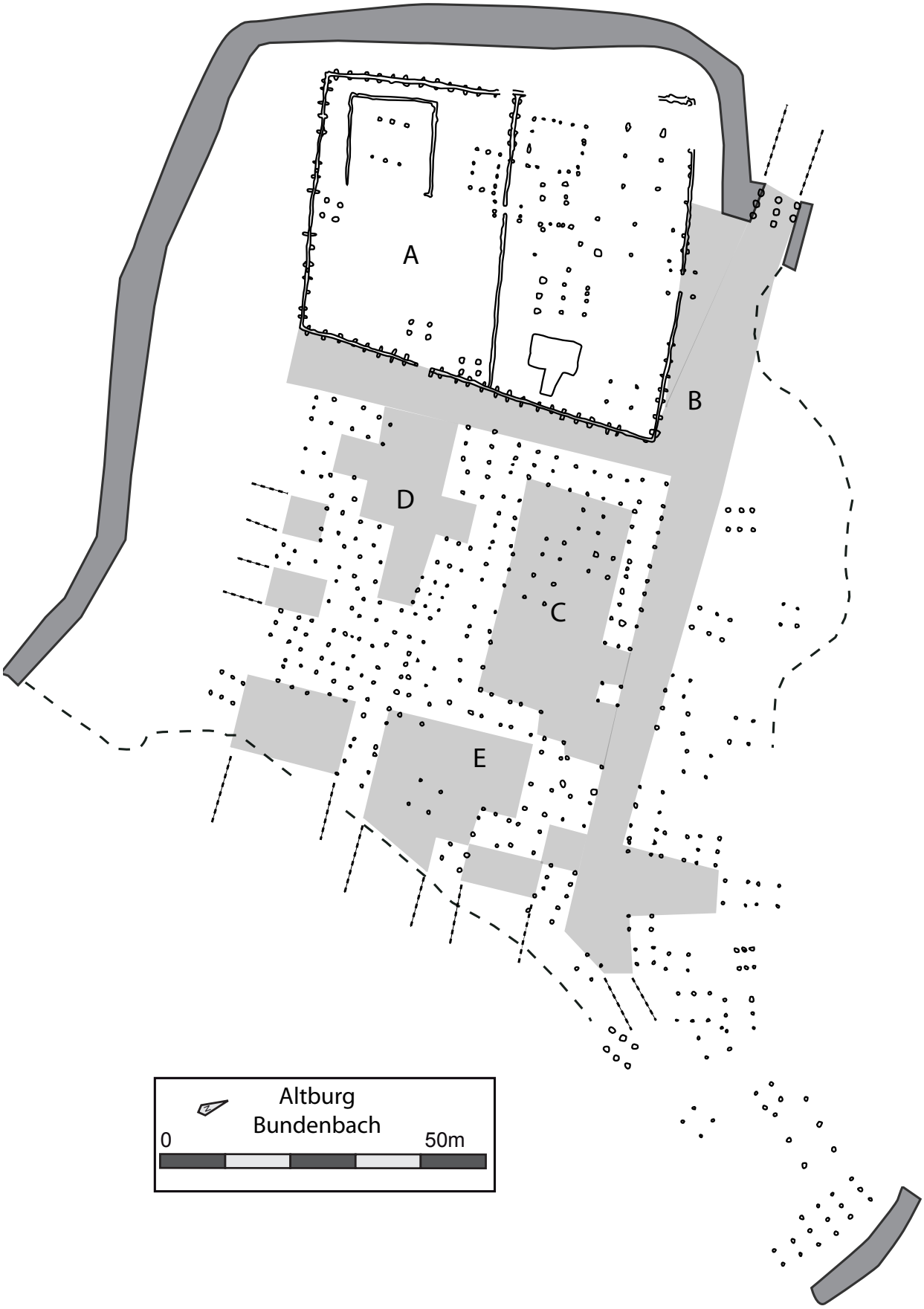


Figure 76. Emplacements des espaces vides.

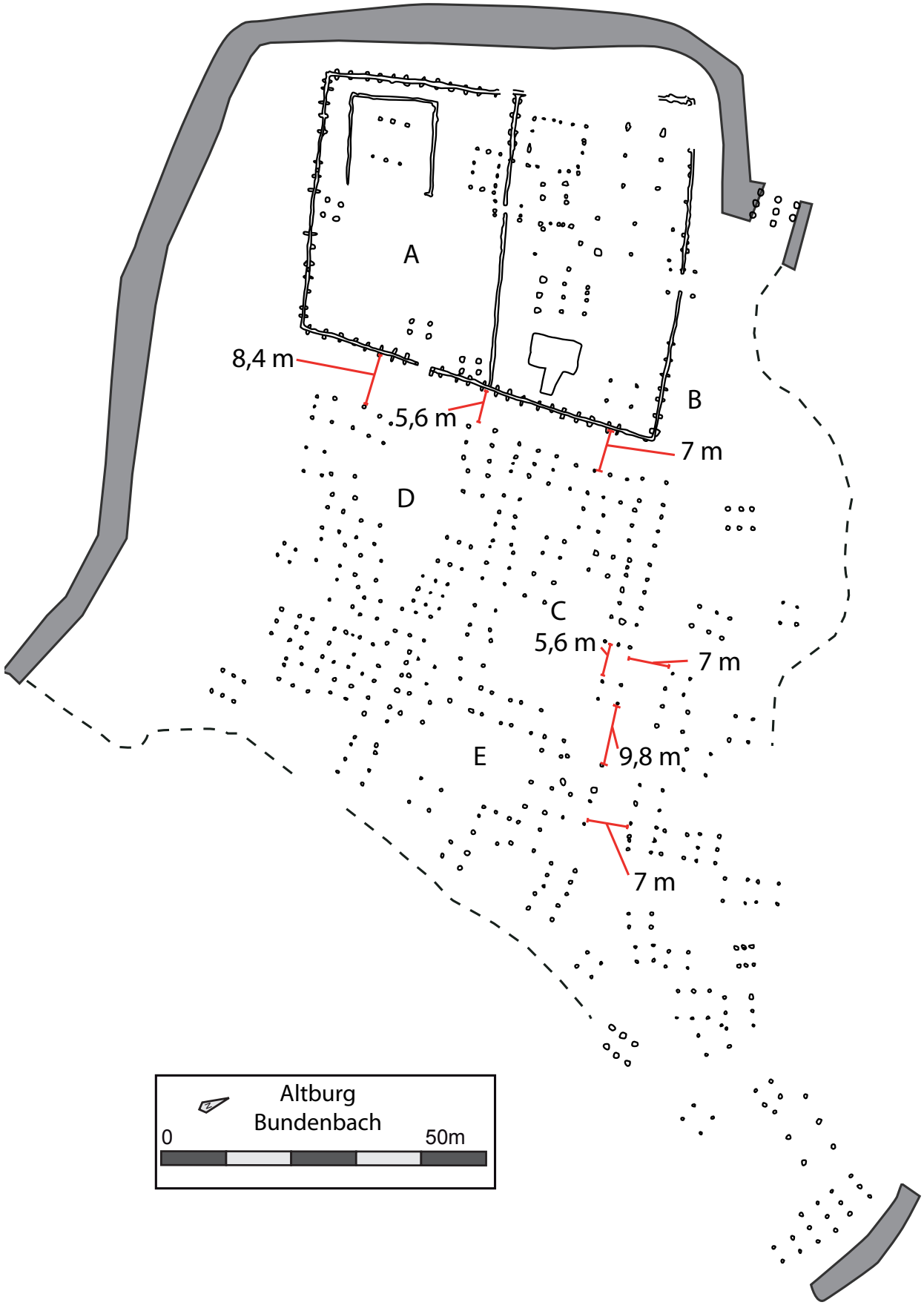


Figure 77. Mesures des axes de circulations.

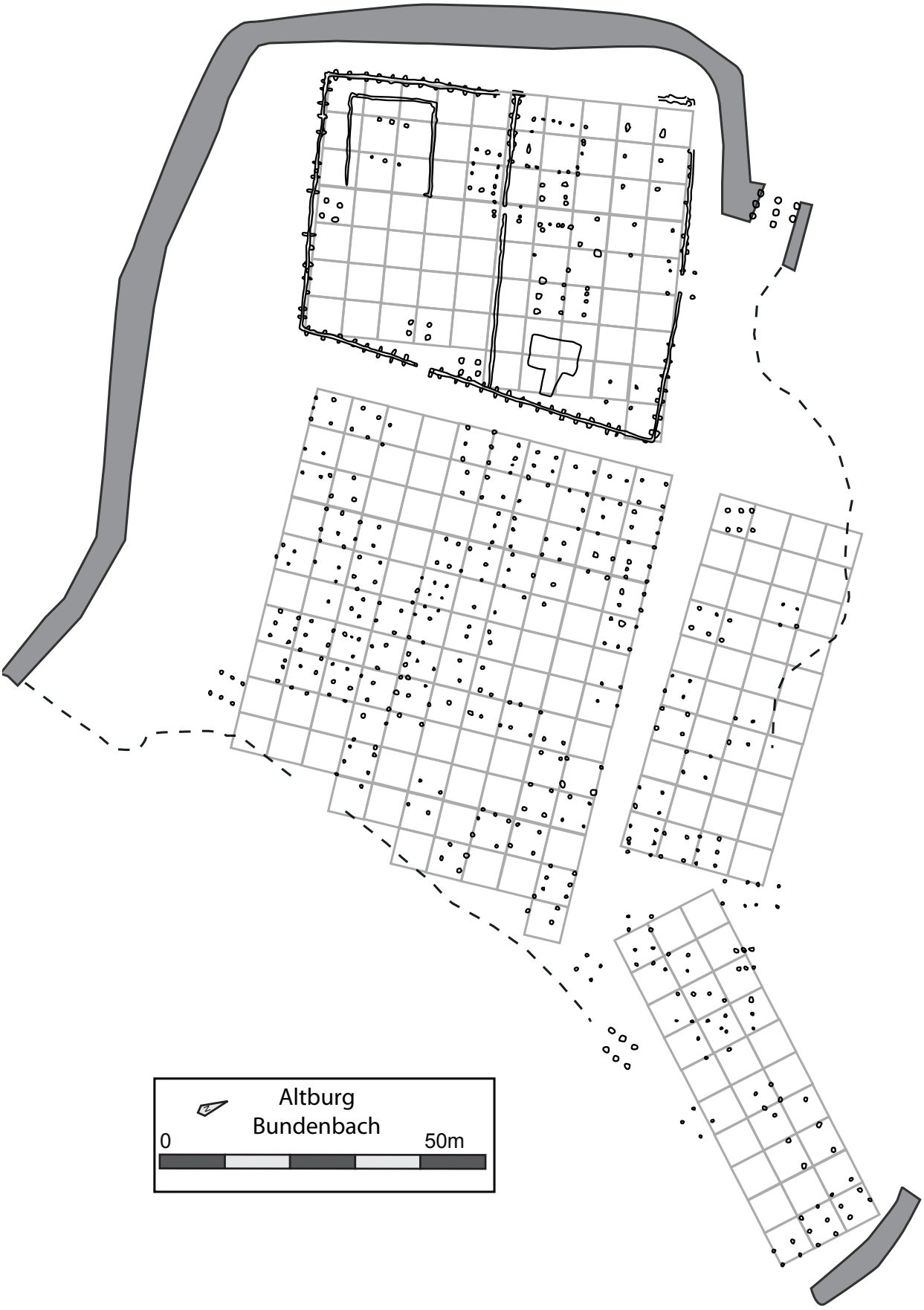


Figure 78. Le site et sa grille modulaire. Chaque carré mesure 5,6 m de côté.

ouest de cette entrée se situe une des ouvertures de l'enclos intérieur. Celle-ci est potentiellement monumentalisée avec l'aide d'un édifice sur quatre poteaux. Une seconde ouverture de l'enclos se situe au sud-est de celui-ci.

L'occupation du site est particulièrement dense et organisée. Les bâtiments présentent en majorité la même orientation que durant la phase précédente (sud-sud-ouest/nord-nord-est). Leur organisation et les effets de parois dessinent de potentiels espaces de circulation et espaces vides. Ces derniers se situent aux mêmes emplacements que durant la phase 1. Il est possible d'y ajouter l'espace E à l'est de la place C (Figure 76). Il peut s'agir d'un nouvel aménagement propre à cette phase. Dans ce cas, les espaces sont clairement délimités et pourront faire l'objet d'une analyse pertinente.

L'épaisseur du rempart est très variable (entre 3,2 et 6,5 m). Son ouverture mesure 5,6 m de largeur. On retrouve cette mesure à deux reprises. La première fois, entre l'enclos intérieur et le bâtiment le plus proche de cet enclos. La seconde fois, au nord de l'espace C. Cet emplacement a pu servir de point d'accès à l'espace C. Un second point d'accès situé à l'est de ce dernier mesure quant à lui 9,8 m. L'axe de circulation traversant le site d'ouest en est a une largeur particulièrement régulière d'une valeur de 7 m. On retrouve cette valeur pour la moitié nord de l'axe orienté nord/sud alors que la portion sud mesure 8,4 m de largeur (Figure 77). Ces distances sont encore plus régulières que celles identifiées lors de la phase précédente.

Nous laisserons de côté ici les espaces A et B. Le premier fait partie de l'enclos intérieur et sera traité dans le même temps. Le second n'est pas bien délimité et il pourrait également s'agir d'un axe de circulation. L'espace C est la surface la mieux délimitée et la plus régulière. Elle est de forme rectangulaire et est orienté est/ouest. Quatre bâtiments semblent intégrés à l'intérieur de la zone qui mesure 16,8 m sur 33,6 m soit un rapport 1/2 entre la longueur et la largeur. L'espace E est également de forme rectangulaire, orienté cette fois nord-est/sud-ouest. Il mesure 11,2 m sur 16,8. L'espace D est le plus irrégulier. Il est orienté est/ouest. Sa partie rectangulaire mesure 11,2 m sur 16,8. Il présente deux excroissances au nord et au sud mesurant 5,6 m de côté et une troisième à l'est mesurant 11,2 m de long pour 6,2 m de large.

L'enclos intérieur mesure 56 m de long sur ses côtés est et ouest, 50,4 m sur son côté nord et 39,2 m au sud. Cet enclos est divisé en deux en son centre dans sa largeur. La portion sud mesure 44,8 m de long au nord, 39,2 m de long au sud et 28 m sur les côtés est et ouest. La portion nord présente les mêmes dimensions à l'est et à l'ouest que la portion sud. Elle mesure 44,8 m au sud et 50,4 m au nord. L'ouverture nord de l'enclos mesure 2,8 m de large. Son équivalent au sud-est mesure 2,1 m. Enfin, l'interruption permettant le passage entre les deux portions de l'enclos intérieur mesure 1,4 m. Nous traiterons des portes qui surmontent ces entrées dans la partie suivante.

Toutes les mesures que nous venons d'évoquer mises à part celles de l'extension est de l'espace D sont exprimables à partir de la valeur 5,6. Celle-ci peut avoir servi de module pour l'organisation

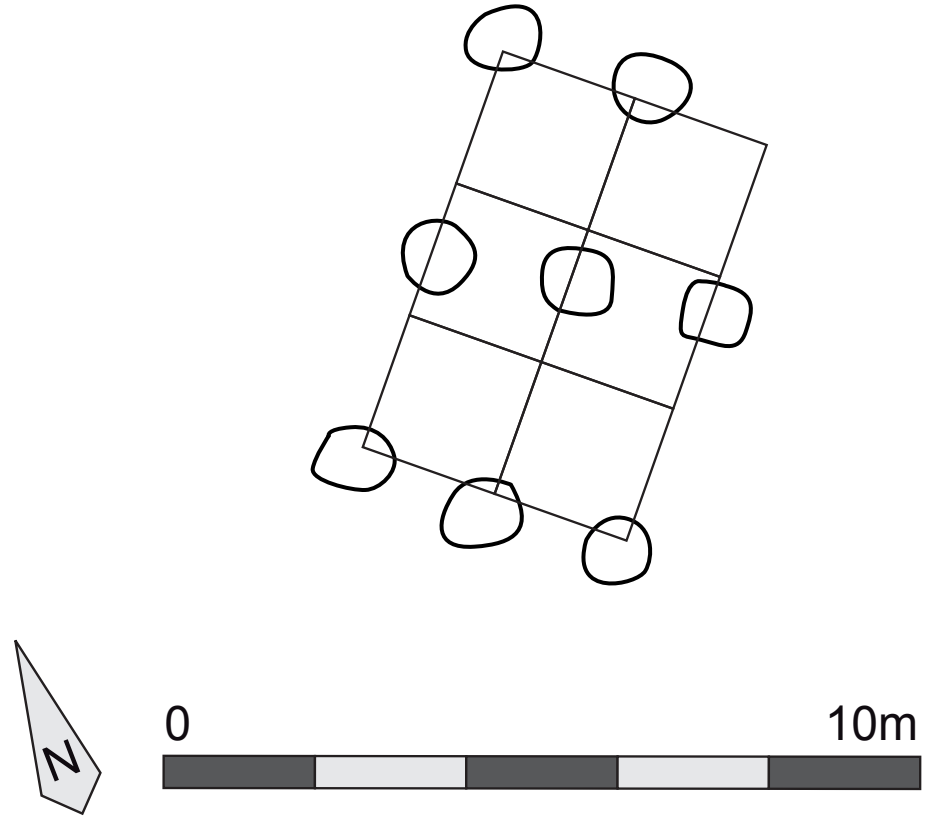


Figure 79. Plan du second état de la porte et grille modulaire. Chaque carré mesure 1,85 m de côté.

de l'espace et des places. Les axes de circulations mesurent ainsi en largeur 1 module (5,6 m), 1,25 module (7 m), 1,5 module (8,4 m) ou 1,75 fois le module principal (9,8 m). Ce module se retrouve 3 fois dans la largeur et 6 fois dans la longueur de l'espace C, ainsi que 2 fois dans la largeur et 3 fois dans la longueur de l'espace E et de la portion régulière de l'espace D. Ce même module se répète 10 fois dans la longueur de l'enclos intérieur, 9 fois dans sa largeur au nord et 7 fois dans sa largeur au sud. La division de l'enclos s'opère sur 8 modules de long par 5 modules de large au centre de la longueur totale de l'aménagement. L'ouverture permettant d'entrer dans l'enclos au nord mesure un demi-module et celle permettant le passage entre les deux portions de l'enclos 1/4 du module. Seule l'ouverture à l'est (2,1 m) ne peut pas s'exprimer en multiple de 5,6.

L'ensemble des éléments du site s'intègre de manière générale dans une grille modulaire composée de carrés de 5,6 m de côté (Figure 78). Cette valeur a pour plus petits dénominateurs communs 0,28 et 0,35. Dans le premier cas le module principal mesure 20 pieds de côtés, dans le second, 16 pieds. Ces dénominateurs sont également applicables aux multiples de 5,6. Il est intéressant de constater que la mesure de l'ouverture est de l'enclos (2,1 m), la seule ne pouvant pas s'exprimer en multiple de 5,6 peut s'exprimer en 7,5 pieds de 0,28 m ou 6 pieds de 0,35 m.

Il reste désormais à voir si une telle régularité se retrouve également à l'échelle des bâtiments du site. Au vu du grand nombre d'édifices attribué à cette phase, nous ne traiterons pas des bâtiments au plan douteux et irréalistes.

2.3.3.2. Les portes

La porte monumentale de la phase 2

Cette phase de la porte monumentale repose sur neuf poteaux dont un n'a pas pu être identifié. Le plan est plus irrégulier que lors de la phase précédente. Le bâtiment mesure 5,6 m de long pour une largeur de 3,7 m. L'espacement des poteaux dans la longueur varie entre 2,8 et 3,3 m alors que la distance entre les poteaux est régulière dans la largeur : 1,85 m. Cette distance se retrouve deux fois dans la largeur du bâtiment. Dans sa longueur, il est possible de répéter trois fois cette mesure (Figure 79). On obtient alors 5,55 m de longueur à la place des 5,6 m mesurés précédemment. Une approximation au moment de la construction peut avoir engendré ce décalage insignifiant. Il faut également rappeler qu'en l'absence des fantômes de poteaux les mesures prises lors de l'étude perdent en précision. Le plus petit dénominateur commun s'appliquant le mieux à toutes ces mesures est 0,28 +/- 0,005 m. Cette valeur est très proche d'un des étalons proposés pour les aménagements communautaires du site.

Les bâtiments 34 et 20

Ces deux édifices se situent au niveau des ouvertures de l'enclos intérieur et correspondent vraisemblablement à des portes. Le bâtiment 34 couvre l'accès nord tandis que le bâtiment 20 couvre le passage entre les deux partitions de l'enclos. Le premier repose sur quatre poteaux et est de plan carré. Il mesure 3,7 m de côté. Le second est composé de six poteaux et est de plan quasi rectangulaire. Il mesure 2,1 m de large pour 3,9 m de long. Ce bâtiment est très irrégulier. Il est intéressant de constater que la longueur du bâtiment 34 correspond à la largeur de la porte monumentale. Il est possible qu'un module similaire s'applique aux deux bâtiments toutefois le faible nombre de mesures ne nous permet pas d'être plus précis. Le bâtiment 20 quant à lui bien que de plan irrégulier présente des espacements entre les poteaux très proches. Ainsi les poteaux centraux des façades nord et sud sont distants de 1,5 m des poteaux ouest et de 0,6 m des poteaux est. Tous ces nombres ont pour dénominateur commun 0,30. On peut alors exprimer la longueur du bâtiment en 13 pieds et sa largeur en 7 pieds. Les deux poteaux centraux des façades se situent à 5 pieds des poteaux ouest et à 2 pieds des poteaux est. Il est intéressant de constater que 5 et 13 sont deux éléments d'un triplet pythagoricien approximatif (au même titre que le 4-7-8) : 5-13-14. (en réalité 13,9483...). L'hypoténuse mesure ici 4,2 m soit 14 pieds de 0,30 m. Il est possible que la déformation du plan du bâtiment soit due à cette approximation.

2.3.3.3. Les bâtiments sur plus de 6 poteaux et sur sablières.

La structure 14

Cet ensemble correspond à trois tranchées de fondation de parois formant un plan rectangulaire de 14,4 m de long et 13,2 m de large. Les angles droits et la longueur des trois portions de

tranchées rendent l'utilisation d'un triplet pythagoricien probable dans la planification, mais il est difficile d'être plus précis au vu des innombrables possibilités pouvant être rencontrées avec de telles dimensions et de l'absence d'éléments architecturaux supplémentaires. Le plus petit petit dénominateur commun de ces mesures est 0,30 et on obtient alors 48 pieds de long pour 44 pieds de large. Les modules évoqués précédemment pourraient donc se situer parmi les multiples de 0,30.

L'ensemble 24-25

Il s'agit d'une structure excavée correspondant à une cave et son couloir d'accès vraisemblablement surmonté d'une structure en matériaux périssables, mais dont le plan n'est pas clairement identifié. La cave est de plan rectangulaire et mesure 7,55 m de long et 4,8 m de large. Le couloir d'accès est long de 3,85 m et large de 1,8 m à l'est et 2,7 m à l'ouest au débouché de la cave. Le plus petit dénominateur commun le plus pertinent sur ces structures est 0,30. La structure mesure un peu plus de 25 pieds (25,1666...) de long et 16 pieds de large avec un accès long de 12,5 pieds (12,6666...) large de 6 pieds à l'est et de 9 pieds à l'ouest.

Le bâtiment 17

Le bâtiment 17 est de plan rectangulaire et mesure 7,35 m de largeur pour une longueur de 8,2 m. Si la forme du bâtiment est régulière avec des angles droits bien respectés, la distance entre les différents poteaux constituant le bâtiment est très irrégulière rendent difficile l'identification d'un module permettant la planification de ces angles droits. Il en va de même pour le plus petit dénominateur commun. Aucune valeur cohérente n'a pu être identifiée.

Le bâtiment 15

Il s'agit d'un bâtiment à deux nefs composé de onze poteaux. Les trous de poteaux au centre des petits côtés sont de plus gros diamètre et servaient vraisemblablement au maintien de la poutre faitière. L'édifice mesure 6 m de long pour 3,7 m de large. Ces 3,7 m de distance se retrouvent également entre les poteaux d'angles et les poteaux au centre de la paroi sud du bâtiment. Ces derniers sont espacés de 1,4 m. La distance entre un poteau d'angle et un poteau portant la poutre faitière est de 1,85 m soit la moitié de la largeur du bâtiment (Figure 80). On retrouve dès lors des triangles rectangles de rapport $1/2/\sqrt{5}$ dans la portion sud du bâtiment. Ces figures géométriques et le report de la largeur a pu servir à la planification du bâtiment (Figure 81). Toutefois, on ne retrouve pas la même régularité des mesures sur la paroi nord. Ici l'espace entre les poteaux centraux de la paroi nord-est de 1,6 m, et ils sont distants des poteaux d'angles de 1,9 m à l'ouest et de 2,65 m à l'est. Aucun dénominateur commun n'a pu être identifié avec ses mesures. Cependant, la possibilité de l'utilisation du report de la demi-largeur du bâtiment, soit 1,85 m, nous permet de proposer l'utilisation d'un étalon d'une valeur comprise entre 0,305 et 0,310 m. Cette valeur de 1,85 correspond en effet à une brasse, surmutltiple d'un pied d'une valeur de 0,308333... m.

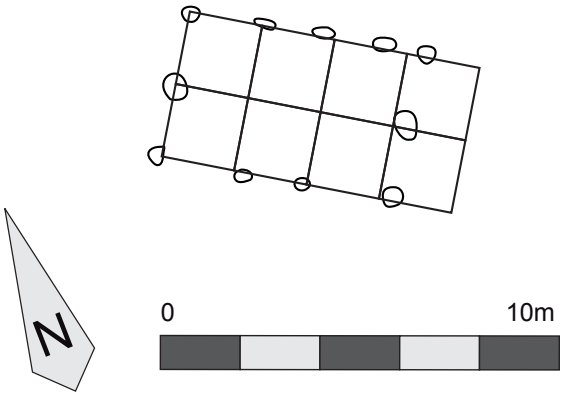


Figure 80. Plan du bâtiment 15 et grille modulaire avec des carrés de 1,85 m de côté.

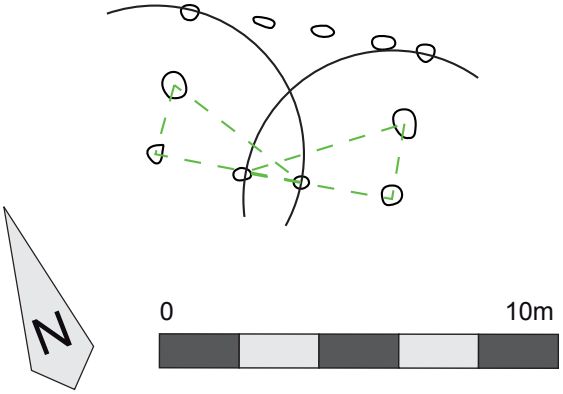


Figure 81. Plan du bâtiment 15 et schéma de planification.

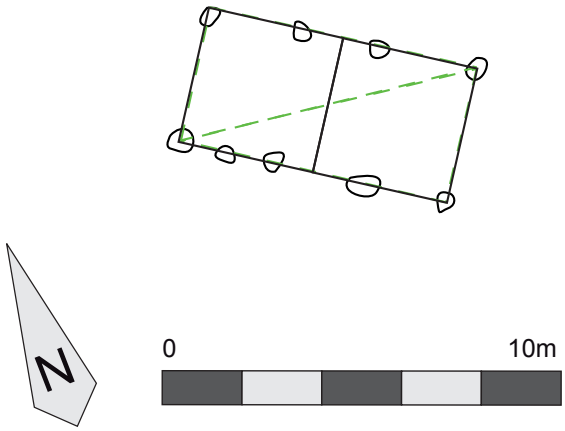


Figure 82. Plan du bâtiment 67 et schéma de planification.

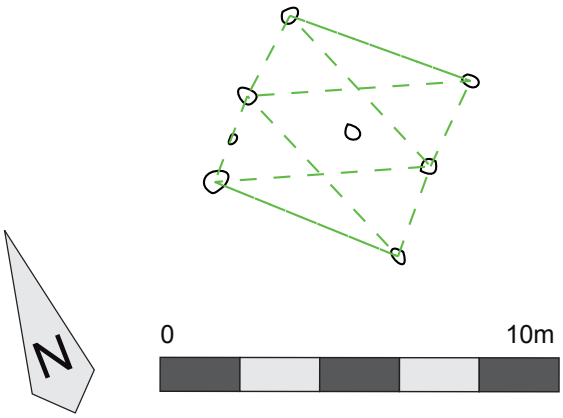


Figure 83. Plan du bâtiment 82 et schéma de planification.

Le bâtiment 124

Il s'agit d'un bâtiment sur onze poteaux. De plan rectangulaire, il mesure 9,8 m de long sur 3,6 m de large. L'espacement entre les poteaux de chaque long côté varie entre 1,8 et 3,2 m. Aucun rapport métrique, modulaire ou géométrique n'a pu être identifié sur ce bâtiment.

Le bâtiment 67

Ce bâtiment mesure 6,9 m de longueur sur 3,25 m de largeur à l'ouest et 3,45 m de largeur à l'ouest. En prenant en compte cette dernière distance, on constate que le bâtiment a un rapport largeur/longueur de 1/2. Cela renvoit une fois de plus à la possibilité de l'utilisation du rapport 1/2/√5 dans la mise en place des angles droits du bâtiment (Figure 82). Deux plus petits dénominateurs communs sont possibles avec de telles mesures : 0,30 et 0,345. Dans le premier cas, l'édifice mesurerait 23 pieds de long pour 11,5 pieds de large, et dans le second, 20 pieds de long pour 10 pieds de large.

Le bâtiment 84

Le bâtiment 84 mesure 9,2 m de long pour 3,7 m de large et présente un plan assez similaire à celui du bâtiment 67. Dans le cas présent pourtant le rapport 1/2/√5, ne s'applique pas parfaitement. En effet, le rapport largeur/longueur est ici de 1/2, 5 ou 2/5. Cependant, au vu des dimensions du bâtiment, il est tout de même possible de le planifier à l'aide du rapport précédent et de compléter sa longueur par la suite. Ce rapport de 2/5 nous renseigne sur la possible utilisation d'un module d'une valeur de 1,85 m (2 x 1,85 = 3,7 et 5 x 1,85 = 9,25). On peut dès lors proposer, comme pour le bâtiment 15, l'utilisation d'un étalon d'une valeur comprise entre 0,305 et 0,310.

Le bâtiment 48

De plan rectangulaire, ce bâtiment mesure 8,2 m sur 3,7 m. Nous nous retrouvons encore une fois dans le même cas que précédemment. Ici le rapport largeur longueur est de 1/2, 2 environ. Les distances sont encore une fois suffisantes pour utiliser le rapport 1/2/√5 dans la planification des angles droits et la largeur du bâtiment est similaire à celle de l'édifice 84. Nous proposons là encore d'y voir la potentielle utilisation d'un module de 1,85 m et d'un étalon d'environ 0,308 m malgré la longueur du bâtiment qui ne correspond pas tout à fait à ce modèle.

Le bâtiment 120

Ce bâtiment mesure 10 m de long, 3,4 m de large à l'est et 3,3 m à l'ouest. On se rapproche ici très fortement d'un rapport largeur/longueur de 1/3. Encore une fois, nous proposons ici l'utilisation du rapport 1/2/√5 dans la planification des angles droits au vu de la longueur du bâtiment. Toutefois, aucun plus petit dénominateur commun ne peut être identifié ici.

Le bâtiment 82

Le bâtiment 82 mesure 4,8 m de côté. Il est composé de huit poteaux, dont un poteau central. Celui-ci se situe à 2,8 m de la paroi ouest et à 2 m de la paroi est. Malgré quelques distorsions, on retrouve le rapport 1/2/√5 dans chaque moitié du bâtiment (Figure 83). Il est donc possible que les angles droits aient été planifiés grâce à ce principe et sa répétition. Sa distorsion peut-être due à une approximation lors de la construction. Il est possible de proposer l'utilisation d'un étalon de 0,30 ou de 0,32 m. Dans le premier cas le bâtiment 82 mesurerait 16 pieds de côté, dans le second, 15 pieds de côté.

Les bâtiments 21, 47 et 71

Ces bâtiments mesurent respectivement 4,3 m sur 7,3 m, 4,5 m sur 6,1 m et 4 m sur 4,1 m. Il s'agit de bâtiments sur neuf poteaux (trois rangées de trois poteaux) correspondant vraisemblablement à des greniers. Aucun rapport particulier n'a pu être identifié au sein de ces bâtiments. Il en va de même pour un potentiel étalon.

2.3.3.4. Les bâtiments sur 6 poteaux

Nous avons regroupé ici les bâtiments présentant des proportions et des dimensions similaires créant ainsi six groupes de bâtiment sur six poteaux.

Le premier groupe englobe huit bâtiments mesurant 3,7 m de largeur pour une longueur comprise entre 4,8 m (le bâtiment 190) et 5,4 m (Figure 84). Le second comprend les six bâtiments larges de 3 m à 3,3 m pour une longueur de 4 m à 4,2 m (Figure 85). Le troisième groupe se compose de cinq bâtiments larges de 4,2 m et long de 4,85 m (Figure 86). Le groupe 4 comporte 3 bâtiments de plan carré de 4 m à 4,2 m de côté (Figure 87). Les bâtiments 19 et 186 sont réunis au sein du groupe 5 (Figure 88). Ils mesurent tous deux 5,45 m sur 9,2 m. Le dernier groupe comporte les bâtiments ne s'inscrivant dans aucune des catégories précédentes (Figure 89). Il s'agit du bâtiment 29 qui mesure 4,8 m de large pour 11,8 m de long ; le bâtiment 12 qui mesure 6,1 m de long pour 4,4 m de large et le bâtiment 171 qui mesure 2,8 m sur 2,5 m.

À l'exception du groupe 6, rassemblant des édifices aux plans particuliers, la répétition des types de plans et des proportions permet de mettre en avant l'utilisation de modules de constructions communs qui restent cependant difficiles à percevoir du fait de l'absence d'un nombre suffisant de mesures pouvant être effectuées et de la simplicité des plans. Ces modules ont pu être appliqués à l'aide d'étalons de mesure variables puisque le plus petit dénominateur commun constaté au sein de ces édifices recouvre une large fourchette de valeur : 0,295 +/- 0,025 m.

2.3.3.5. Les bâtiments sur 4 poteaux

Dans ce cas également, les proportions et dimensions similaires de nombreux édifices nous ont

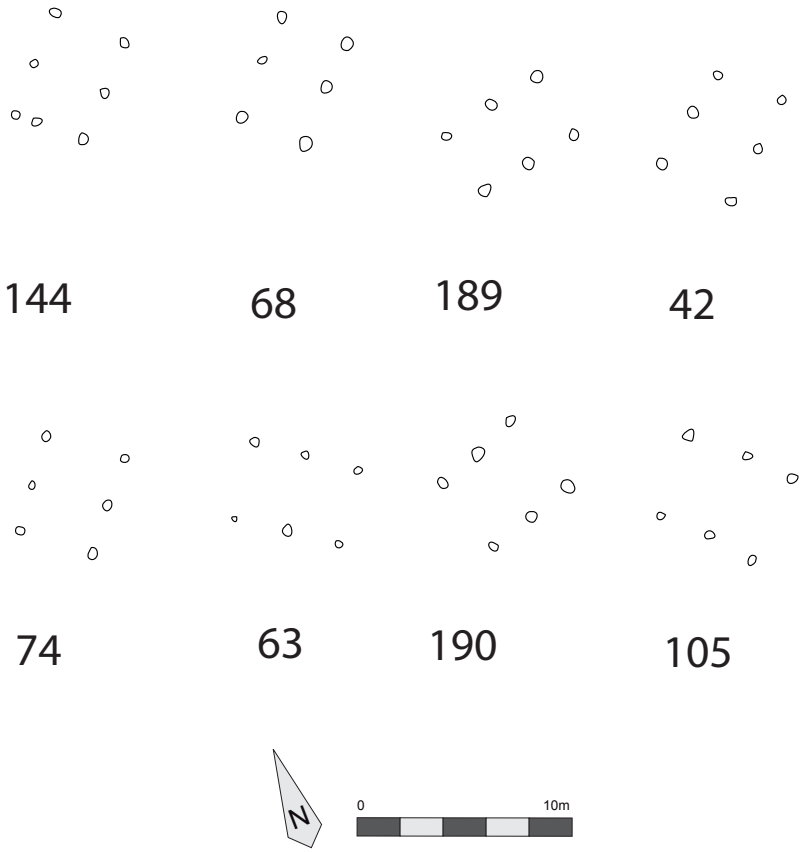


Figure 84. Bâtiments sur 6 poteaux, groupe 1.

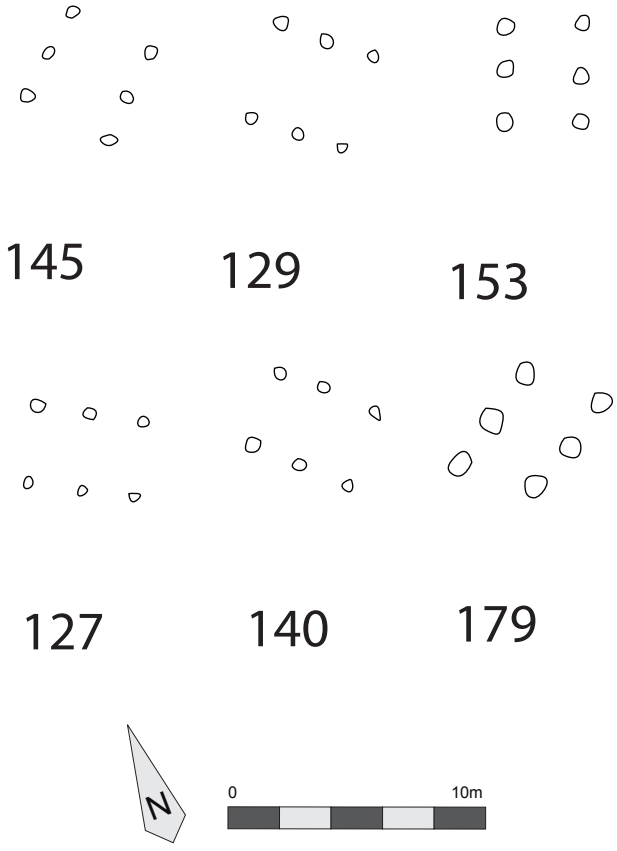


Figure 85. Bâtiments sur 6 poteaux, groupe 2.

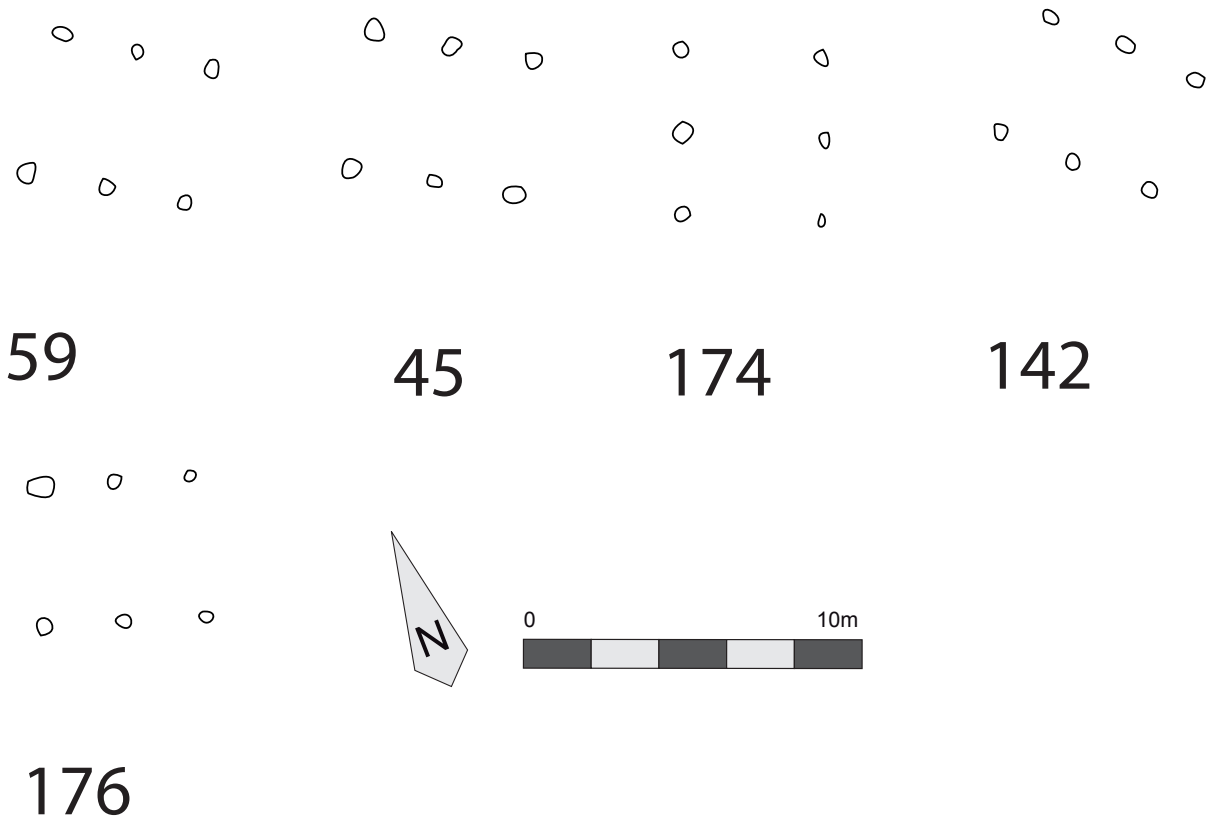


Figure 86. Bâtiments sur 6 poteaux, groupe 3.

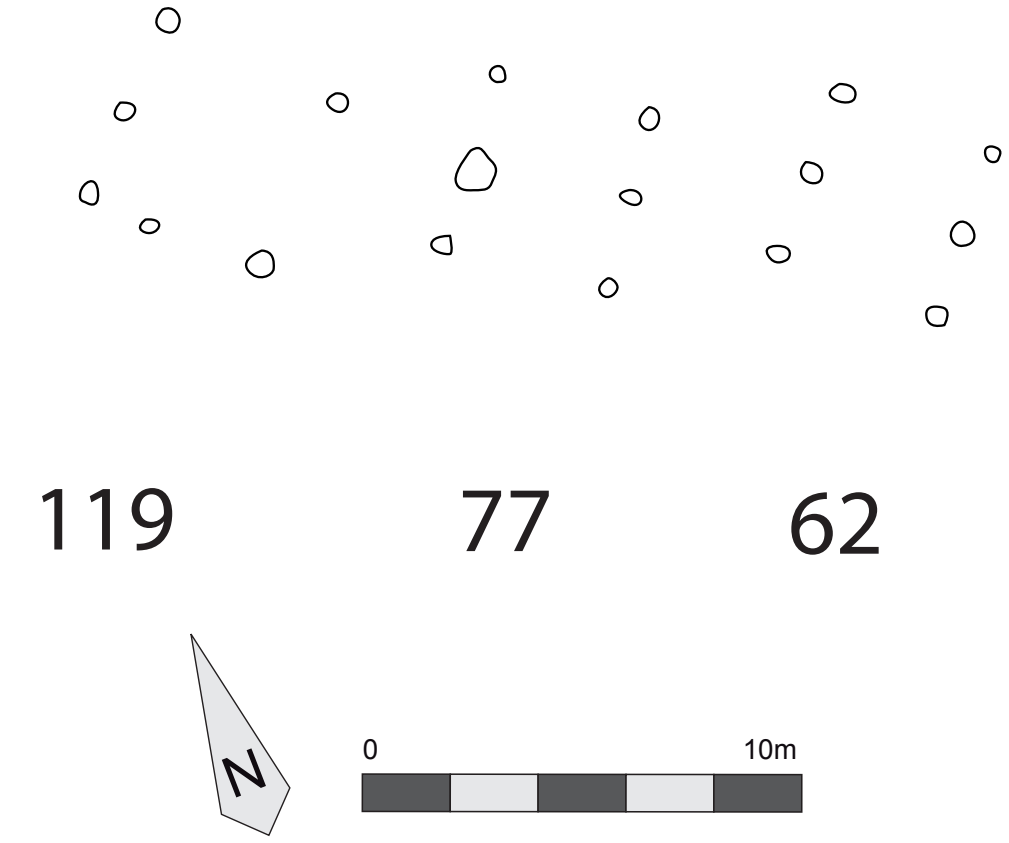


Figure 87. Bâtiments sur 6 poteaux, groupe 4.

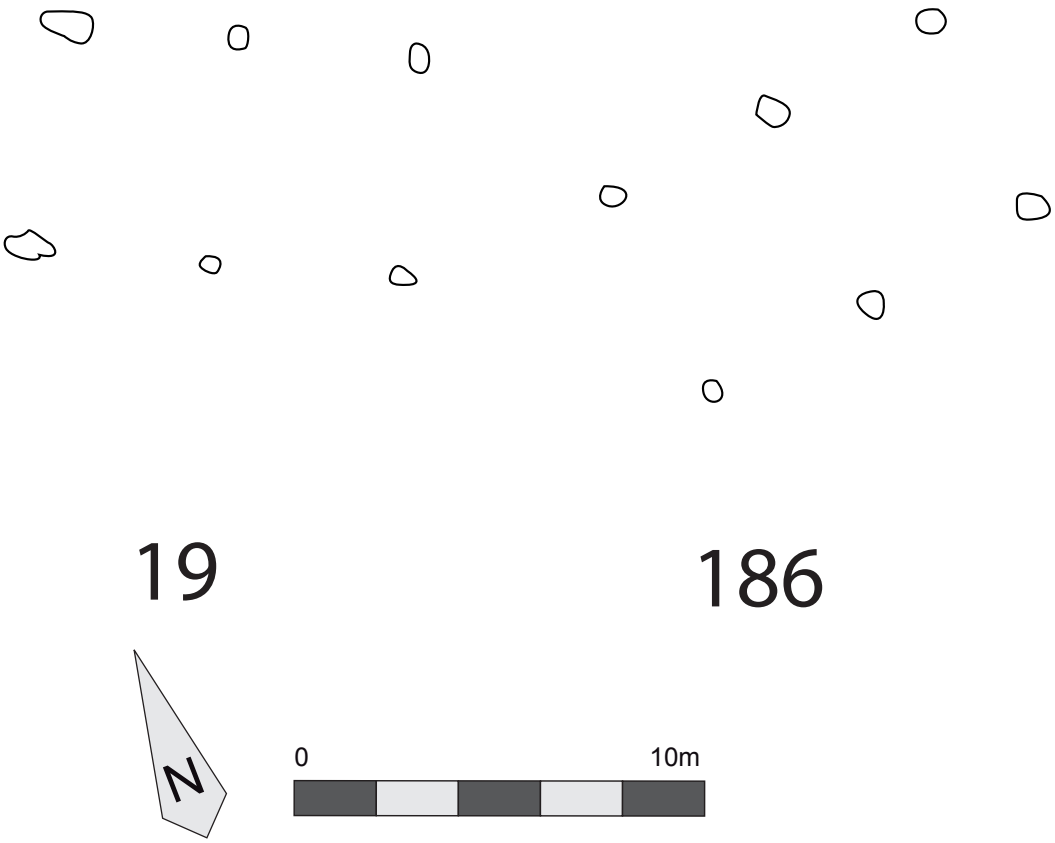


Figure 88. Bâtiments sur 6 poteaux, groupe 5.

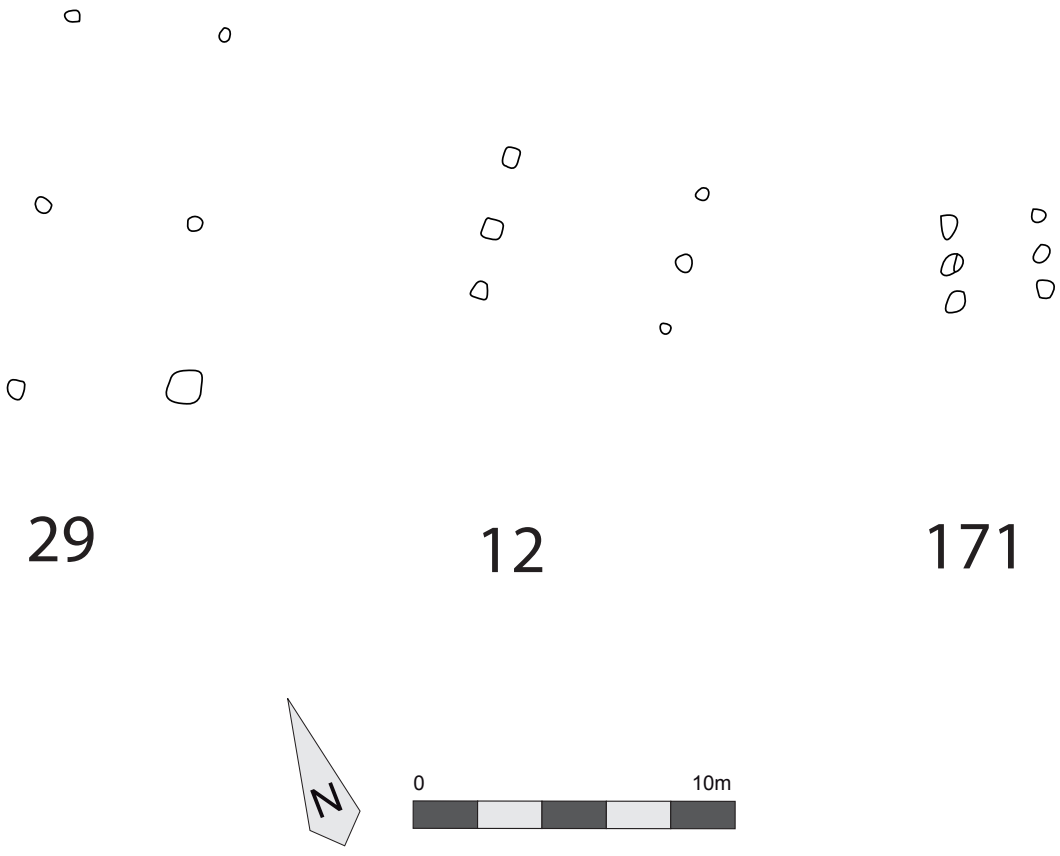


Figure 89. Bâtiments sur 6 poteaux, groupe 6.

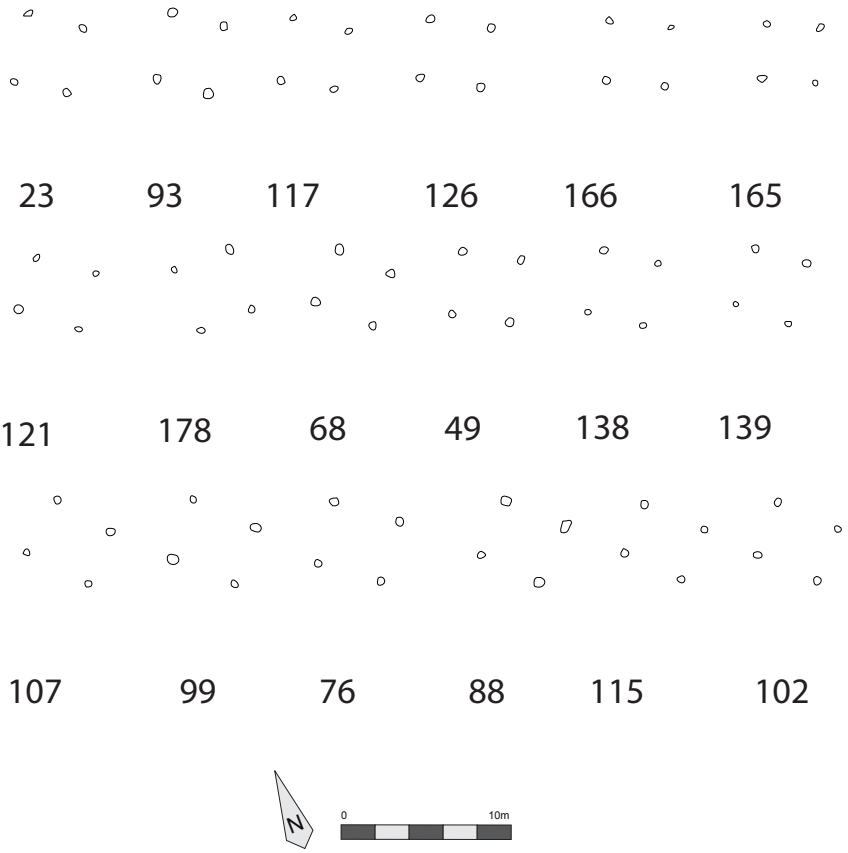


Figure 90. Bâtiments sur 4 poteaux, groupe 1.

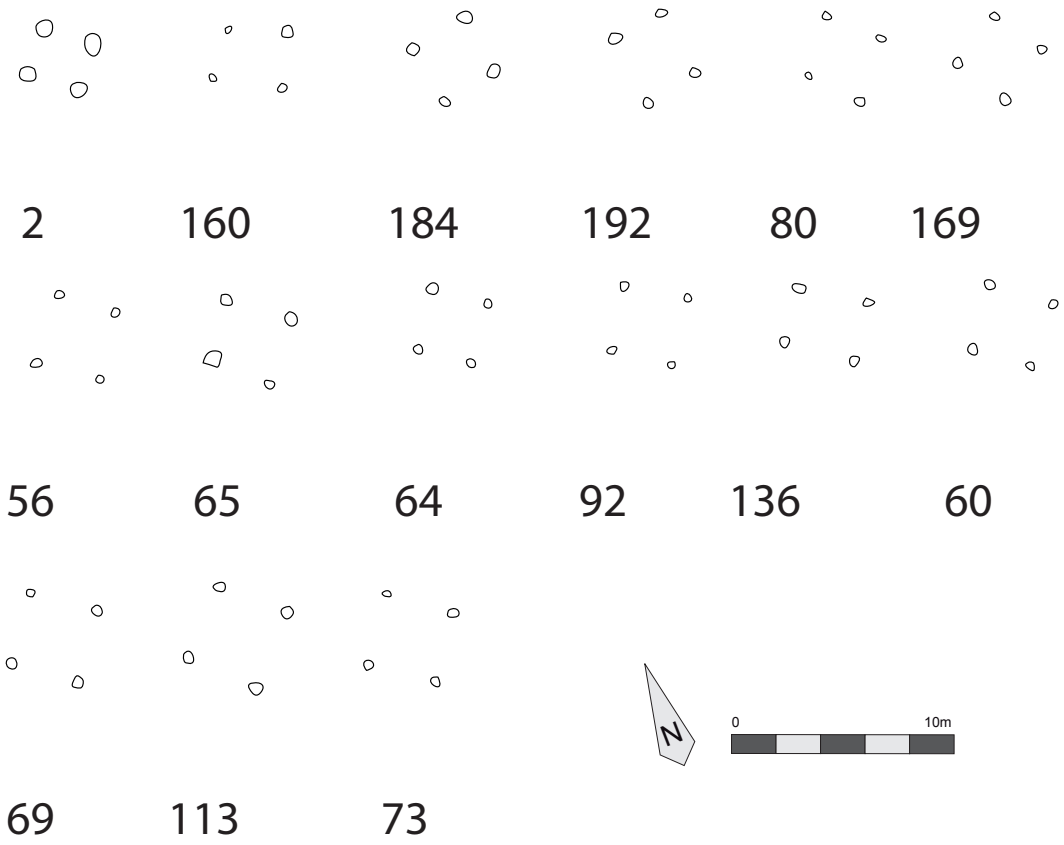


Figure 91. Bâtiments sur 4 poteaux, groupe 2.

conduits à la création de six groupes de bâtiments.

Le premier groupe englobe les bâtiments de 3,2 m de large pour une longueur comprise entre 3,8 et 4 m. 18 bâtiments sont dans ce cas (Figure 90). Le second comporte 15 bâtiments dont la largeur est de 2,7 m pour une largeur de 3 m à 3,3 m (Figure 91). Le groupe 3 rassemble 8 bâtiments larges de 2,5 m et long de 3,5 m (Figure 92). Le groupe 4 comporte 7 bâtiments d'une largeur de 2,4 m et de 3 m de longueur (Figure 93). Le groupe 5 englobe les quatre plus petits bâtiments de la phase mesurant 2,3 m sur 2,7 m (Figure 94). Le groupe 6, enfin, regroupe les deux plus grands bâtiments de la catégorie. Ceux-ci mesurent 4 m de largeur pour 6,2 m de longueur (Figure 95).

Encore une fois, la régularité des proportions, des dimensions et des plans laisse présager

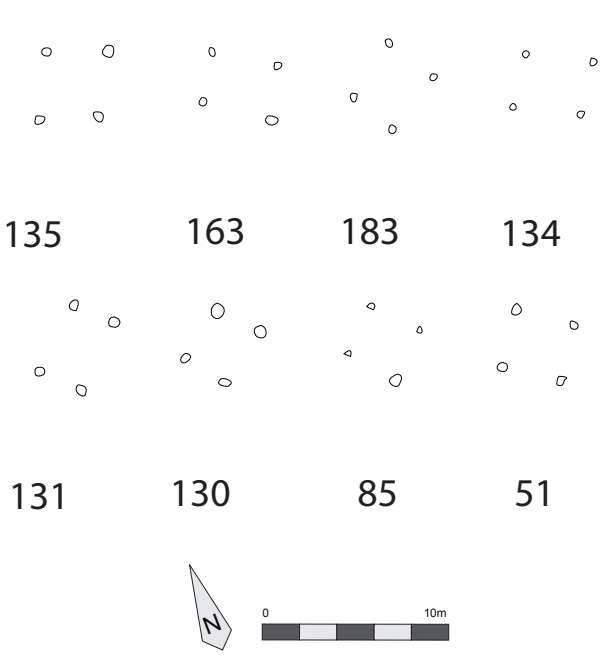


Figure 92. Bâtiments sur 4 poteaux, groupe 3.

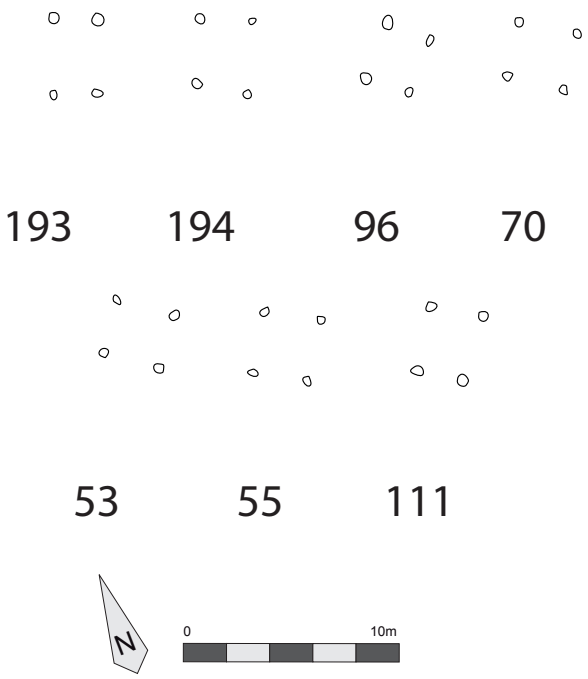


Figure 93. Bâtiments sur 4 poteaux, groupe 4.

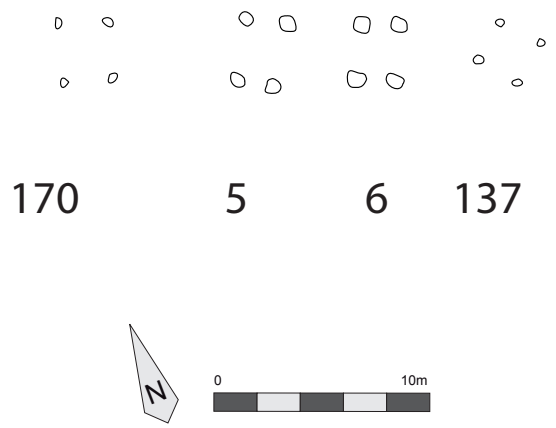


Figure 94. Bâtiments sur 4 poteaux, groupe 5.

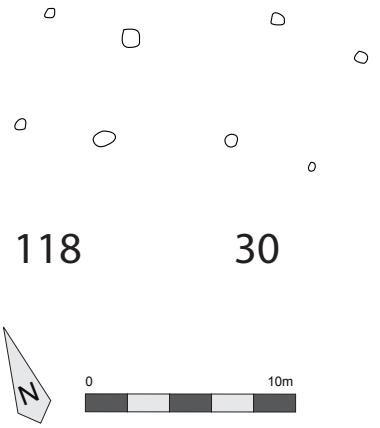


Figure 95. Bâtiments sur 4 poteaux, groupe 6.

l'utilisation de modules communs dont la valeur précise n'est pas identifiable clairement. La plage de valeur de plus petit dénominateur commun proposé pour les bâtiments sur six poteaux peut également s'appliquer dans ce cas.

2.3.4. La phase 3

2.3.4.1. L'organisation générale de la phase 3

La phase 3 se caractérise par un réaménagement du rempart suite à la destruction de la fortification précédente. La mise en place de cette étape est datée de 78 avant notre ère (SCHINDLER 1977 : 72). L'occupation interne de cette phase est plus lâche et ne permet pas d'identifier des espaces vides et de potentiels axes de circulations malgré une orientation des édifices régulière. Les bâtiments présentent tous des plans à six ou quatre poteaux et près de la moitié d'entre eux sont matérialisés par des trous de poteaux de grandes dimensions ce qui crée un fort contraste avec l'architecture des phases précédentes.

Au vu de ces constatations, il est impossible à l'heure actuelle de proposer un module ou un étalon ayant pu servir dans l'organisation générale de cet état.

2.3.4.2. La porte monumentale

La porte monumentale de la troisième phase mesure 6,5 m de long et 3,7 m de large et présente un plan irrégulier. L'espacement entre les poteaux varie entre 2,6 et 3,5 m sur les longs côtés. Aucun module ou étalon n'est perceptible dans le cas présent.

2.3.4.3. Les bâtiments sur 6 poteaux

La similitude entre de nombreux plans de bâtiments sur six poteaux nous a conduits à les répartir en deux groupes.

Le premier, regroupe treize bâtiments aux dimensions et proportions semblables avec une largeur comprise entre 2,6 m et 3 m et une longueur de 4 m à 4,5 m (Figure 96). En l'absence des fantômes de poteaux et au vu des grandes dimensions de certaines structures, il est difficile de donner des mesures plus précises ici. Il faut toutefois remarquer que tous ces plans sont superposables malgré les marges d'erreur possible à cause des éléments que nous venons d'évoquer. Cela semble indiquer l'existence d'un module commun à ces bâtiments malgré un étalon vraisemblablement variable. Ces deux éléments restent cependant difficiles à définir dans ce cas.

Le second groupe comporte les bâtiments sur six poteaux ne présentant pas ces dimensions et proportions. On y retrouve deux bâtiments (Figure 97).

Le bâtiment 123 mesure 3,5 m de large et 7 m de long. On obtient alors un rapport largeur/longueur de 1/2. Ceci indique la possibilité d'utilisation du rapport 1/2/√5 lors de la planification

des angles droits de l'édifice. Trois étalons sont possibles dans ce cas : 0,25 ; 0,28 et 0,35. Dans le premier cas on obtient 14 pieds de large et 28 pieds de long, dans le second, 12,5 pieds de large et 25 pieds de long et pour le troisième étalon, 10 pieds de large et 20 pieds de long. Ces dimensions sont proches de celle de la porte monumentale malgré un plan bien plus soigné pour le bâtiment 123.

Le bâtiment 22 est de plan carré et mesure 4,75 m de côté. L'espacement entre les poteaux des côtés nord et sud varie entre 2 m et 2,6 m. Aucun module ne peut être identifié sur ce bâtiment. Il existe un plus petit dénominateur commun possible : 0,25. L'édifice mesurerait ainsi 19 pieds de côté. À noter également la possibilité d'un étalon proche de 0,315 m, on obtiendrait alors des côtés longs de 15 pieds (15,0793...).

2.3.4.4. Les bâtiments sur 4 poteaux

Encore une fois, de nombreuses similitudes entre les plans et les dimensions des bâtiments nous ont conduits à la création de deux groupes.

Le premier rassemblent des bâtiments qui mesurent 2,8 m de largeur pour une longueur comprise entre 2,8 et 3 m (Figure 98). Le second quant à lui met en commun des édifices mesurant entre 1,5 et 1,9 m de largeur pour une longueur de 2,2 à 2,4 m (Figure 99). Dans tous les cas, les plans sont superposables et laissent présager l'utilisation d'un module commun que nous ne pouvons pas déterminer plus précisément.

2.3.5. Conclusion

Le site de Bundenbach permet de suivre la variation des modules et des techniques au cours des réaménagements successifs. Il montre également la difficulté de perception de ces éléments sur des bâtiments aux plans simples, bien que potentiellement issus d'une réflexion préalable. On constate ici que les axes majeurs formant l'organisation de l'habitat sont rigoureusement mis en place dès la phase initiale du site à l'aide d'un module prédéfini se fondant sur un étalon précis.

Le premier état du site témoigne de la mise en place des premiers tracés d'espaces de circulations qui seront par la suite respectés lors du second état. Les ouvertures et largeurs des espaces de circulations présentent des valeurs récurrentes et relativement nombreuses (0,9 ; 3 ; 5,1 ; 5,7 ; 6 ; 6,3 et 7,2 m) ayant toutes pour plus petit dénominateur commun 0,30 m. Au cours de la phase suivante, les aménagements que l'on pourrait qualifier de communautaires (à savoir la porte, les espaces vides, les axes de circulations et les délimitations) respectent l'organisation mise en place précédemment malgré un module aux dimensions légèrement réduites suivant un étalon lui aussi légèrement plus court que le précédant. C'est à ce moment que l'occupation est la plus dense et la plus rigoureuse. L'application de la grille modulaire à l'ensemble du site laisse présager une division de l'espace en parts égales, en lots cumulables, de 5,6 m de côté, soit 31,36 m², chacun. Il pourrait s'agir ici du lot fondamental pour la division de l'espace. Ces mesures correspondent à

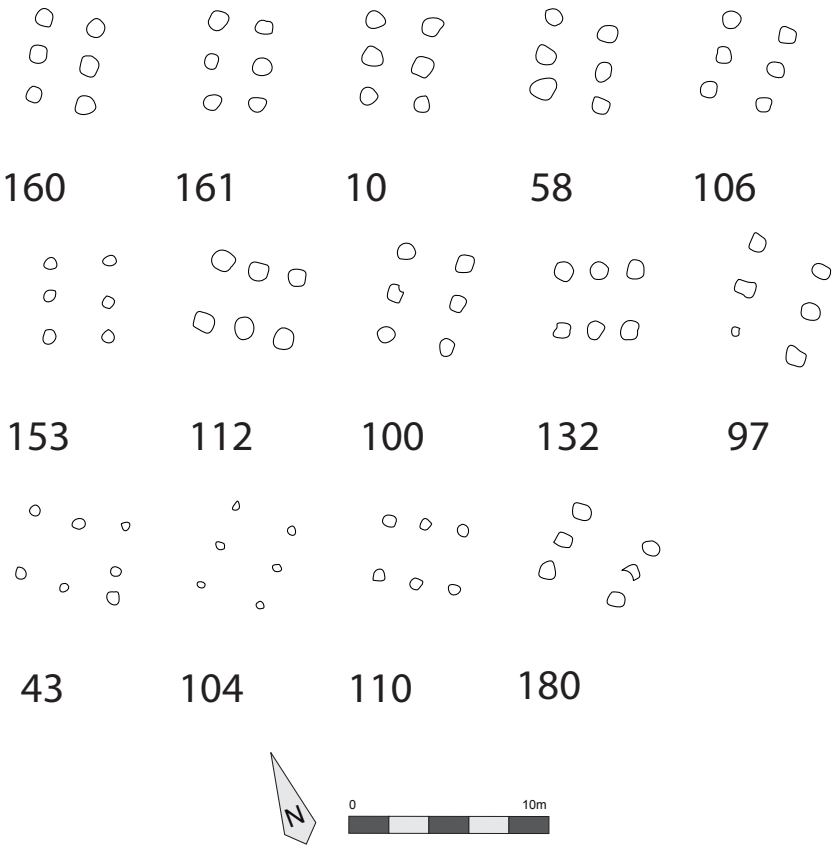


Figure 96. Bâtiments sur 6 poteaux, groupe 1.

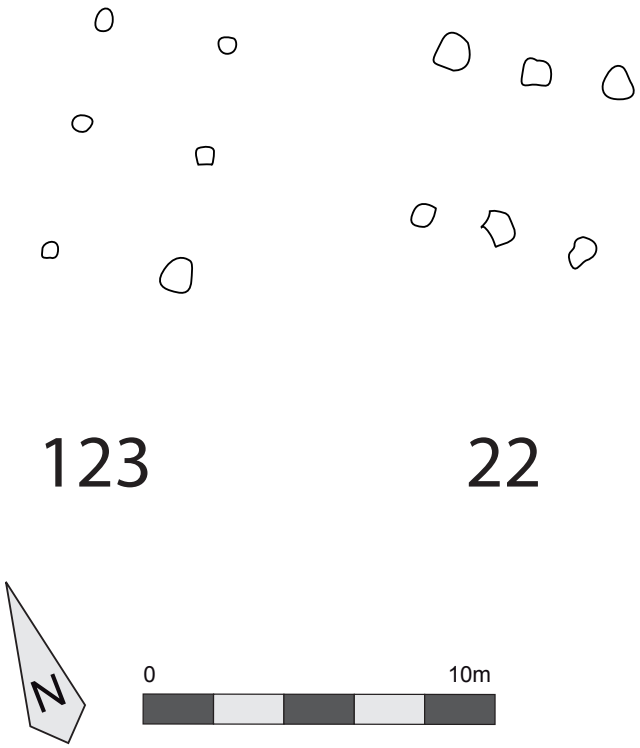


Figure 97. Bâtiments sur 6 poteaux, groupe 2.

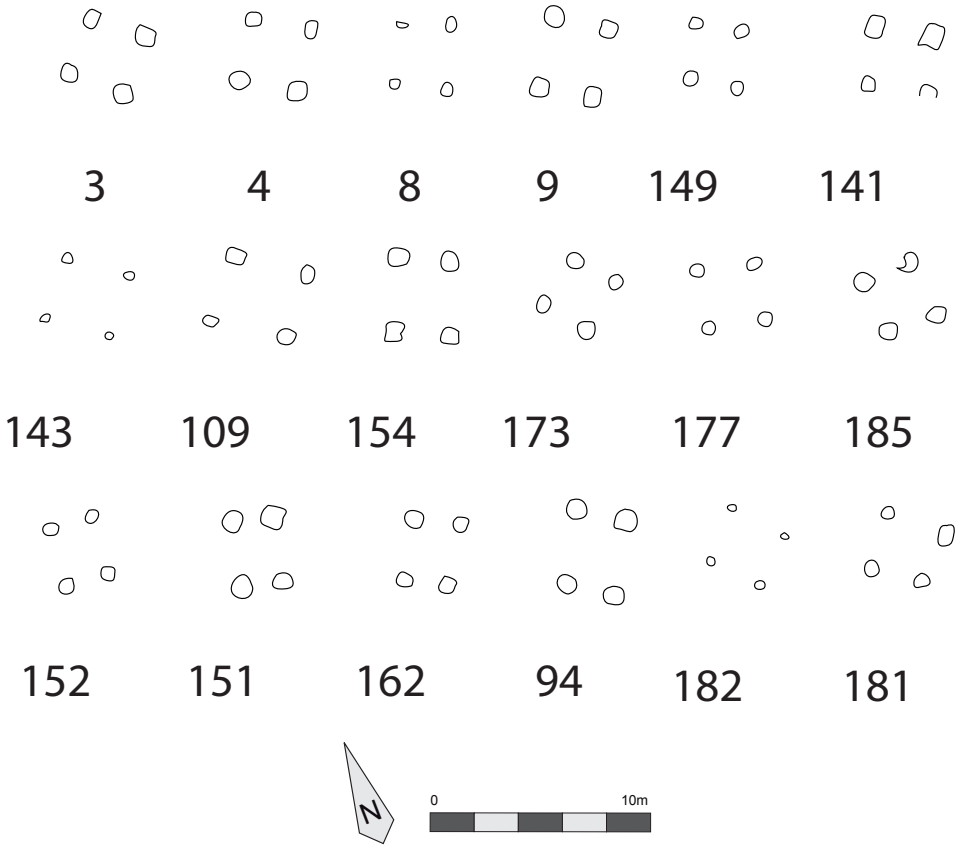


Figure 98. Bâtiments sur 4 poteaux, groupe 1.

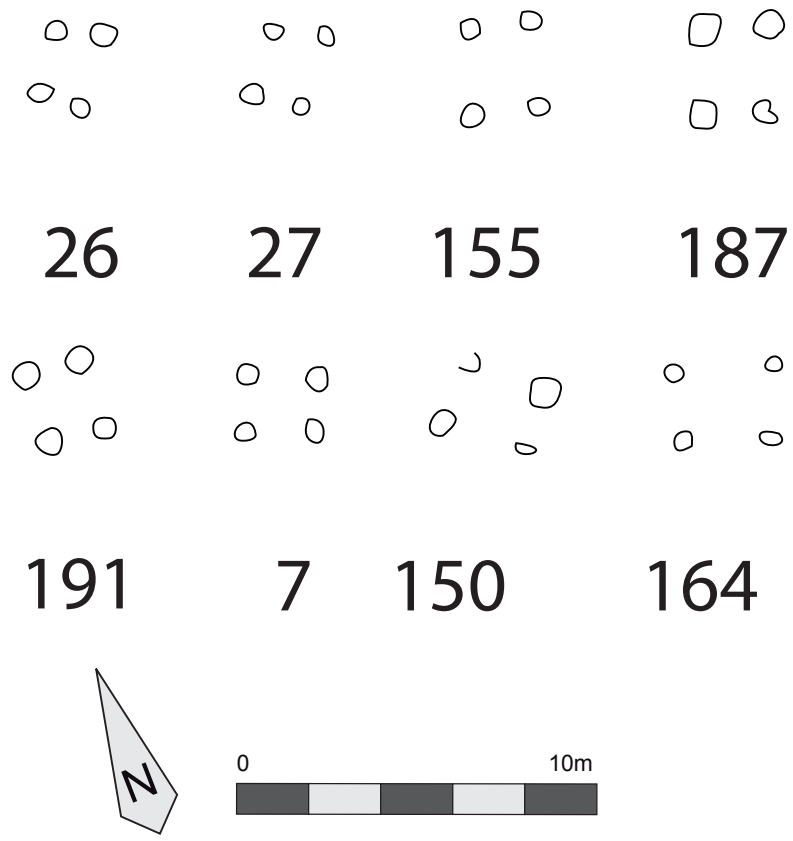


Figure 99. Bâtiments sur 4 poteaux, groupe 2.

deux plus petits dénominateurs communs différents de celui de l'état précédent : 0,28 ou 0,35 m. La troisième phase du site n'a pas donné de résultat.

Malgré cette régularité de l'organisation, force est de constater qu'une telle constance n'est pas perceptible au niveau des bâtiments de ces deux phases. En effet, les modules et étalons, bien que récurrents, présentent une assez forte diversité d'un édifice à l'autre (Figure 100). Pourtant, les techniques de construction semblent perdurer, en particulier la planification d'angles droits grâce au rapport 1/2/√5 qui est assez fréquent sur ce site et dans ses deux premières phases ainsi que le rapport 2/3 (parfois 2/3, 5) qui apparaît cependant plus rarement.

Ces constations laissent entrevoir la possibilité que chaque lot après avoir été mesuré et délimité a pu être attribué à un maître d'œuvre différent, suivant des plans aux techniques préconçues, mais dont l'application lors de la construction conduit aux variations que nous avons pu constater. Ces variations peuvent être d'ordre technique, comme la présence d'une pente qui affectera la planification de certains angles, ou d'ordre métrologique, comme l'utilisation d'un étalon propre au maître d'œuvre et différent de celui ayant pu servir lors de la conception.

Certains bâtiments n'ont probablement pas fait l'objet d'autant de soin. C'est le cas dans les deux premiers états du site, mais particulièrement flagrant lors de la troisième phase. En effet, l'organisation du site, au cours de cet état, ignore pratiquement les aménagements précédents créant une nouvelle toile de fond dans laquelle les bâtiments s'intègrent de façon bien plus hétérogène sans pour autant nuire à l'efficacité des constructions.

Rappelons toutefois que ces hypothèses et remarques se fondent sur une portion seulement des éléments constitutifs du site, et que l'impression d'une planification ou d'une construction moins soignée peut refléter plusieurs réalités. La construction peut véritablement manquer de rigueur. Il se peut également que la nécessité d'une telle rigueur ne se soit pas fait ressentir. Reste toujours le problème de la perception de ces techniques. En effet, la non-identification d'un principe, d'un module ou d'un étalon n'est en rien une garantie de son absence. Relevons enfin que le phasage du site, en l'absence d'éléments de datation précis et de nombreux recoupements de structure, reste un élément qui ne renvoie pas toujours à la véritable forme de l'habitat.

Malgré ces points négatifs, le site de Bundenbach reste un habitat riche en enseignements sur les modules architecturaux et les étalons de mesure de la fin de l'âge du Fer.

	0,25	0,255	0,26	0,265	0,27	0,275	0,28	0,285	0,29	0,295	0,3	0,305	0,31	0,315	0,32	0,325	0,33	0,335	0,34	0,345	0,35
Voirie Ph. 1											X										
Porte Ph. 1											X										
B□timent 18							X														
B□timent 16											X										
B□timent 11			X								X					X					
B□timent 41	X																				
B□timent 157											X										
Voirie Ph. 2							X														X
Porte Ph. 2							X														
B□timent 20											X										
Structure 14											X										
Ensemble 24-25											X										
B□timent 15												?	?								
B□timent 67											X									X	
B□timent 84												?	?								
B□timent 48												?	?								
B□timent 82											X				X						
B□t. 6 poteaux					?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?						
B□t. 4 poteaux					?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?						
B□timent 123	X						X														X
B□timent 22														X							

Figure 100. Tableau récapitulatif des plus petits dénominateurs communs identifiés sur le site de Bundenbach. Les différentes phases sont séparées par des lignes doubles.

2.4. La Viereckschanze d'Ehningen

2.4.1. Introduction

Le site d'Ehninhen dans le Kreis de Böblingen (Baden-Württemberg, Allemagne) fut fouillé en 1984 par Siegwalt Schiek. Il s'agit d'un habitat rural de type Viereckschanze, de plan carré, délimité par un fossé de 4 mètres de large pour une profondeur conservée de 1,7 mètre. L'ensemble de l'enclos a pu être fouillé et une dizaine de bâtiments ont été perçus. L'occupation principale du site date des IIe et Ier siècles avant notre ère.

Quatre bâtiments du site avaient déjà fait l'objet d'une étude architecturale et métrologique par Franz Schubert (SCHUBERT 1995 : 166-168 et 178-179). Ce dernier a pu identifier l'utilisation d'un plus petit dénominateur commun (0,309 m) ainsi que des techniques de planification identique à celles de Manching. L'évolution des connaissances sur l'architecture de terre et de bois nous permet aujourd'hui de reprendre cette étude et de l'étendre à l'ensemble des structures du site.

2.4.2. L'enclos

Le fossé d'enclos mesure 84 m sur les côtés nord, est et sud, et 79 m sur le côté ouest. Il est possible de planifier cet enclos par la diagonale. L'enclos en question est symétrique et après avoir mis en place un premier angle il est possible de compléter l'enclos par symétrie axiale (TOUPET 2004 : 12-13). Cet axe pourrait passer par les coins ouest et est de l'enclos (Figure 101).

L'enclos dans son ensemble s'intègre dans une grille modulaire carrée de trois modules sur trois, chaque module mesurant 28 m de côté. Cette distance peut être rapprochée d'une valeur de 100 pieds de 0,28 m. La diagonale d'un carré de 100 pieds de côté mesure 141,42... pieds. Ces proportions évoquent un rapport $1/\sqrt{2}$ que l'on retrouve dans certaines techniques de planification

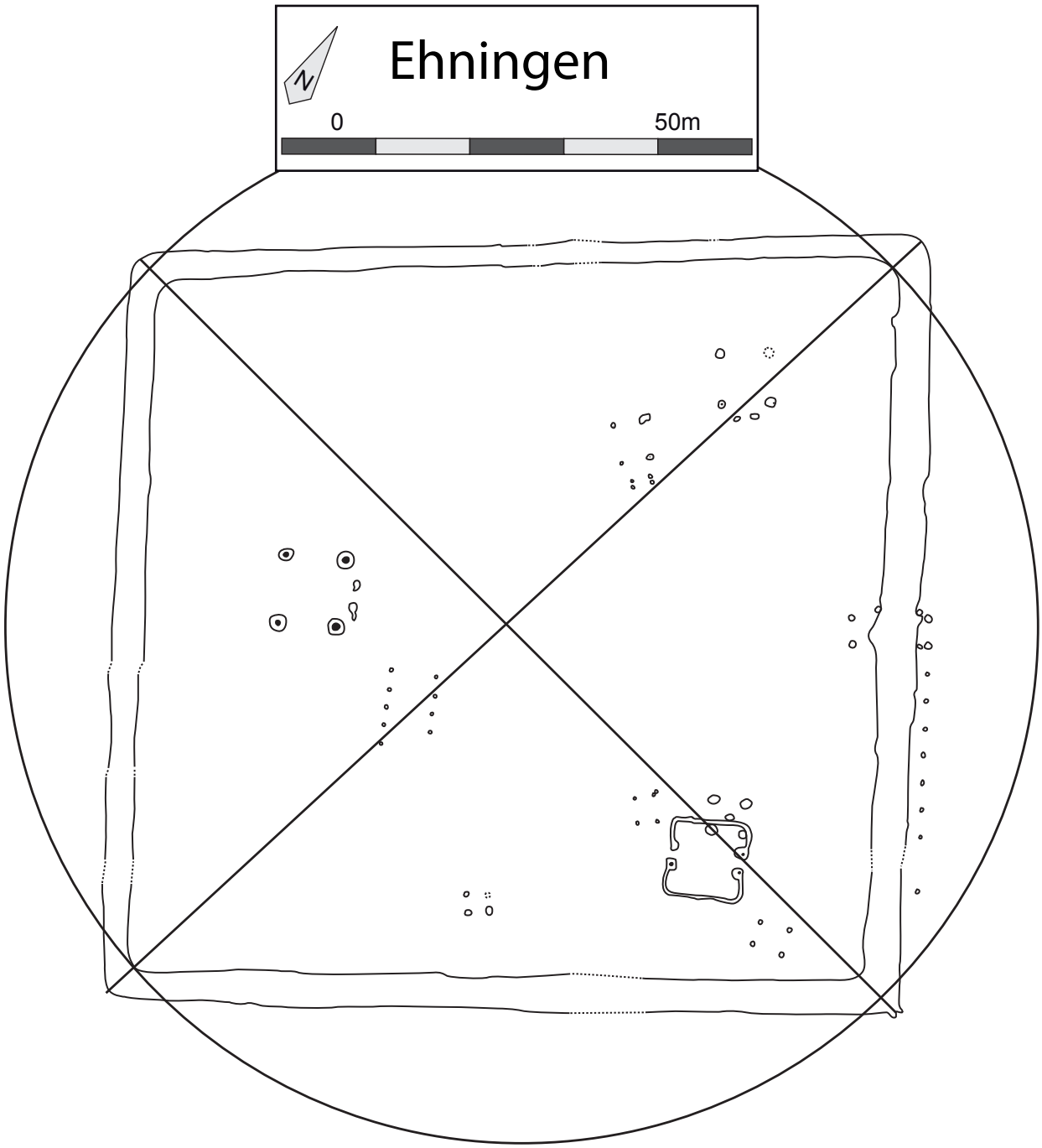


Figure 101. Plan général du site d'Ehningen. Planification par la diagonale.

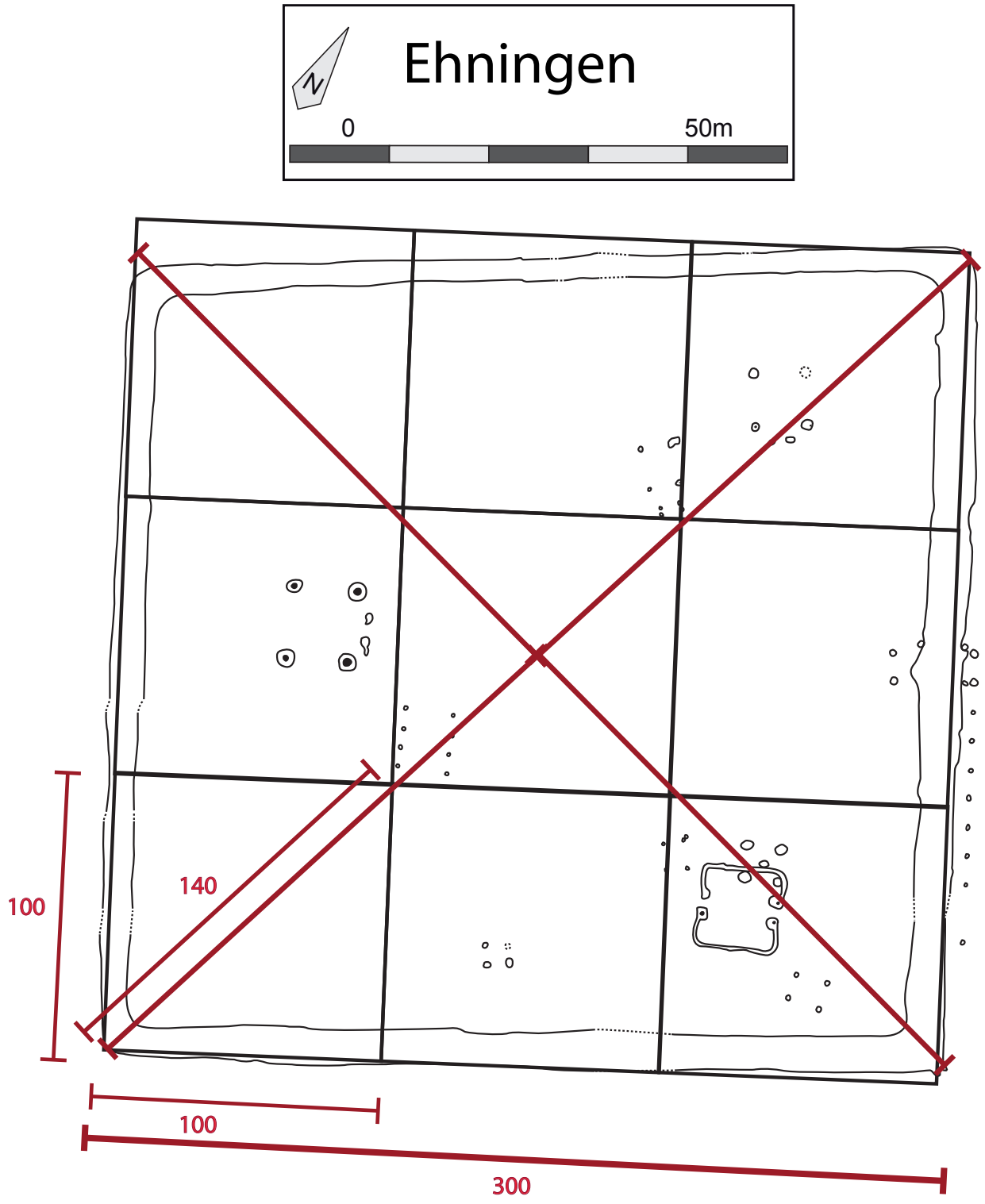


Figure 102. Plan général du site d'Ehningen, grille modulaire et dimensions en pieds.

(JENSENIUS 2001 : 91-94). En appliquant ce rapport aux 300 pieds de côté de l'enclos on obtiendrait un rapport équivalent à 3/3√2. La diagonale devrait donc mesurer 424,264.... pieds. Il est possible que cette valeur ait été ramenée à 420 (ou à 140 au sein d'un module) par facilité, ce qui peut induire une partie de la déformation du plan de l'enclos. À ce stade il est impossible d'expliquer l'atrophie de la seconde diagonale dont la valeur (400 pieds) pourrait également résulter d'une tentative de simplification (Figure 102).

Il faut noter qu'en utilisant les valeurs des distances d'autres plus petits dénominateurs communs peuvent être identifiés. Les côtés de 84 m de long peuvent être décomposés en 300 pieds de 0,28 m ou 280 pieds de 0,30 m. Le côté ouest quant à lui peut également s'exprimer en 316 pieds de 0,25 m. Seules les valeurs exprimées avec un pied de 0,28 m peuvent être simplifiées grâce aux multiples du pied (200 coudées de 0,42 m et 50 brasses de 1,68 m). Les diagonales de l'enclos mesurent 117,6 et 112 m. Ces mesures autorisent l'utilisation de deux plus petits dénominateurs communs propres à chacune : 0,28 m (420 pieds) et 0,30 m (392 pieds) pour la première, 0,28 m (400 pieds) et 0,32 m (350 pieds) pour la seconde.

Dans aucun cas, le pied de 0,309, identifié par Franz Schubert, ne permet d'exprimer les distances mesurées précédemment. Au vu de la multiplication des occurrences, un étalon de 0,28 m semble plus approprié. Il reste toutefois problématique pour la portion de fossé ouest. Cette irrégularité peut être expliquée par la technique de planification employée dans la construction de l'enclos.

2.4.3. Les bâtiments

Une douzaine de bâtiments a été identifiée à l'intérieur de l'enclos. Quatre d'entre eux, les bâtiments A, C, D et E, ont déjà fait l'objet d'une étude architecturale et métrologique par Franz Schubert (SCHUBERT 1995 : 166-168 et 178-179). Nous proposons de reprendre ces études dans l'optique d'une mise en contexte plus large en prenant en compte les avancées de la recherche sur l'architecture protohistorique.

2.4.3.1. La porte

La phase I et la portion de palissade est

La porte présente deux phases. La première phase est recoupée par le fossé d'enclos. Seuls trois petits trous de poteaux ont pu être perçus. Ce bâtiment mesure 4,45 m de long et 3,65 m de large. Siegwalt Schiek propose d'y voir un bâtiment sur quatre poteaux (SCHIEK 1990 : 37-41). Ces trous sont de très petite dimension (0,6 à 0,7 m de diamètre pour 0,2 à 0,3 m de profondeur). Il est peu vraisemblable d'y voir une très grande structure. Ce bâtiment pourrait être en lien avec une palissade perçue sur 23,5 m de long et constituée de plusieurs petits poteaux dont l'espacement varie entre 2,9 et 3 m et a pu être comblé par un clayonnage. Cette palissade a pu servir de système de délimitation avant la mise en place de l'enclos.

Le peu de mesures pouvant être effectuées et le fort degré d'érosion ne nous permettent pas d'arrêter un plus petit dénominateur commun pour la première phase de ce bâtiment. Il est cependant possible qu'il soit compris aux alentours de 0,30 +/- 0,01 m. Il en est de même pour la palissade dont l'étalon pourrait se situer entre 0,29 et 0,30 m. L'utilisation d'une même unité pour la planification et la construction de ces deux ensembles est possible, mais indémontrable à ce jour.

La phase II

La seconde phase du système d'accès à l'enclos prend la forme d'un bâtiment sur quatre poteaux très faiblement ancrés dans le sol (Figure 103). L'édifice est de plan rectangulaire et mesure 2,8 m de large et 8,4 m de long. Ces deux valeurs ont pour plus petit dénominateur commun 0,28. Les dimensions peuvent dès lors s'exprimer comme suit : 10 pieds de large et 30 pieds de long (Figure 18). Il s'agit du même étalon constaté pour la construction de l'enclos. Ce système d'entrée se situe très exactement au centre de la portion est du fossé à 42 m soit 150 pieds de chaque extrémité.

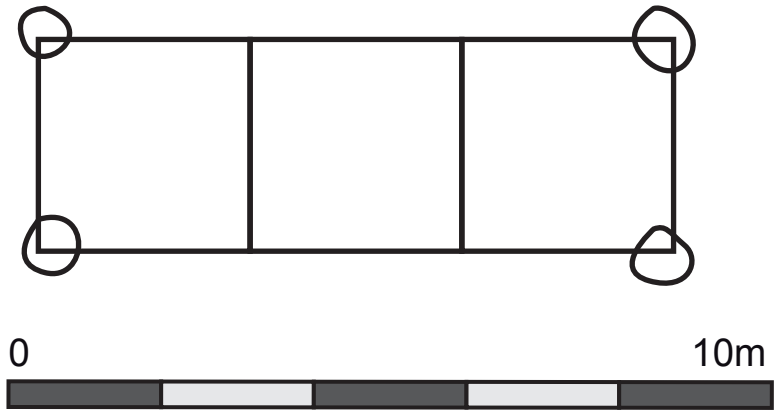


Figure 103. Plan de la seconde phase de la porte d'Ehningen avec sa grille modulaire.

2.4.3.2. Le bâtiment À

ce bâtiment repose sur quatre poteaux centraux formant un plan rectangulaire de 7,2 m de long pour 6,3 m de large. Deux trous de poteaux plus modestes à l'est matérialisent l'emplacement d'une entrée situé à 1,5 m de la structure porteuse et large de 2,7 m. Il s'agit d'un bâtiment à parois déportées dont les dimensions restituées doivent s'approcher de 8,8 m de long et 7,8 m de large couvrant ainsi une superficie d'environ 69 m².

Ce bâtiment avait fait l'objet d'une rapide étude de Franz Schubert (SCHUBERT 1995 : 168 et 179, Figure 104). Ce dernier n'avait toutefois pas pris en compte les négatifs de poteaux et considérait que la structure porteuse du bâtiment avait un plan carré. En appliquant l'étalon de Manching (0,309 m), Franz Schubert propose les mesures suivantes : une structure porteuse de 24

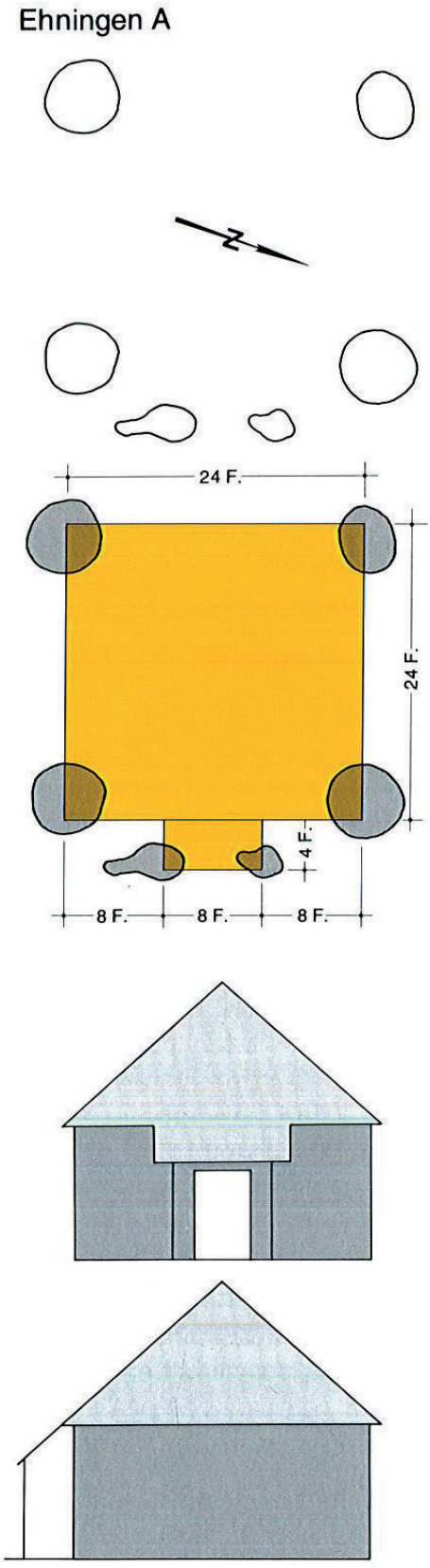


Figure 104. Le bâtiment A d'après SCHUBERT 1995 : 179.

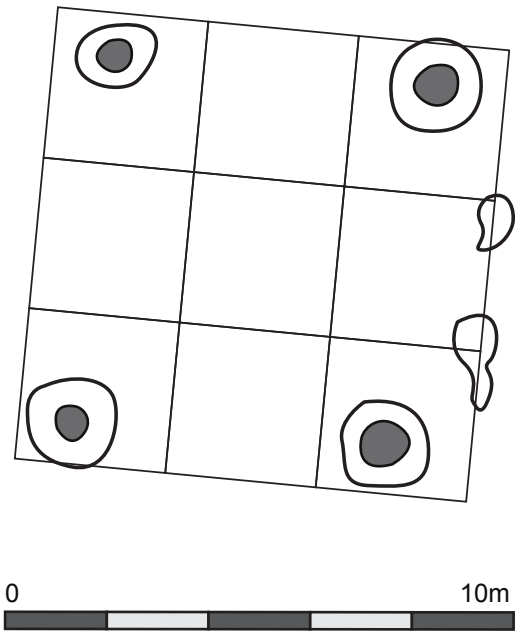


Figure 105. Plan du bâtiment A avec sa grille modulaire. Chaque carré mesure 3 m de côté

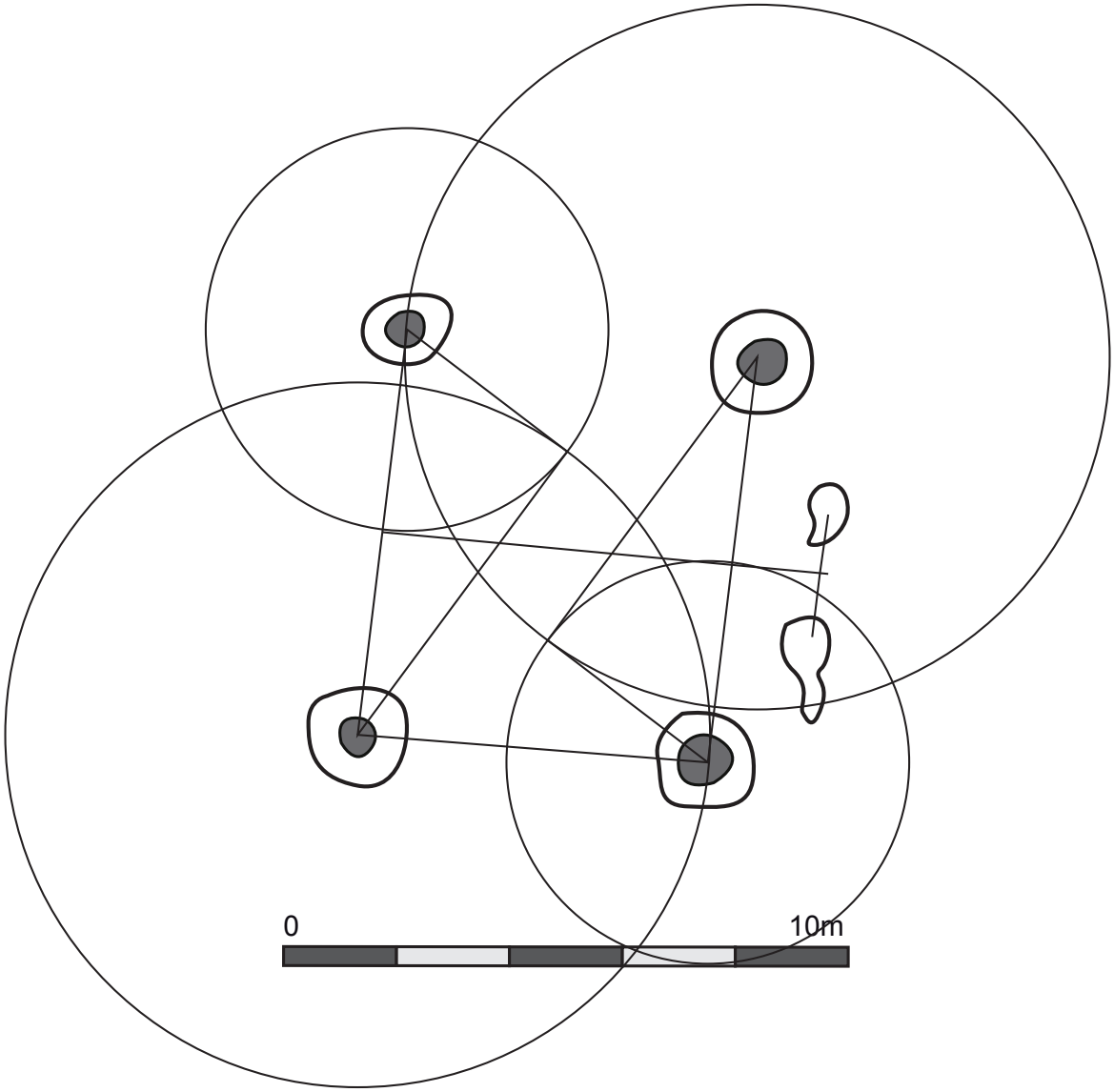


Figure 106. Planification du bâtiment A par le théorème de Pythagore.

pieds de côté, une entrée large de 8 pieds et située à 4 pieds de la structure centrale. Il ne donne toutefois pas les mesures sur lesquelles il fait reposer son raisonnement. Avec de telles mesures, la structure centrale mesurerait 7,42 m de côté, l'entrée 2,47 m de large et la distance entre celle-ci et les poteaux porteurs serait de 1,23 m. Il reste en effet dans l'emprise des structures, mais la prise en compte des négatifs et de la véritable forme du bâtiment est nécessaire.

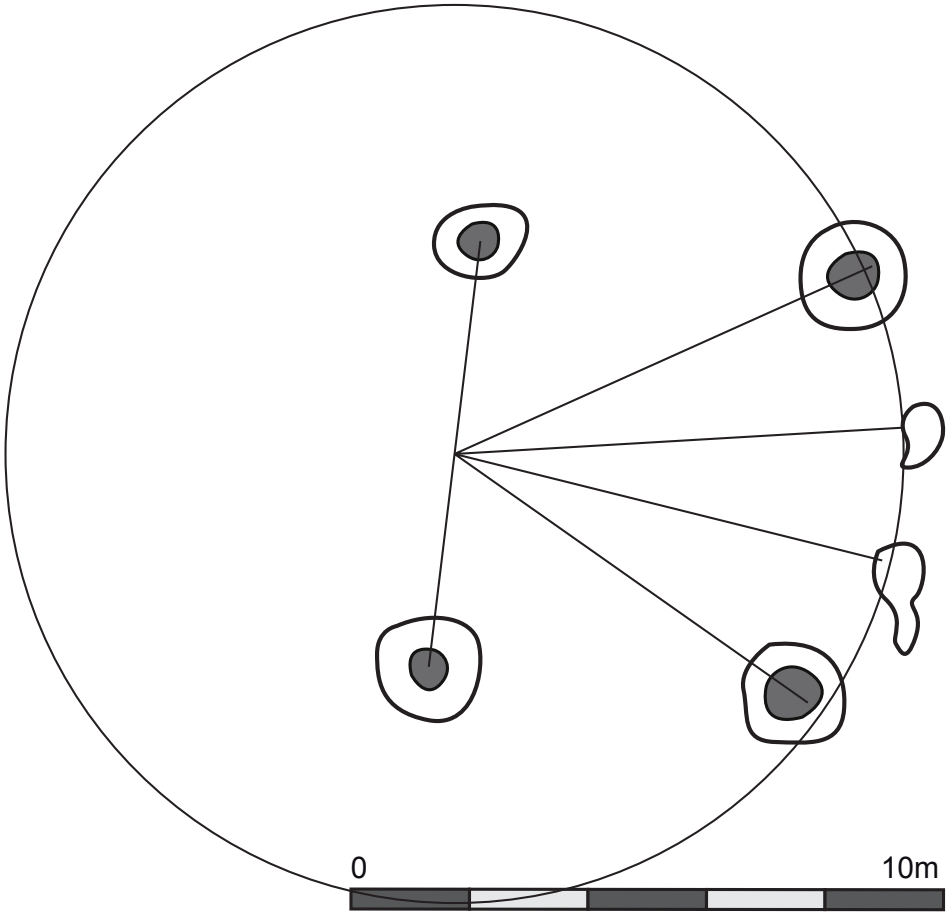


Figure 107. Planification du bâtiment A par la division du cercle.

Théoriquement ces mesures peuvent fonctionner en prenant en compte les approximations effectuées lors de la construction. En incorporant les éléments non pris en compte par Franz Schubert, on obtient un plus petit dénominateur commun d'une valeur de 0,30 m (Figure 105). Avec cette dernière on peut exprimer les dimensions de l'édifice de la façon suivante : 21 pieds de large pour 24 pieds de long pour la structure porteuse. Le système d'entrée se situe à 5 pieds de l'ensemble précédent et mesure 9 pieds de large. Ces valeurs sont dans l'ensemble assez proches de celles pressenties par Franz Schubert et ne constituent pas un changement fondamental. Nous proposons toutefois un autre principe de planification. En effet la technique proposée par Franz Schubert était conditionnée par le fait que la structure porteuse formait, selon lui, un plan carré. Pour la structure porteuse, il est possible d'utiliser le théorème de Pythagore avec les valeurs 21 et 24 (Figure 106). Ces dernières font partie d'un triplet permettant la construction d'un triangle rectangle : 12-21-24. Il s'agit du triplet 4-7-8 dont les valeurs sont multipliées par 3. Le schéma de construction par division du cercle n'est pas convaincant dans le cas présent. Si l'écart entre les poteaux semble bel et bien correspondre avec l'écartement nécessaire pour diviser le cercle, il faut noter que certains poteaux ne se situent pas sur le cercle en question (Figure 107). Nous privilégions donc dans ce cas l'utilisation des triplets pythagoriciens.

2.4.3.3. Le bâtiment B

Le bâtiment B est également un édifice à parois déportées sur quatre poteaux porteurs avec deux poteaux d'entrée au sud. Ce bâtiment avait été écarté de l'étude de Franz Schubert. La structure porteuse mesure 3,9 m de long et 3,1 m de large. Les poteaux d'entrée se situent à 2,1 m au sud et sont espacés de 2,1 m. Deux autres poteaux situés au sud des précédents peuvent également faire penser à un dispositif d'entrée. Nous n'avons pas d'information permettant de rattacher ces poteaux soit à un autre état du bâtiment soit au même état. Il peut également s'agir d'une réfection. Ces deux trous de poteaux sont espacés de 2,1 m et se situent à 2,75 m de la structure porteuse.

Deux plus petits dénominateurs communs potentiels ont pu être identifiés. Toutefois, des incertitudes demeurent dans les deux cas. En prenant pour étalon 0,30 m, on obtient 13 pieds de long et 10,33 pieds de large pour la structure porteuse avec une entrée large de 7 pieds et se trouvant à 7 pieds des premiers poteaux internes. La mesure de la largeur de la structure porteuse pose ici problème. Aussi, il est possible d'utiliser un étalon de 0,26 m donnant les rapports suivant 15 pieds de long, 11,92307 pieds de large et une entrée large de 8,0769 pieds (Figure 108). En prenant en compte les approximations de la mesure et de la construction nous obtenons 15 sur 12 pieds pour la structure porteuse et 8 pieds pour l'entrée. Les deux autres potentiels poteaux d'entrée au sud ne rentrent dans aucun de ces systèmes.

Ce bâtiment est assez mal conservé, ce qui rend cette étude complexe.

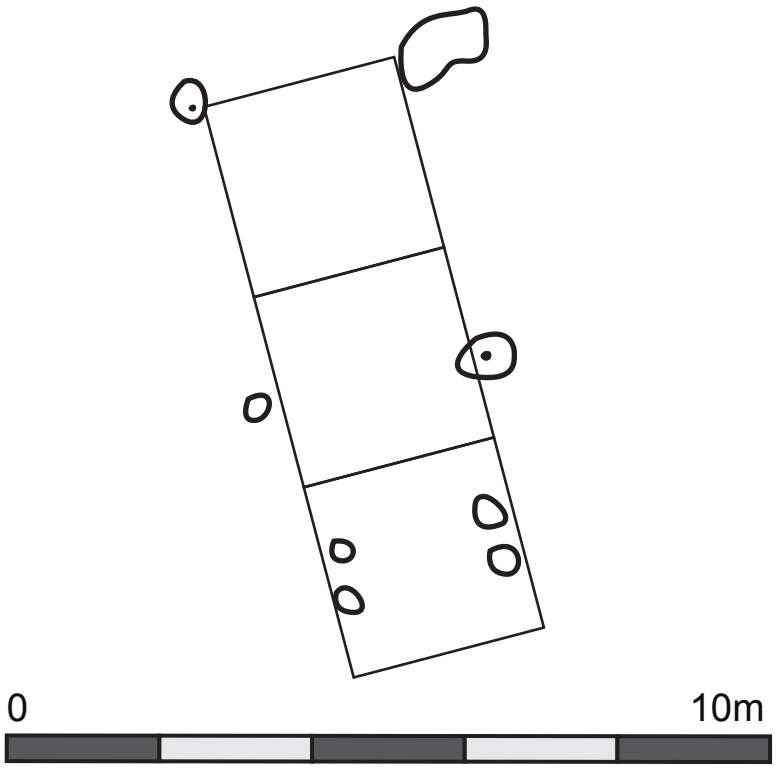


Figure 108. Plan du bâtiment B avec sa grille modulaire. Chaque carré mesure 2,6 m de côté.

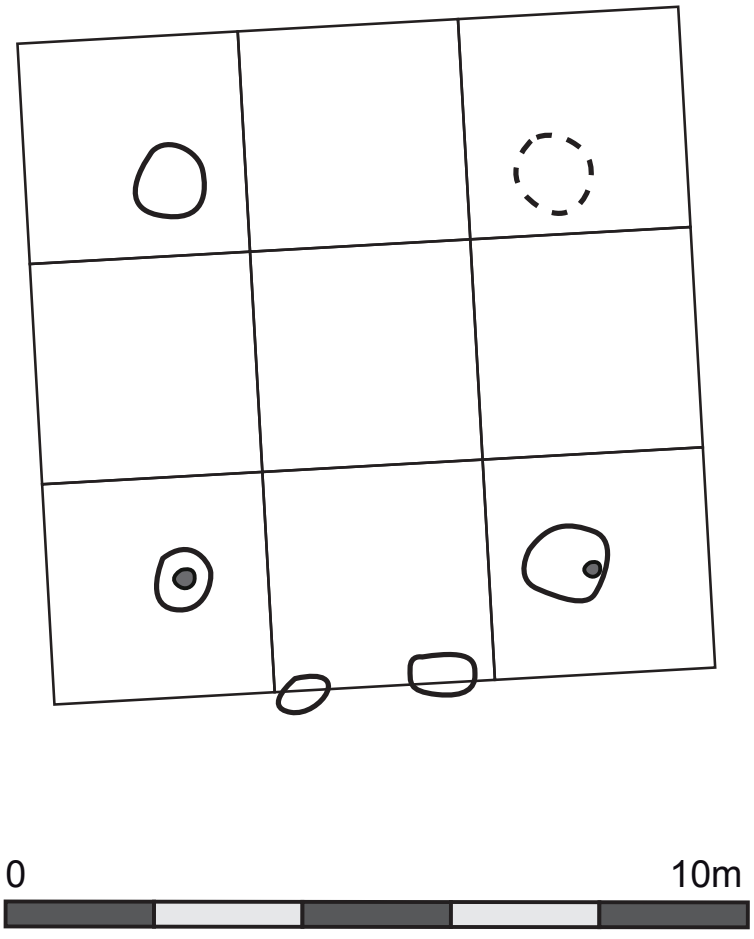


Figure 109. Plan du bâtiment C avec sa grille modulaire. Chaque carré mesure 3 m de côté.

2.4.3.4. Le bâtiment C

Il s'agit encore une fois d'un bâtiment à parois déportées sur quatre poteaux porteurs avec deux poteaux d'entrée au sud. Le poteau nord n'a toutefois pas été retrouvé. La structure porteuse est de plan carré et mesure 5,4 m de côté. Le dispositif d'entrée se situe à 1,5 m plus au sud et mesure 1,8 m de large. Ces valeurs renvoient à un plus petit dénominateur commun égal à 0,30 m (Figure 109). La structure porteuse mesure dès lors 18 pieds de côté avec une entrée de 6 pieds de large située à 5 pieds des premiers poteaux internes.

Lors de son étude, Franz Schubert propose les mêmes proportions (SCHUBERT 1995 : 168 et 179, Figure 110). Celles-ci sont toutefois exprimées à partir du pied de Manching. Il est possible que Schubert ait arrondi les mesures. Avec le pied de Manching (0,309 m), on obtiendrait en réalité 17,4757 pieds de côté pour la structure porteuse, 5,82 pieds pour la largeur de l'entrée et 4,85 pieds pour l'espace entre celle-ci et la structure porteuse.

2.4.3.5. Le bâtiment D

Il s'agit d'un petit bâtiment sur cinq poteaux, dont un poteau central. Il est recoupé par le bâtiment E. L'auteur propose de rattacher ce bâtiment à la première phase d'occupation du site avec la première phase de la porte et la palissade est. Il mesure 3,25 m de large et 3,5 m de long. Les diagonales mesurent 4,6 m et le poteau central se situe à 2,3 m des poteaux périphériques.

Dans son étude (SCHUBERT 1995 : 168 et 179), Franz Schubert propose d'y voir un bâtiment de plan carré mesurant 12 pieds de côté avec un étalon de 0,309 m. Avec un tel étalon et les mesures effectuées, on obtiendrait en réalité 10,5177 pieds de large et 11,3268 pieds de long. Le plus petit dénominateur commun convenant le mieux aux dimensions du bâtiment est 0,25 et on obtient alors un bâtiment de 13 pieds de large et 14 pieds de long. Seule la valeur de la diagonale (18,4 pieds) convient moins. Il est cependant probable que sur un bâtiment de dimension plus réduite, une telle valeur n'ait pas fait l'objet d'une recherche ou d'un soin particulier.

2.4.3.6. Le bâtiment E

Cet ensemble est constitué de deux tranchées de fondation de parois de plan carré et mesurant 8,1 m de côté. Deux ouvertures larges de 2,1 m se situent à l'est et à l'ouest de cet ensemble. Ce dernier est généralement restitué sous la forme d'un petit enclos à bestiaux de 65,61 m² avec deux ouvertures. La délimitation de l'enclos se fait soit par des petits poteaux jointifs soit par des piquets reliés par du clayonnage (FILGIS 1999 dans WIELAND 1999 : 277-281). L'irrégularité du fond des tranchées de fondation excluant la présence d'une sablière basse et l'absence de trous de poteaux centraux permettant le maintien d'une charpente vont dans le sens de cette hypothèse. Dans son étude (SCHUBERT 1995 : 166-168 et 178), Franz Schubert propose d'appliquer l'étalon de Manching au bâtiment, ce qui donne un ensemble de 27 pieds de côté avec des entrées larges de 6 pieds. Dans ce cas encore, l'auteur simplifie probablement les mesures puisqu'avec un pied

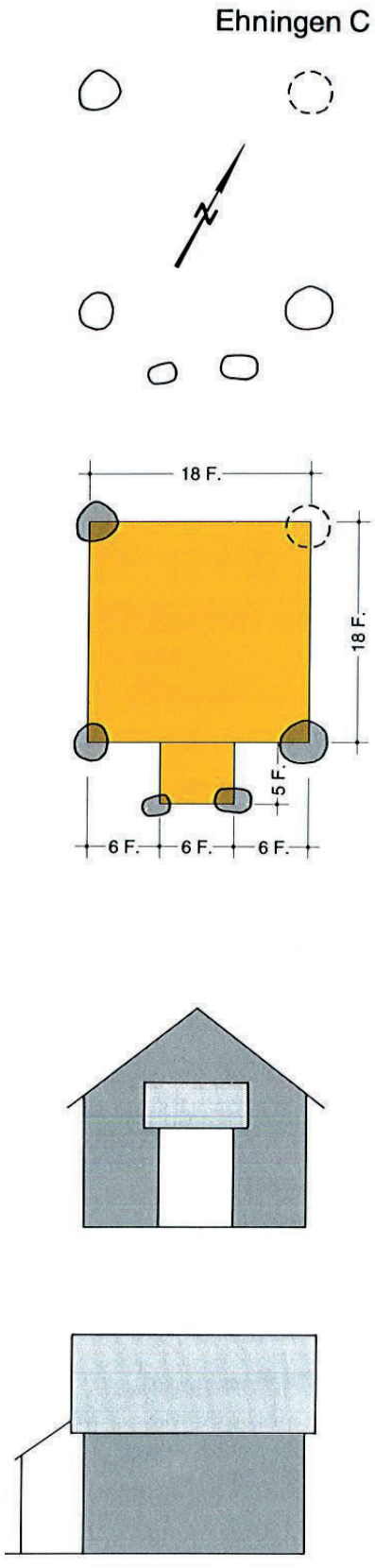


Figure 110. Le bâtiment C d'après SCHUBERT 1995 : 179.

de 0,309 m et les dimensions de l'ensemble on devrait obtenir 26,2135 pieds de côté et des entrées larges de 6,7961 pieds. En utilisant un pied de 0,30 m, on retrouve les 27 pieds de côté de Franz Schubert avec des entrées larges de 7 pieds (Figure 111 et Figure 112).

2.4.3.7. L'ensemble G

L'ensemble est constitué de neuf poteaux disposés en deux lignes orientées nord-sud. La première ligne à l'ouest est constituée de cinq poteaux, la seconde à l'est comporte quatre poteaux. La distance entre les deux lignes varie entre 4,8 et 5,1 m, de même que la distance entre les poteaux de chaque ligne varie entre 1,8 et 2,2 m. Günther Wieland (WIELAND 1999 : 175) n'est pas certain d'y voir un bâtiment et propose plutôt d'interpréter cet ensemble comme un petit enclos à bestiaux. Auparavant, Siegwalt Schiek proposait d'y voir le pendant occidental de la palissade délimitant le premier état du site (SCHIEK 1995 : 156). Au vu des formes des trous de poteaux et de l'irrégularité du tracé constaté au niveau des trois portions de palissade, nous rejoignons cette hypothèse. Il est difficile de mettre un rapport métrologique constant en avant, mais les valeurs constatées pour la portion est (entre 0,29 et 0,30 m) fonctionnent également ici.

2.4.3.8. Les bâtiments F, I et K

Il s'agit de trois petits bâtiments sur quatre poteaux. Le bâtiment F se situant au niveau de l'emprise du talus est rattaché à la première phase du site. Le bâtiment K se situe juste à la limite du talus et présente la même orientation que l'enclos. Il est possible qu'il appartienne à la seconde phase.

Le bâtiment F mesure 2,7 m sur 3,3 m, le bâtiment I 2,1 m sur 2,7 m et le bâtiment K 2 m sur 2,3 m. Les bâtiments F et I peuvent s'exprimer avec un étalon de 0,30 m : 9 sur 11 pieds pour le bâtiment F et 7 sur 9 pieds pour le bâtiment I. Aucun dénominateur commun ne peut être identifié pour le bâtiment K. De façon plus générale, la forme et les dimensions de ces bâtiments empêchent d'avoir un raisonnement métrologique pertinent.

2.4.4. L'organisation générale du site

À la fin de son étude architecturale, Siegwalt Schiek évoque très succinctement la possibilité d'une organisation de l'habitat rigoureuse et préconçue au sein de l'enclos (SCHIEK 1995 : 47). Il remarque que les trois bâtiments principaux (les bâtiments A, C et E) forment un triangle équilatéral dont la bissectrice de l'angle EAC passe par la porte de l'enclos. Cet aménagement est bien trop rigoureux pour être fortuit. Selon l'auteur le triangle mesure 34,4 m de côté. Si aucun problème ne se pose pour les dimensions des bâtiments, dans ce cas, nous ne parvenons pas à retrouver cette valeur.

Le triangle en question mesure 51,8 m de côté. La distance entre l'entrée du bâtiment A et celle du bâtiment C est de 44,8 m. C'est la même distance qui sépare l'entrée du bâtiment A et celle du

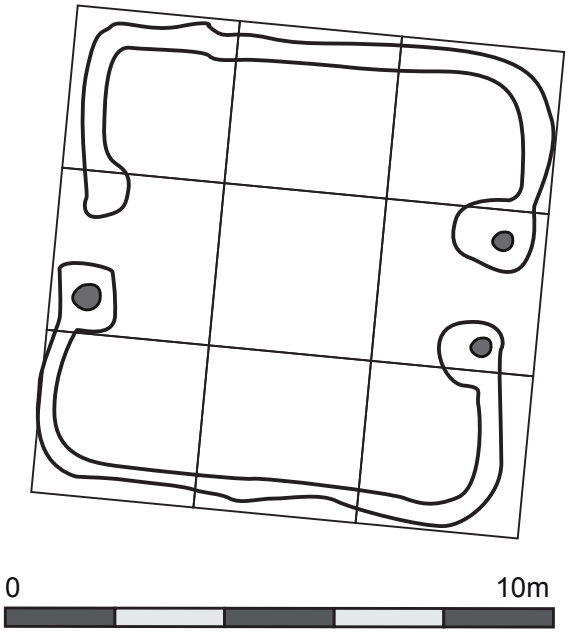


Figure 111. Plan du bâtiment E avec sa grille modulaire. Chaque carré mesure 3 m de côté

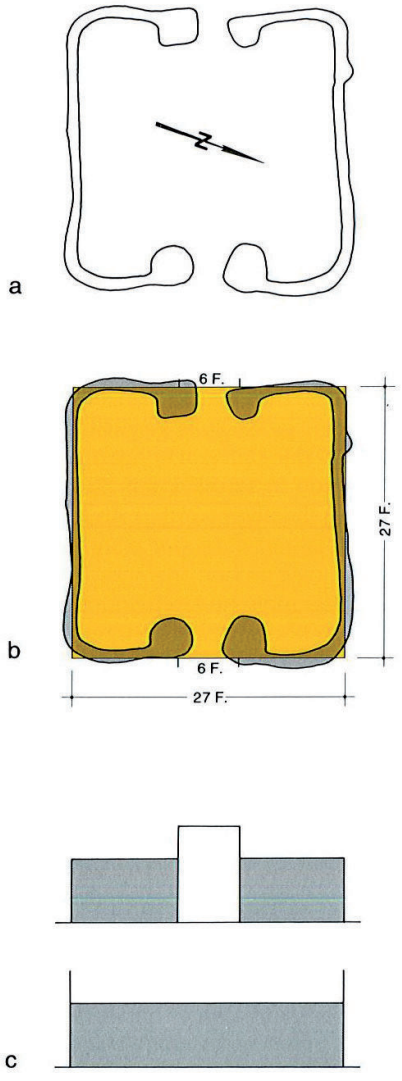


Figure 112. Le bâtiment E d'après Schubert 1995 : 178.

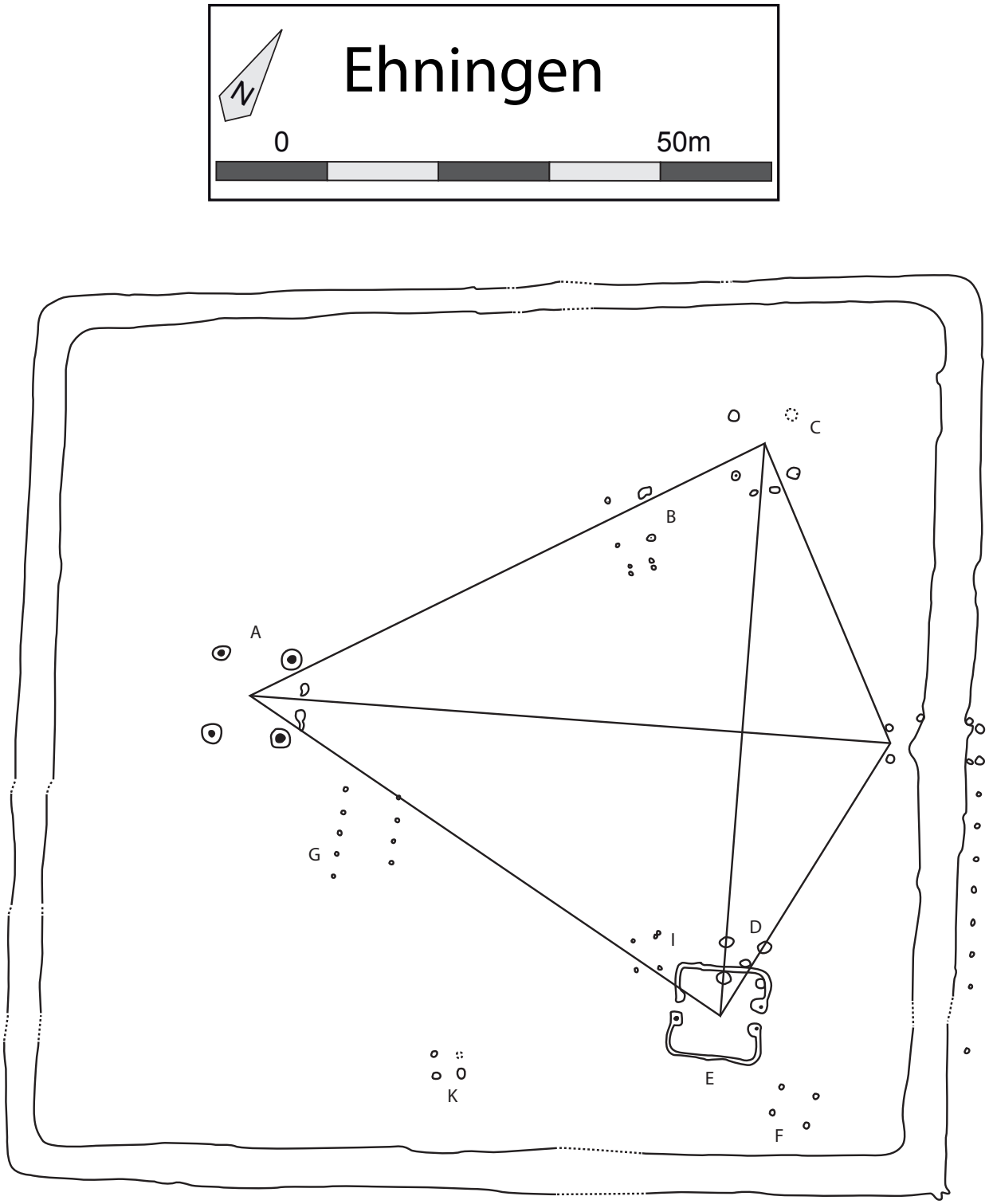


Figure 113. Plan général du site d'Ehningen et trame géométrique de l'organisation générale.

bâtiment E. L'entrée du bâtiment A se situe à 53,2 m du débouché de la seconde phase de la porte de l'enclos et à 56 m de la première phase de celle-ci. Le bâtiment C se situe à 28 m du poteau nord-ouest de la seconde phase de la porte. C'est également la distance qui sépare le bâtiment E du poteau sud-ouest de la seconde phase de la porte (Figure 113).

Ces mesures ont pour plus petit dénominateur commun 0,28 m. Ainsi le triangle équilatéral formé par les bâtiments A, C et E mesure 185 pieds de côté. L'entrée du bâtiment A se situe à 160 pieds des entrées des deux autres édifices, à 190 pieds de la seconde phase de la porte de l'enclos et à 200 pieds de la première. Les bâtiments E et C se situent, quant à eux, à 100 pieds de la seconde phase de la porte.

Il s'agit ici du même étalon que celui identifié au niveau de la seconde phase de la porte et de l'enclos lui-même.

2.4.5. Conclusion

Trois groupes de plus petits dénominateurs communs ont pu être identifiés sur le site d'Ehningen (Figure 114). Le premier correspond à un étalon de 0,255 +/- 0,005 m et regroupe les bâtiments B et D. Le second, avec une valeur de 0,28 m, regroupe la seconde phase de la porte ainsi que le fossé d'enclos et a pu servir dans l'organisation d'une des phases du site. Un dernier groupe dont l'étalon est de 0,30 +/-0,01 m se retrouve dans les bâtiments A, C, E, F et I (avec un plus petit dénominateur commun de 0,30 m) ainsi que dans les ensembles palissadés G et situé à l'est, en rapport avec la première phase de la porte. Cette dernière fait également partie de ce groupe. Une interrogation subsiste en ce qui concerne le bâtiment K.

Si, dans la majeure partie des cas, les rapports métriques et les techniques de planification proposés par Franz Schubert restent toujours d'actualité, il n'en va pas de même pour son étalon de mesure. Le pied dit de Manching ne s'applique dans aucun des cas rencontrés sur ce site et son

	0,25	0,255	0,26	0,265	0,27	0,275	0,28	0,285	0,29	0,295	0,3	0,305	0,31
Bâtiment D	X												
Bâtiment B			X								?		
Enclos fossoyé							X						
Porte Phase II							X						
Palissade est									?	?	?		
Ensemble G									?	?	?		
Porte Phase I									?	?	?	?	?
Bâtiment A											X		
Bâtiment C											X		
Bâtiment E											X		
Bâtiment F											X		
Bâtiment I											X		
Bâtiment K													

Figure 114. Tableau récapitulatif des plus petits dénominateurs communs identifiés sur le site d'Ehningen.

étude métrologique montre qu'il s'agit en réalité d'une simplification des données de terrain. Ce site illustre bien la volonté de définition d'un pied celtique d'une valeur de 0,309 m applicable à une grande échelle géographique. Cette hypothèse se trouve ici ébranlée. Au contraire, celle proposant une connaissance mathématique et géométrique utilitaire à grande échelle et assez poussée est ici renforcée.

Revenons sur l'organisation rigoureuse du site. Celle-ci nous permet d'émettre des hypothèses sur le déroulement des opérations lors de la construction des différents états de l'établissement.

2.4.5.1. L'état 1 (Figure 115)

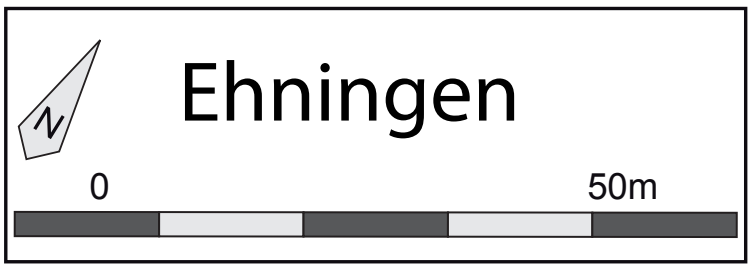
Dans un premier état, l'établissement est délimité par une palissade (la palissade est et une partie au moins de l'ensemble G) de petits poteaux reliés entre eux par du clayonnage. Une porte donne accès au site. Nous proposons de rattacher à cette phase les bâtiments F (qui se situerait dans la masse du talus de la seconde phase), D (recoupé par le bâtiment E) et B. Ce dernier paraissant moins rigoureux que les édifices présentant le même plan (A et C).

2.4.5.2. L'état 2 (Figure 116)

Le soin apporté à l'agencement de l'enclos fossoyé, de la deuxième porte et des trois bâtiments A, C et E, nous enjoint à voir ici la manifestation d'une profonde volonté de réorganisation planifiée de l'établissement émanant vraisemblablement de son propriétaire. Ce dernier a pu faire appel à un arpenteur pour planifier l'organisation générale du site. Celui-ci prépare ainsi l'emplacement du fossé de la porte et des trois bâtiments principaux. L'utilisation d'un étalon de 0,28 m peut mettre en avant la conduite de ces opérations sous la houlette d'un même maître d'œuvre disposant de son propre étalon, sur le même principe que l'on retrouve durant la période médiévale (JENSENIUS 2001 : 42-43). Une fois les grandes lignes de l'organisation mises en place, les différents chantiers peuvent être répartis entre différents maîtres d'œuvre, expliquant ainsi la variabilité des plus petits dénominateurs communs que nous rencontrons.

Dans le cas de l'organisation générale du site, il est intéressant de constater que les lignes directrices de cet agencement convergent vers un point se situant entre les bâtiments E et C. Il est possible que, sur le terrain, lors des phases d'arpentages destinées à préparer la nouvelle organisation de l'établissement, ce point ait servi d'emplacement de départ pour les mesures et calculs nécessaires. Si un outil dont la fonction était similaire à celle d'une *groma* a existé dans le domaine celtique, il s'agirait ici de l'emplacement auquel on aurait pu installer cet outil dans le but de planifier le site. Le rattachement des bâtiments K et I à l'une ou l'autre de ces phases reste problématique.

Si ces hypothèses sont exactes, ce site confirme le fait que le système métrologique n'est pas un outil pour la détermination de la contemporanéité des ensembles. Une homogénéité métrologique ne signifie pas forcément que deux éléments sont contemporains (cela fonctionne



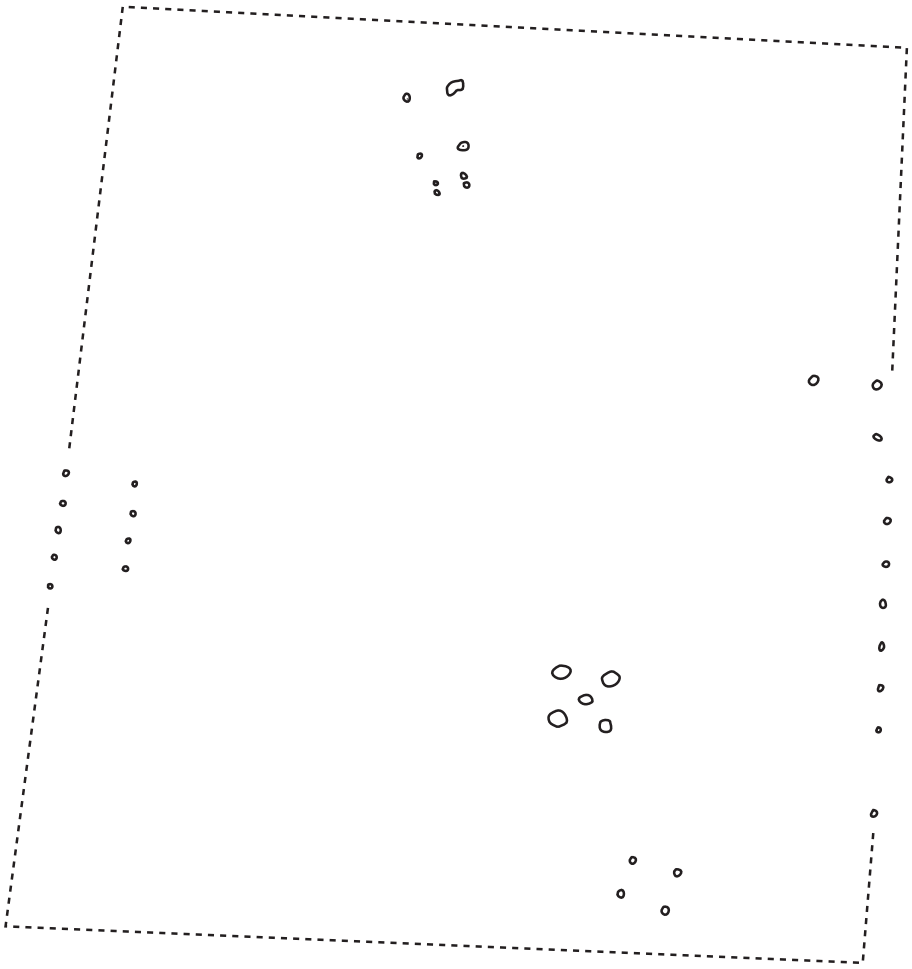


Figure 115. Plan général du premier état du site.

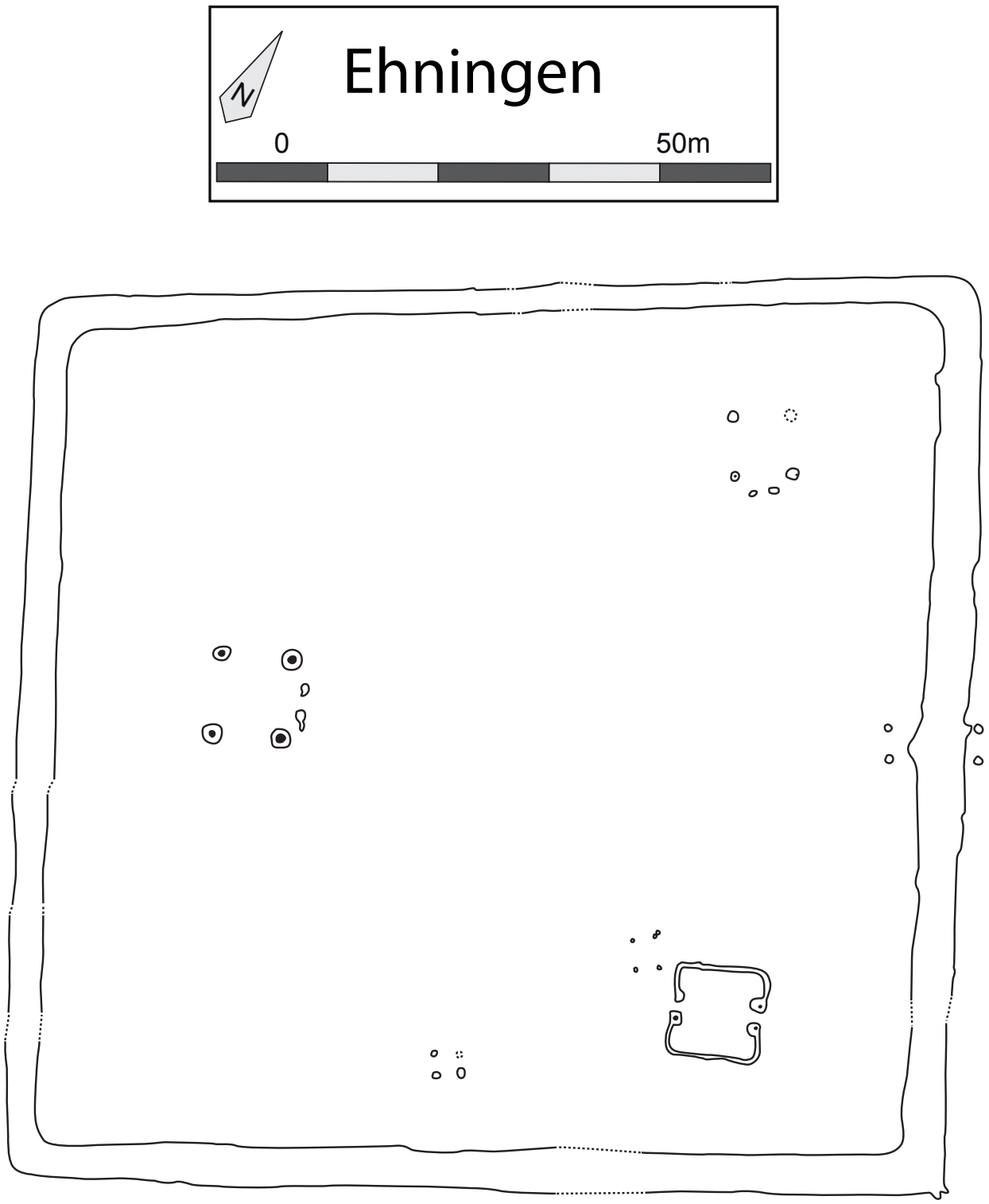


Figure 116. Plan général du second état du site.

pour les bâtiments A, E et C, mais le bâtiment F ne peut pas être rattaché au même état). De même, deux éléments avec des étalons différents peuvent tout de même provenir d'une même volonté, voire d'une même phase d'aménagement (par exemple les bâtiments A, C et E et l'organisation générale du site avec son enclos).

2.5. L'habitat fortifié du Goldberg

2.5.1. Introduction

Cet habitat occupé entre le néolithique et le Moyen-âge mesure 4 hectares de superficie. Notre étude se concentrera sur les bâtiments datés de l'âge du Fer et plus précisément du Hallstatt D1 et de La Tène ancienne. L'organisation de l'habitat en plusieurs groupes de bâtiments laisse présager l'existence d'une structuration réfléchie s'organisant autour de groupes de fermes indépendantes comprenant chacune 2 ou 3 bâtiments. L'absence de données de fouilles récentes et le grand nombre de structures toutes périodes confondues empêchent pourtant à ce jour d'obtenir un phasage plus précis. En effet, des recoupements entre les différents bâtiments peuvent être constatés, mais leurs chronologies ne sont pas établies. À cela ajoutons que l'histoire des recherches sur le Goldberg est particulièrement sinueuse affectant ainsi les proposition de restitution des bâtiments et la qualité des données en général. Les fouilles de Gerhard Bersu eurent lieu entre 1911 et 1929. À l'approche de l'arrivé au pouvoir du régime nazi, Gerhard Bersu a été obligé de s'exilé en Angleterre, laissant derrière une bonne partie de la documentation issu des fouilles et le mobilier découverts qui fut en partie perdu. Il confia l'interprétation des plans à Gordon Childe (CHILDE 1950). Ces mêmes plans ont également été interprété avec des proposition de restitution par Adelhart Zippelius et repris par la suite par Hermann Parzinger dans le cadre de la monographie du site (PARZINGER 1998). Ces vestiges ont donc connu une histoire mouvementé affectant leur représentativité, mais l'importance du corpus et sa disponibilité rende l'analyse métrologique possible.

Dans le cadre de cette étude, nous reprendrons la typologie des bâtiments établis par Hermann Parzinger (PARZINGER 1998 : 79-83 et 118). Vingt-sept ensembles ont ainsi été définis.

2.5.2. Les bâtiments du Hallstatt D.

2.5.2.1. Le type I 1

Ce groupe rassemble les deux plus grands bâtiments identifiés. Le bâtiment 1 est de plan trapézoïdal et mesure 12 m de long sur le côté ouest, 11 m sur le côté sud, 13 m au nord et à l'est. Il est délimité par une tranchée de fondation dans laquelle plusieurs poteaux ont été plantés. Cette tranchée s'interrompt au nord pour laisser un passage de 2,6 m de large. À l'intérieur de ce trapèze, une structure de plan rectangulaire composé de 5 poteaux mesurant 4,6 m de long et 2,9 m de large a été fouillée. Le bâtiment 20 présente des dimensions similaires et le même plan à l'exception de la présence d'une rangée de poteaux internes. Quatre poteaux internes laissent présager la présence d'une structure identique à celle identifiée à l'intérieur du bâtiment 1. Dans le bâtiment 20, cette

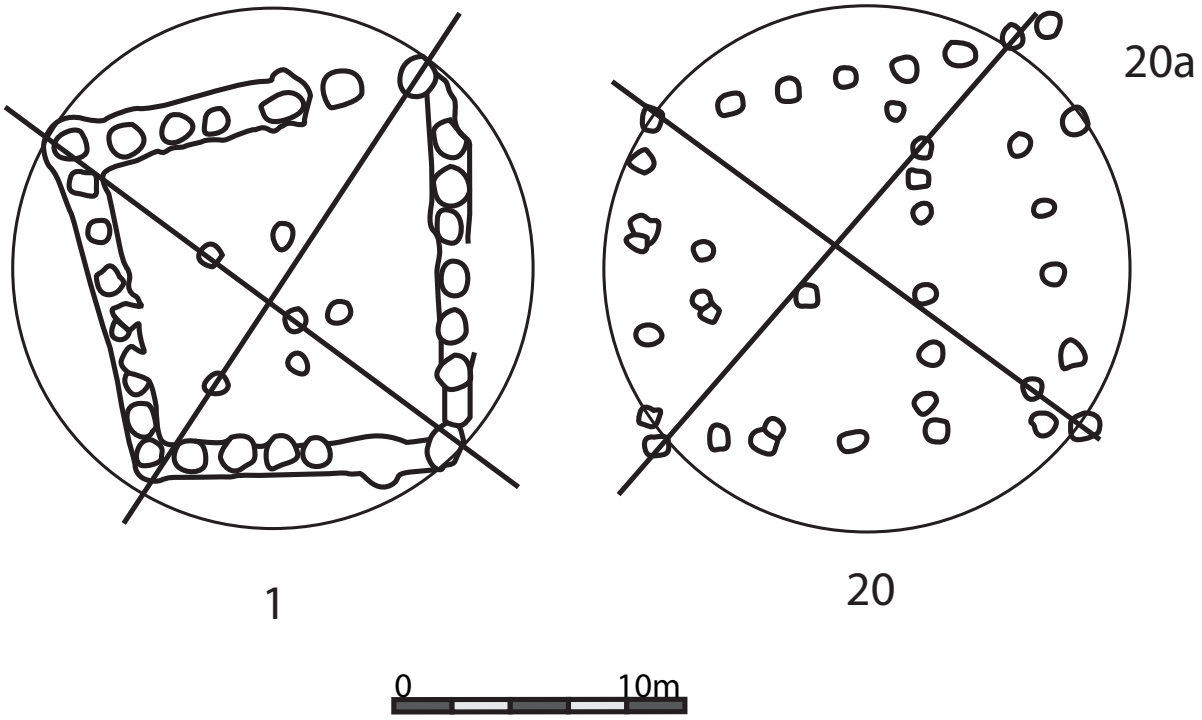


Figure 117. Bâtiments de type I 1 et schéma de planification.

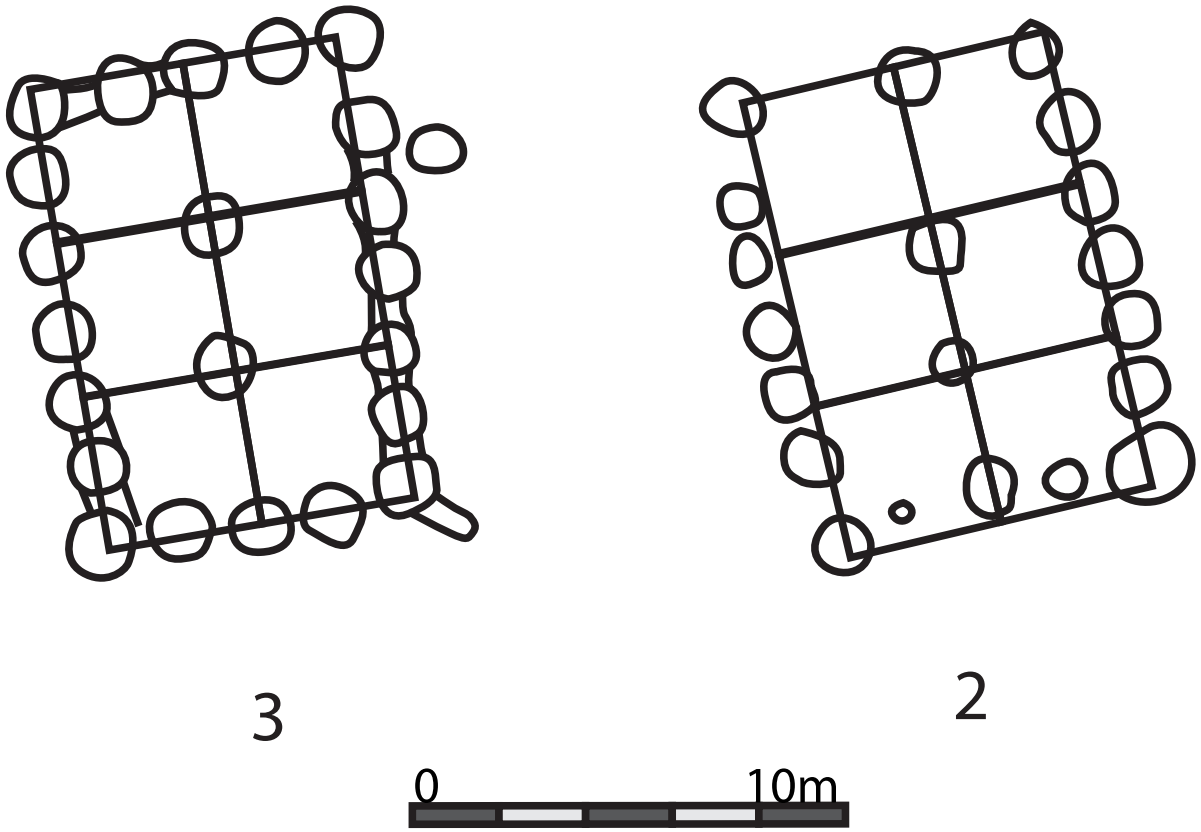


Figure 118. Bâtiments de type I 2 et grille modulaire. Chaque carré mesure 3,6 m de côté.

dernière mesure 3,6 m de long pour 2 m de large. Ces bâtiments ne comportent qu'un seul angle droit chacun. En traçant les diagonales dans ces bâtiments, on constate que ces dernières sont perpendiculaires malgré un léger écart pour le bâtiment 20 (Figure 117). La diagonale la plus longue du bâtiment 1 mesure 18,2 m et la plus courte, 17,4 m. Les diagonales du bâtiment 20 mesurent toutes deux 18,2 m. Cette valeur correspond à 7 fois la mesure de l'ouverture se situant au nord dans le bâtiment 1. Les deux bâtiments sont inscrits dans un cercle de 18,2 m de diamètre. Il est possible que la distance plus courte de la seconde diagonale du bâtiment 1 soit due à une approximation. Ces éléments nous permettent de formuler l'hypothèse selon laquelle ces deux bâtiments auraient été planifiés selon un même module de 2,6 m et à partir de la diagonale. Dans le bâtiment 1, il est intéressant de constater que trois des poteaux constituant la structure interne sont alignés sur l'axe des diagonales renforçant ainsi le lien entre ces deux structures. Deux plus petits dénominateurs communs sont possibles pour ces bâtiments : 0,26 et 0,325. Le module de 2,6 mesurerait alors 10 pieds dans le premier cas et 8 dans le second. La diagonale mesurerait 70 pieds dans le premier cas et 56 dans le second. Les côtés nord et est feraient 50 ou 40 pieds de long. Les deux autres côtés ne peuvent pas s'exprimer aussi facilement avec cette valeur.

2.5.2.2. Le type I 2

Ce type regroupe deux bâtiments à deux nefs avec des poteaux massifs. Les deux bâtiments mesurent 7,3 m de large et 10,8 m de long. Le bâtiment 2 présente une courbure des parois sur les longs côtés lui conférant une largeur maximale de 8,7 m et impliquant une compensation au sein de la poutre faitière de la charpente. Cette dernière peut alors prendre la forme d'une coque de navire retournée (PARZINGER 1998 : 79).

Dans les deux cas, la distance entre les deux poteaux internes du bâtiment 3, soit 3,6 m, se retrouve deux fois dans la longueur des petits côtés et trois fois dans celle des longs côtés. Si le rapport longueur/largeur (2/3), le principe modulaire et le module utilisé pour l'appliquer sont identiques pour les deux bâtiments ce n'est pas le cas de la distance séparant les deux poteaux internes : 3,6 m pour le bâtiment 3 et 3 m pour le bâtiment 2 (Figure 118). Ces deux valeurs disposent toutefois d'un même plus petit dénominateur commun ayant pu servir d'étalon : 0,30 m.

Les bâtiments mesurent ainsi 24 pieds de large et 36 pieds de long. L'intervalle entre les deux poteaux centraux du bâtiment 3 vaut 12 pieds et celui des poteaux du bâtiment 2, 10 pieds.

2.5.2.3. Le type II 1

Seul le bâtiment 21 entre dans cette catégorie. Il s'agit d'un bâtiment à trois nefs de 14 m de long et d'une largeur variant entre 6,5 et 7,8 m. Le plan de ce bâtiment est assez irrégulier. L'espacement entre deux poteaux consécutifs varie entre 2 et 3 m avec une moyenne de 2,4 m dans la largeur du bâtiment et entre 2,4 et 4,6 m avec une moyenne de 3,5 m dans sa longueur. Malgré l'irrégularité du plan, la moyenne de l'espacement des poteaux dans la largeur du bâtiment (2,4 m)

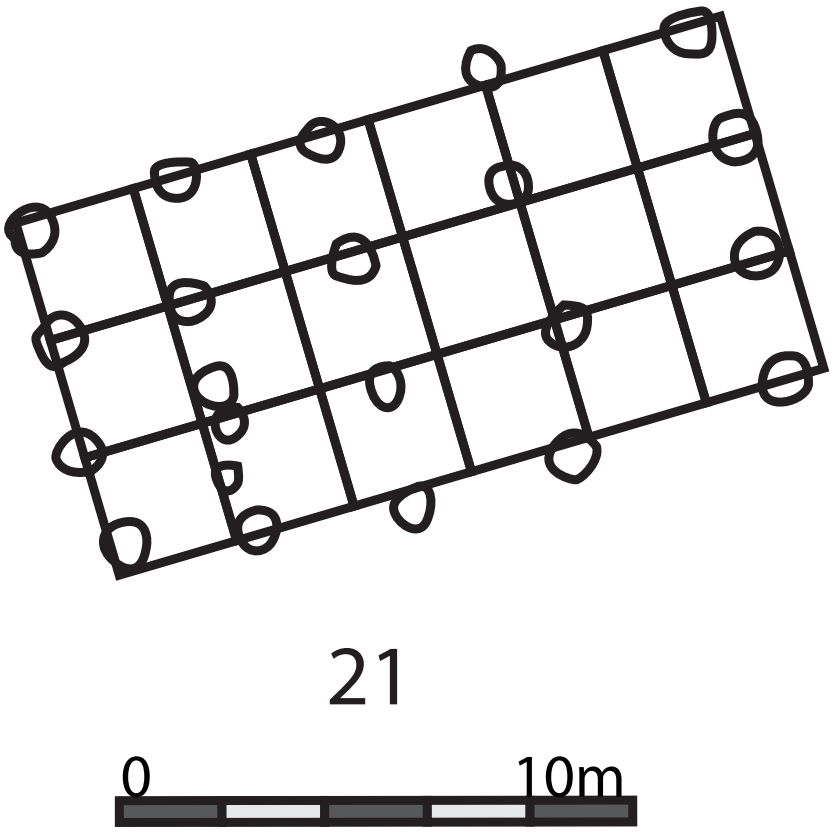


Figure 119. Plan du bâtiment 21 et grille modulaire se fondant sur des carrés de 2,4 m de côté.

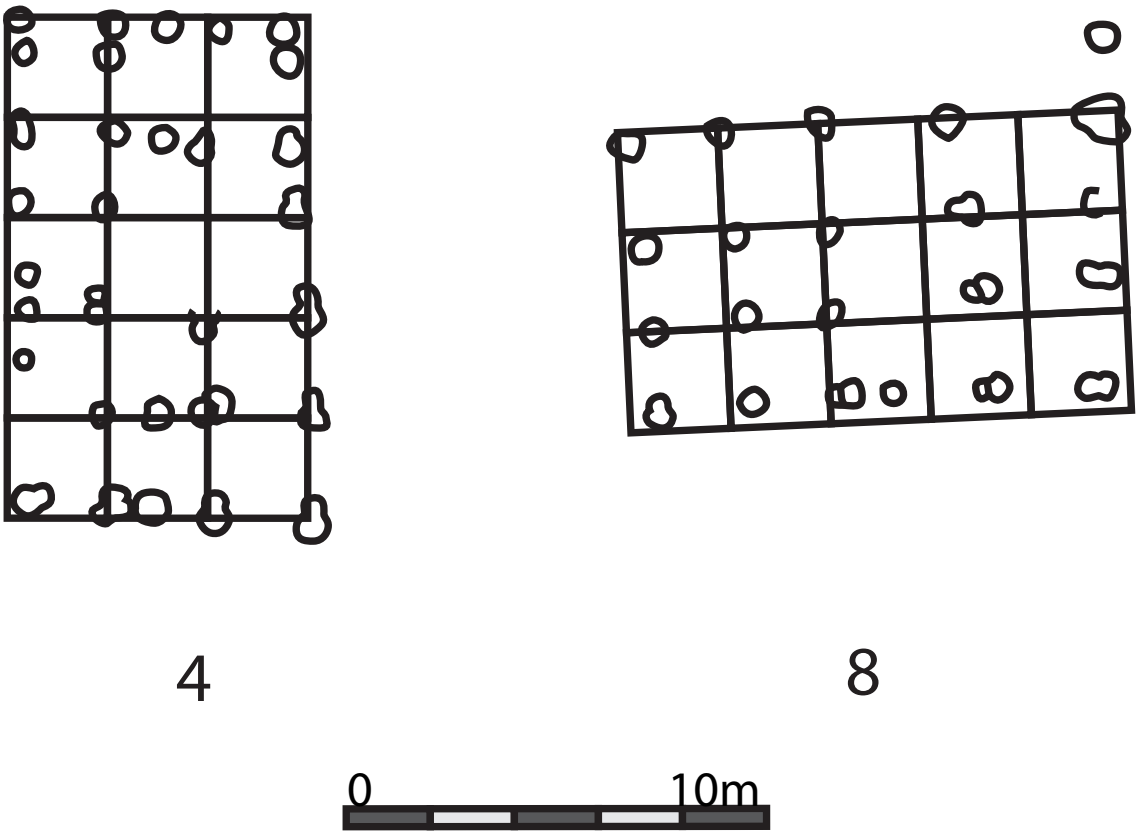


Figure 120. Bâtiment du type II 2a et grille modulaire. Chaque carré mesure 2,4 m de côté.

se retrouve trois fois dans la largeur et 6 fois dans la longueur du bâtiment. En prenant la valeur moyenne de l'espacement des poteaux dans la longueur du bâtiment (3,6 m), le module se retrouve 2 fois dans la largeur et 4 fois dans la longueur de l'édifice (Figure 119).

Le bâtiment présente un rapport largeur/longueur de 1/2 renvoyant à la possibilité d'une planification grâce à deux triangles rectangles ayant pour rapport 1/2/√5. Au vu de l'irrégularité du plan de l'édifice, il est possible que ce rapport n'ait pas été appliqué de façon rigoureuse. Cela n'a pas pour autant affecté la tenue du bâtiment. Les deux modules ont pour plus petit dénominateur commun 0,30 m.

2.5.2.4. Le type II 2a

Les bâtiments de ce type présentent les mêmes caractéristiques que le bâtiment 21 en plus du fait qu'ils présentent un plan régulier. Les bâtiments 4 et 8 mesurent tous deux 11,6 m de long et 6,4 m de large. Les plans des deux bâtiments sont tout à fait superposables, l'emplacement des poteaux ne diffère que de quelques centimètres. La valeur moyenne d'espacements des poteaux est de 2,4 m. Il s'agit d'une des valeurs également identifiées pour le bâtiment 21. Dans le cas des bâtiments 4 et 8, ce module se répète trois fois dans la largeur et cinq fois dans la longueur soit une fois de moins que pour le bâtiment 21 (Figure 120). Le module de 3,6 m identifié sur le plan du bâtiment 21 s'applique également bien sur le bâtiment 8. On obtient alors deux modules de large et trois modules de long. Le résultat est moins convaincant pour le bâtiment 4. Le même plus petit dénominateur commun, à savoir 0,30 m, se retrouve alors dans ces deux édifices.

2.5.2.5. Le type II 2 b

Seul le bâtiment 28 rentre dans cette catégorie du fait de ses dimensions plus réduites malgré un plan similaire aux bâtiments 21, 4 et 8. Il mesure 7,6 m de long et 5,6 m de large. Les valeurs moyennes des espacements entre les poteaux sont de 1,9 m dans la longueur du bâtiment et 1,45 m dans sa largeur. L'utilisation d'un module de 1,45 m n'est pas satisfaisante. Dans le cas d'un module de 1,9 m, on retrouve cette valeur trois fois dans la largeur et cinq fois dans la longueur de l'édifice (Figure 121). Le principe modulaire est identique aux bâtiments 4 et 8, mais le module, lui, diffère. Aucun plus petit dénominateur commun satisfaisant ne peut être identifié.

2.5.2.6. Le type III 1a

Le groupe III rassemble les bâtiments à deux nefs. Seul le bâtiment 24 entre dans le type III 1a. Il a la particularité de disposer de deux poteaux au nord matérialisant une potentielle entrée couverte et de deux poteaux internes. Il mesure 15 m de long et 8,5 m de large sans prendre en compte l'auvent. Ce dernier rallonge la longueur du bâtiment de 2,45 m. Les deux poteaux internes sont distants de 4,4 m. Leur orientation ne correspond pas tout à fait avec celle des autres éléments de l'édifice.

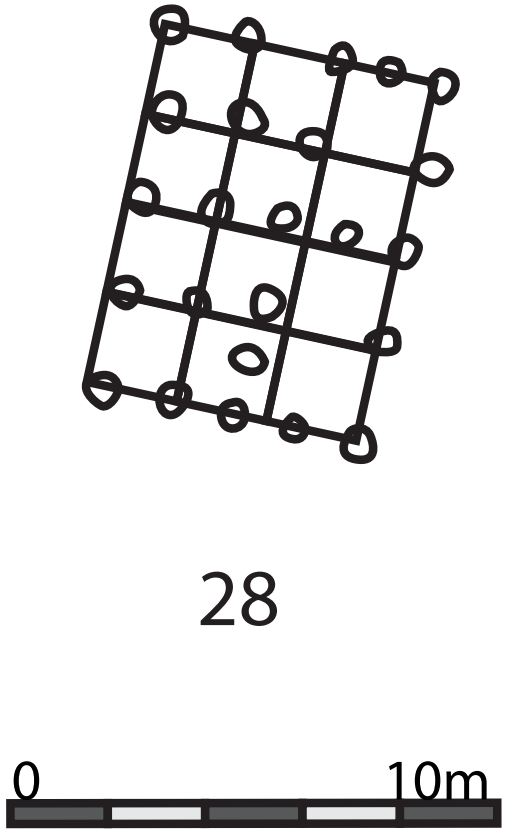


Figure 121. Bâtiment 28 et grille modulaire. Chaque carré mesure 1,9 m de côté.

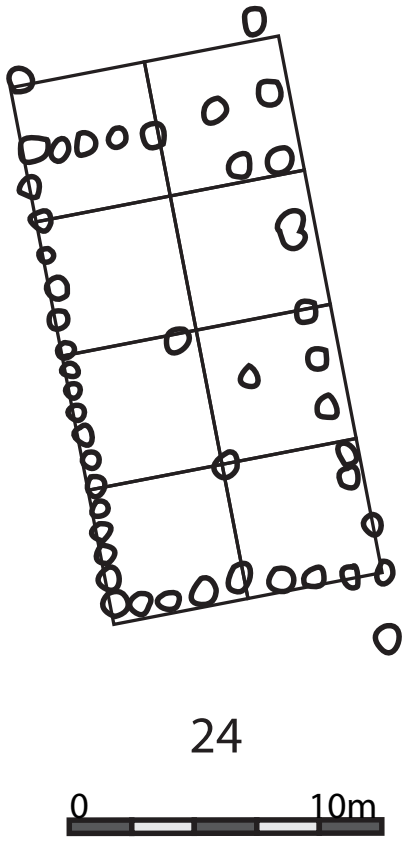


Figure 122. Bâtiment 24 et grille modulaire. Chaque carré mesure 4,4 m de côté.

La distance séparant les deux poteaux internes se retrouve deux fois dans la largeur du bâtiment et quatre fois dans sa longueur, auvent compris, trois fois et demie si on ne tient pas compte de ce dernier (Figure 122). Ceci nous indique la présence d'un rapport 1/2/√5 intervenants dans la planification de l'édifice. Le plus petit dénominateur commun à toutes ces mesures est 0,275 m. L'écart entre les poteaux internes mesure alors 16 pieds, la largeur du bâtiment 32 pieds et sa longueur 64 pieds.

2.5.2.7. Le type III 1 b

Un seul bâtiment rentre dans cette catégorie. Le bâtiment 5 est de plan rectangulaire et présente deux nefs. Il mesure 12,7 m de long et 6,35 m de large. La ligne de poteaux internes coupe le bâtiment en deux parties de même dimension de 3,17 m de large. L'espacement des poteaux dans la longueur est plus irrégulier et varie entre 2 et 3,3 m.

La régularité des dimensions de ce bâtiment ne laisse pas de place au doute. On retrouve le rapport 1/2/√5 pour les proportions largeur/longueur/hypoténuse. Avec un module correspondant à la moitié de la largeur de l'édifice, soit 3,17 m on obtient une largeur de deux modules et une longueur de quatre modules (Figure 123). Ceci nous renvoie un plus petit dénominateur commun d'une valeur de 0,317 m.

2.5.2.8. Le type III 2a

Deux bâtiments entrent dans cette catégorie : les bâtiments 25 et 27. Il s'agit de deux bâtiments à deux nefs et de plans rectangulaires. Le premier mesure 10,3 m de long et 7,9 m de large. La distance séparant les poteaux internes est de 3 m. Ces derniers séparent le bâtiment en deux parties de 3,95 m de large. Cette distance se retrouve donc deux fois dans la largeur et 2,5 fois dans la longueur du bâtiment (Figure 124). Plusieurs plus petits dénominateurs communs probables correspondent à ces mesures : 0,282 +/- 0,002 ; 0,302 +/- 0,002 ou 0,327 +/- 0,002.

Le bâtiment 27 mesure 7 m de large et 9 m de long. La ligne de poteaux internes est légèrement décalée par rapport au centre du bâtiment et ne présente pas d'espacement régulier. Il est possible de retrouver le même rapport modulaire que dans le bâtiment 25. La valeur de ce module diffère toutefois ici : 3,5 m. On peut également retrouver la même fourchette de plus petit dénominateur commun.

2.5.2.9. Le type III 2 b

Cette variante regroupe trois bâtiments présentant des plans proches du carré et ayant des trous de poteaux de plus grandes dimensions.

Le bâtiment 7 mesure 8,3 m de long et 7 m de large. L'espacement entre les poteaux est très variable et oscille entre 1,75 m et 4,3 m. En utilisant cette première mesure, il est possible de la

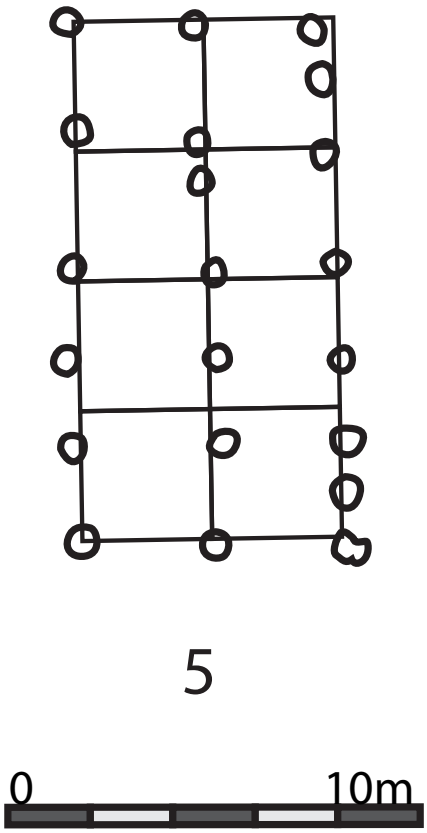


Figure 123. Bâtiment 5 et grille modulaire. Chaque carré mesure 3,17 m de côté.

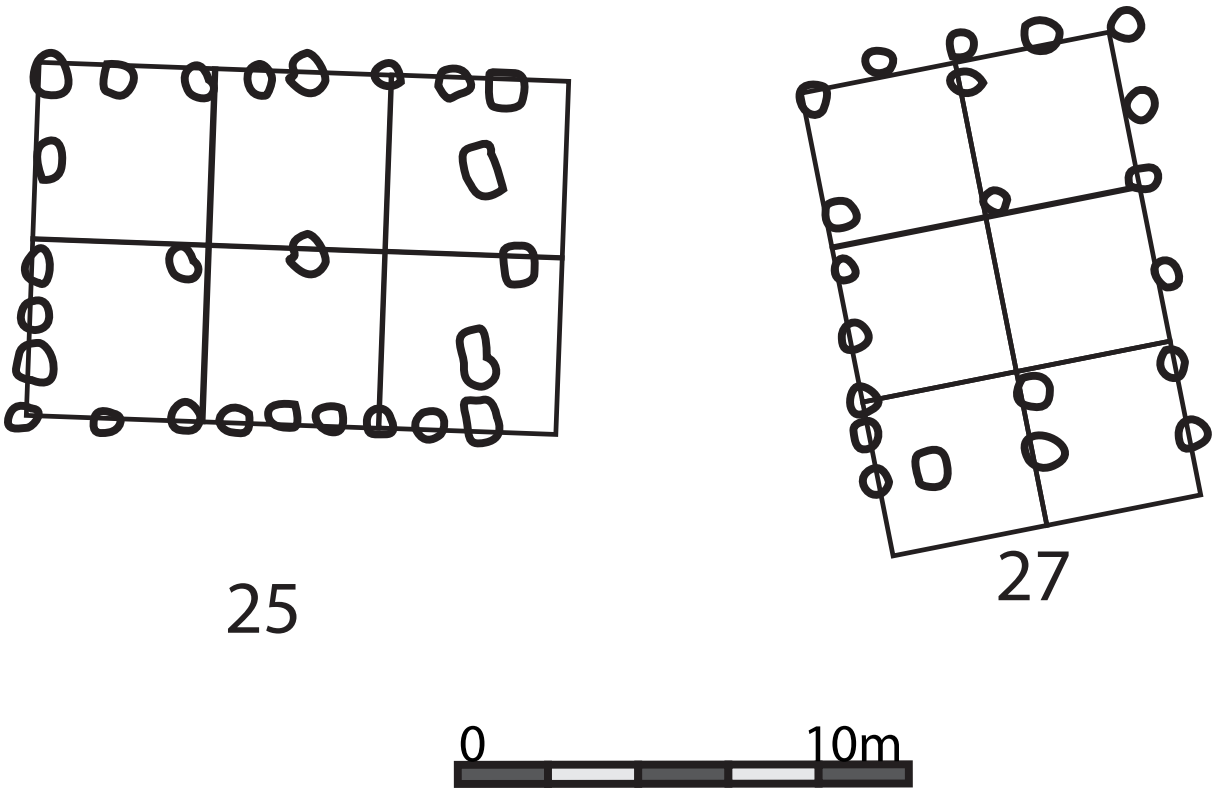


Figure 124. Bâtiments de type III 2a et leurs grilles modulaires.

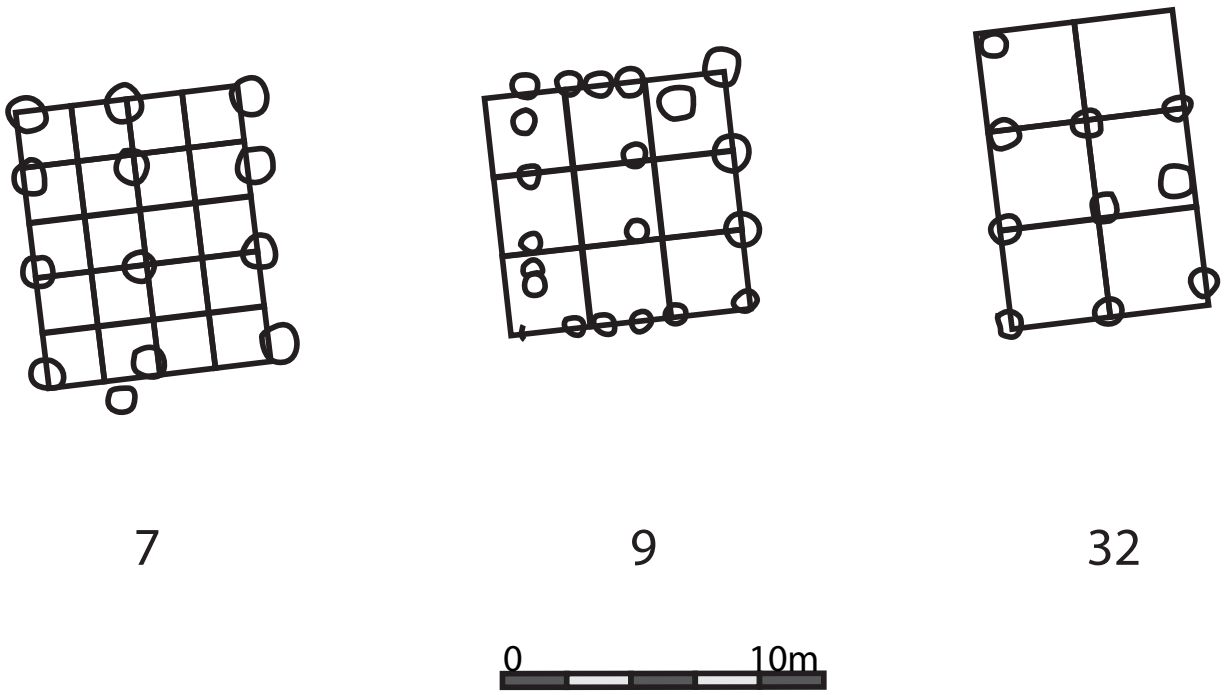


Figure 125. Bâtiments de type III 2 b et leurs grilles modulaires ayant pour base 1,7 m (bâtiment 7), 2,5 m (bâtiment 9) et 3,1 m (bâtiment 32).

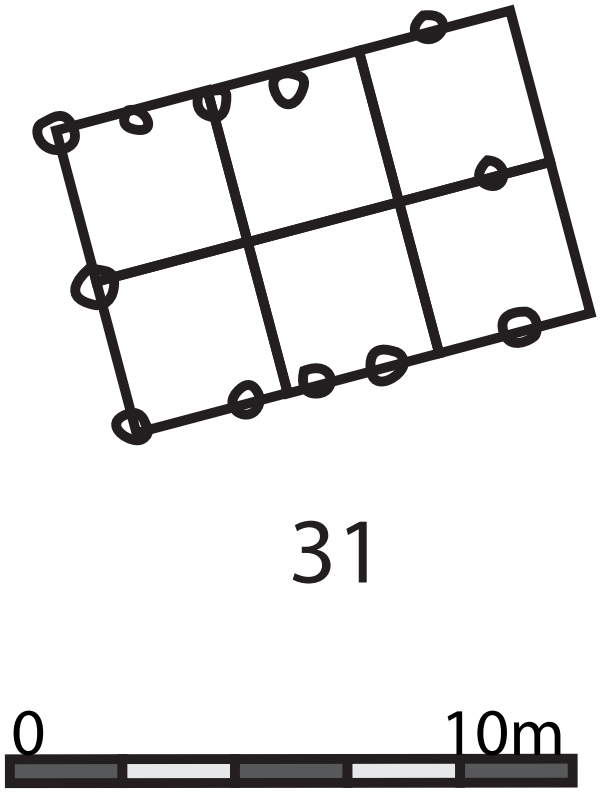


Figure 126. Plan du bâtiment 31 et sa grille modulaire. Chaque carré mesure 2,8 m de côté.

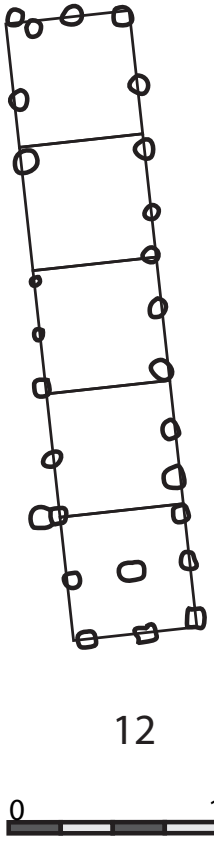


Figure 127. Plan du bâtiment 12 et sa grille modulaire. Chaque carré mesure 4,8 m de côté.

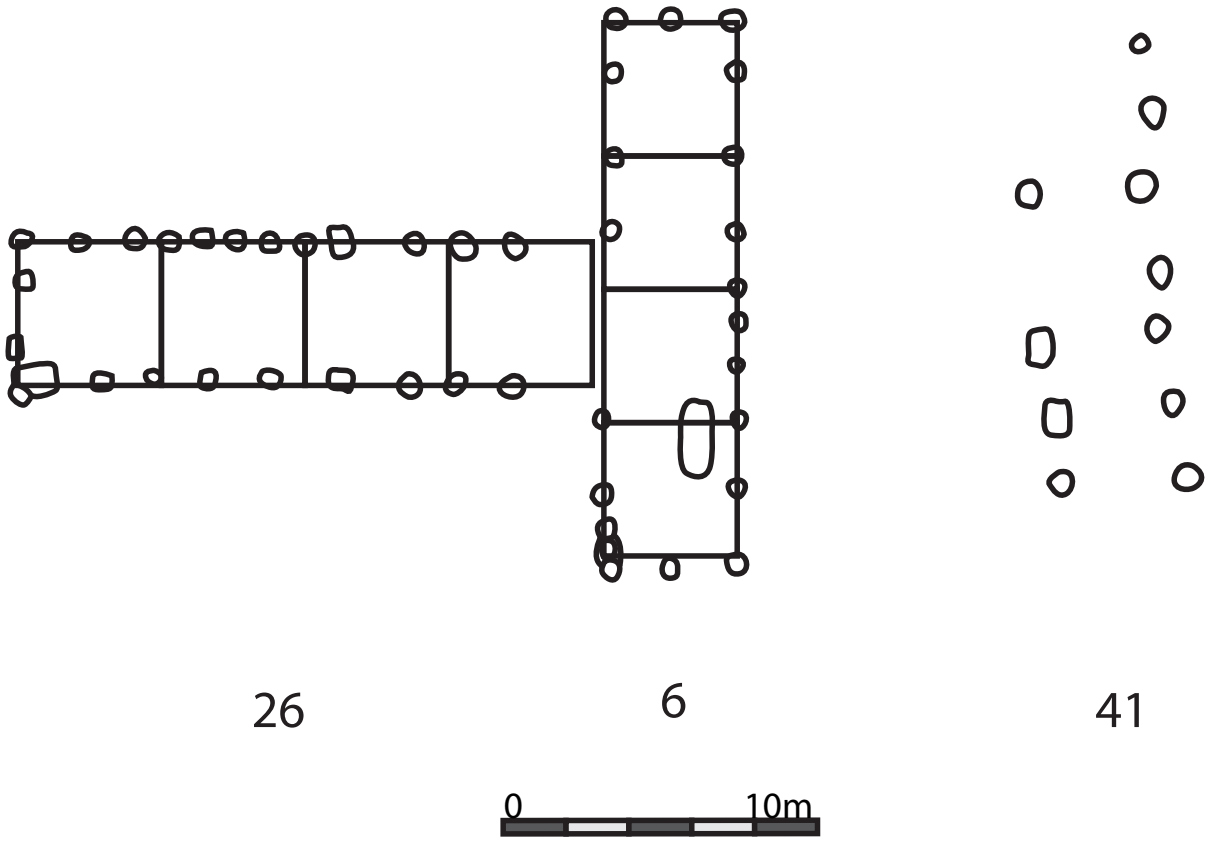


Figure 128. Bâtiments du type IV 1 b et grilles modulaires avec une base de 4,6 m pour le bâtiment 26 et 4,3 m pour le bâtiment 6.

reporter quatre fois dans la largeur et cinq fois dans la longueur du bâtiment (Figure 125). Cette mesure peut également correspondre peu ou prou aux espacements des trous de poteaux. La grande irrégularité de ces distances nous empêche ici toute affirmation. Ces mesures correspondent à un plus petit dénominateur commun compris entre 0,29 et 0,295 m.

Le bâtiment 9 mesure 6,3 m de large et 7,4 m de long. Les deux poteaux internes sont séparés par 2,5 m. C'est également cette distance que l'on retrouve entre les poteaux de la façade est. Cette distance se retrouve donc trois fois dans la longueur et 2,5 fois dans la largeur du bâtiment. Plusieurs plus petits dénominateurs communs sont possibles dans ce cas : 0,25 m ; entre 0,275 et 0,28 m ; entre 0,31 et 0,315 m.

Le bâtiment 32 mesure 6,2 m de large et 8,8 m de long. Le plan de cet édifice est assez irrégulier et incomplet si l'on tient compte d'un poteau supplémentaire au nord. Sans ce poteau on obtient un bâtiment de plan carré de 6,2 m de côté. L'espacement entre les poteaux varie entre 2,6 et 3,4 m avec une moyenne de 3,1 m. Il est possible de retrouver cette distance deux fois dans la largeur de l'édifice. Ce module correspond bien avec l'hypothèse d'un bâtiment de plan carré. Le poteau supplémentaire au nord ne rentre pas dans ce schéma. Il ne s'agit toutefois pas d'un résultat assez satisfaisant pour pouvoir réinterpréter le plan de ce bâtiment. Il est possible d'appliquer ici un plus petit dénominateur commun d'une valeur de 0,31.

2.5.2.10. Le type III 2c.

Seul le bâtiment 31 entre dans cette catégorie. Il s'agit d'un bâtiment à deux nefs de petite dimension et ne présentant aucun poteau interne. Il mesure 5,6 m de large et 7 m de large. Les deux poteaux au centre des façades est et ouest supportent la poutre faitière. Ils se situent exactement au milieu des petits côtés et sont donc situés à 2,8 m de chaque poteau d'angle. Il est possible de retrouver 2,5 fois cette valeur dans la longueur du bâtiment (Figure 126). Ces mesures renvoient vers un plus petit dénominateur commun d'une valeur de 0,28 m.

2.5.2.11. Le type IV 1a

Le type IV regroupe les bâtiments longs à une nef. Le type IV 1a comporte uniquement le bâtiment 12 qui se distingue par ses grandes dimensions. Il mesure 24 m de long et 4,8 m de large. Il est possible de retrouver cinq fois la mesure de la largeur dans la longueur du bâtiment. On obtient donc un rapport largeur/longueur de 1/5 (Figure 127). Deux plus petits dénominateurs communs correspondent à ces mesures : 0,30 et 0,32 m. Dans le premier cas, on obtient une longueur de 80 pieds et une largeur de 16 pieds. Dans le second, on trouve 75 pieds de long et 15 pieds de large. Il est à noter que dans ce cas les mesures peuvent également être exprimées en coudée de 0,48 m. Il s'agit d'un sur multiple du pied de 0,32 m. On obtient alors 10 coudées de large et 50 coudées de long.

2.5.2.12. Le type IV 1 b

Trois bâtiments correspondent à ce type : les bâtiments 26, 6 et 41. Le bâtiment 26 mesure 16 m de long et 4,6 m de large. Cette mesure se retrouve 3,5 fois dans la longueur du bâtiment (Figure 128). Aucun plus petit dénominateur commun satisfaisant n'a pu être identifié, mais les valeurs sont proches de 0,32 m.

Le bâtiment 6 mesure 17,6 m de long et 4,3 m de large. Cette valeur se retrouve quatre fois dans la longueur du bâtiment en arrondissant le résultat du calcul (en réalité 4,093023...) (Figure 128). Deux plus petits dénominateurs communs sont possibles dans ce cas : 0,27 m et 0,32 m.

Le plan du bâtiment 41 est irrégulier et incomplet. Les trous de poteaux ne sont pas aussi bien alignés que dans les autres exemples. De plus, leurs dimensions sont très variables. Il n'est pas certain ici qu'il s'agit véritablement d'un bâtiment. Il pourrait s'agir de deux palissades. L'étude métrologique n'est pas possible ici.

2.5.2.13. Le type IV 2a

Cinq bâtiments composent ce groupe. Il s'agit de bâtiments allongés aux plans irréguliers.

Le bâtiment 10 mesure 10 m de long, 5 m de large au nord et 3,5 m de large au sud. On constate d'emblé le rapport 1/2 entre la longueur et la paroi nord du bâtiment (Figure 129). Il n'est toutefois pas possible d'expliquer la réduction de sa largeur à l'heure actuelle si tant est qu'il s'agisse bien d'un bâtiment. Du fait de cette irrégularité, il est difficile de procéder à une analyse métrologique pertinente.

Le bâtiment 11 mesure 9,1 m de long et 3,8 m de large. La présence d'un poteau interne au centre du bâtiment coupe l'édifice en deux sections de 4,55 m de long. En dehors de cette division en deux espaces de même dimension aucun rapport métrologique et plus petit dénominateur commun ne peut être identifié.

Le bâtiment 14 mesure 11,1 m de long, 4 m de large au nord et 5,1 m de large au sud. La grande irrégularité de ce plan nous interdit toute considération métrologique. Il en va de même pour le bâtiment 16 qui mesure 12,4 m de long, 4,8 m de large au sud et 5,5 m de large au centre. Le bâtiment 38 est très mal conservé et très irrégulier. Il n'est pas certain qu'il s'agisse d'un bâtiment.

2.5.2.14. Le type IV 2 b

Ces bâtiments présentent le même type de plans que le type précédent, mais avec des dimensions réduites. Trois édifices y sont regroupés. Nous exclurons ici le bâtiment 34 dont le plan est incomplet.

Le bâtiment 37 mesure 7,5 m de long et 4 m de large. L'espacement entre les poteaux est irrégulier. Aucun rapport métrologique ou plus petit dénominateur commun pertinent ne peut être

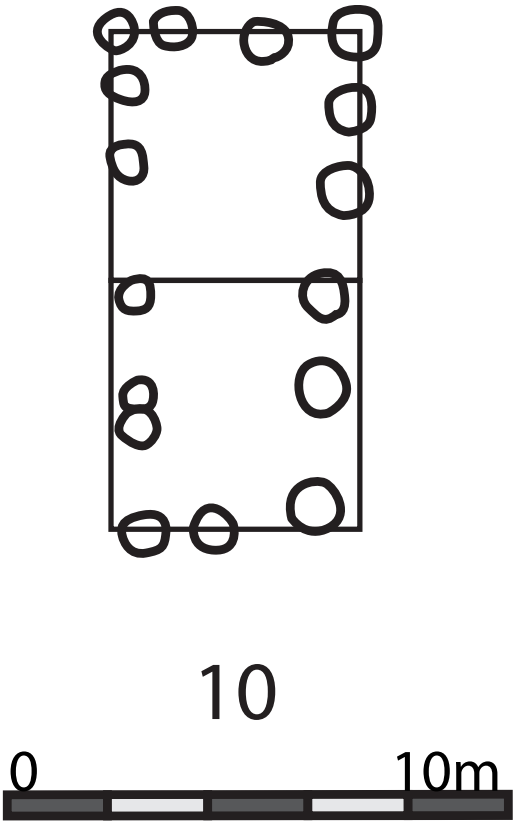


Figure 129. Plan du bâtiment 10 et grille modulaire avec des carrés de 3,5 m de côté.

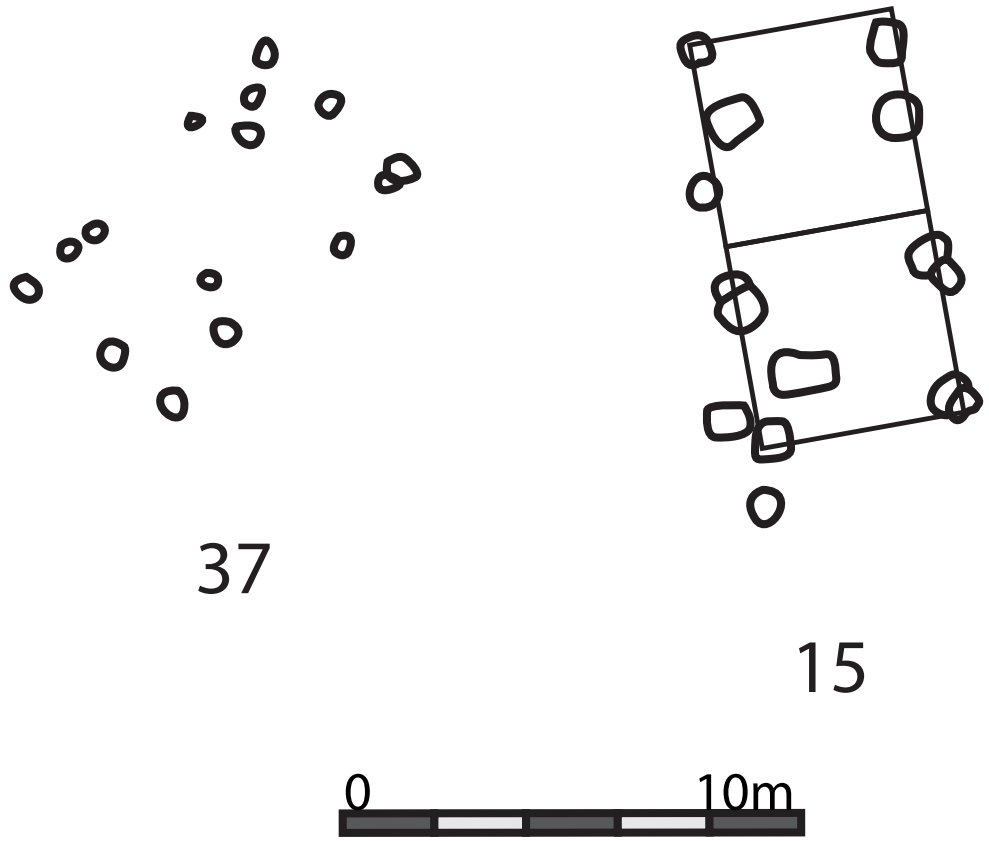


Figure 130. Plans des bâtiments du type IV 2 b et grille modulaire du bâtiment 15 avec des carré de 4,5 m de côté.

identifié.

Le bâtiment 15 est très irrégulier et mesure 9 m de long et 4,5 m de large. On retrouve ici un rapport largeur longueur de 1/2 renvoyant potentiellement au principe de planification par triangle rectangle ayant pour rapport 1/2/√5 (Figure 130). Ses dimensions renvoient à un plus petit dénominateur commun d'une valeur de 0,30 m. On obtient alors 15 pieds de largeur et 30 pieds de longueur.

2.5.2.15. Le type IV 3

Ce type regroupe deux bâtiments de plans rectangulaires et à deux nefs constitués de nombreux poteaux. Ces derniers présentent de nombreux recoupements, il s'agirait dès lors de plusieurs états de l'édifice. Nous exclurons le bâtiment 29 de l'étude. Ce dernier présente un plan incomplet et peu cohérent.

Le bâtiment 22 mesure 13,2 m de long, 4 m de large au sud et 5 m de large au nord. La largeur de la nef ouest est constante et mesure 2,1 m. Celle de la nef est varie passant de 1,9 m au sud à 2,9 m au nord. Aucun rapport métrologique et géométrique satisfaisant n'a été trouvé.

2.5.2.16. Le type IV 4

Ce type regroupe deux bâtiments de plan trapézoïdal. Le bâtiment 17 mesure 8,3 m et 8,5 m de long respectivement au sud et au nord et 6,5 m et 5 m de largeur à l'ouest et à l'est. La grande irrégularité des mesures empêche une réflexion métrologique pertinente.

Le bâtiment 23 mesure 3,3 m au sud, 4,8 m au nord et 6 m à l'ouest et à l'est. Les deux poteaux internes, ici attribués à ce bâtiment, se situent sur la diagonale reliant les coins nord-ouest et sud-est du bâtiment. L'espace entre les deux poteaux mesure 2,1 m. La même mesure sépare le poteau interne nord du poteau de coin nord-ouest. Le poteau interne sud se situe quant à lui à 3 m du poteau de coin sud-est. La forme du bâtiment rend difficile la recherche de proportion. Toutefois, on constate que toutes les mesures ont pour plus petit dénominateur commun 0,30 m. On retrouve alors 11 pieds de large au sud, 16 pieds de large au nord et 20 pieds de long. La diagonale mesure alors 24 pieds. En utilisant le théorème de Pythagore on obtiendrait une hypoténuse de 22,8254 en utilisant les côtés sud et ouest et 25,6125 en utilisant les côtés nord et est. La moyenne de ces deux valeurs est 24,21895. Valeur proche de la mesure de la diagonale. Il y avait donc une volonté de planification d'angles droits pour les coins sud-ouest et nord-est des bâtiments. Le quadrilatère ainsi formé est inscrit dans un cercle de 7,2 m soit 24 pieds de diamètre. Il est possible ici de formuler l'hypothèse selon laquelle ce bâtiment a été planifié par la diagonale (Figure 131). Cette hypothèse est renforcée par le fait que l'édifice est inscrit dans un cercle.

2.5.2.17. Le type V 1

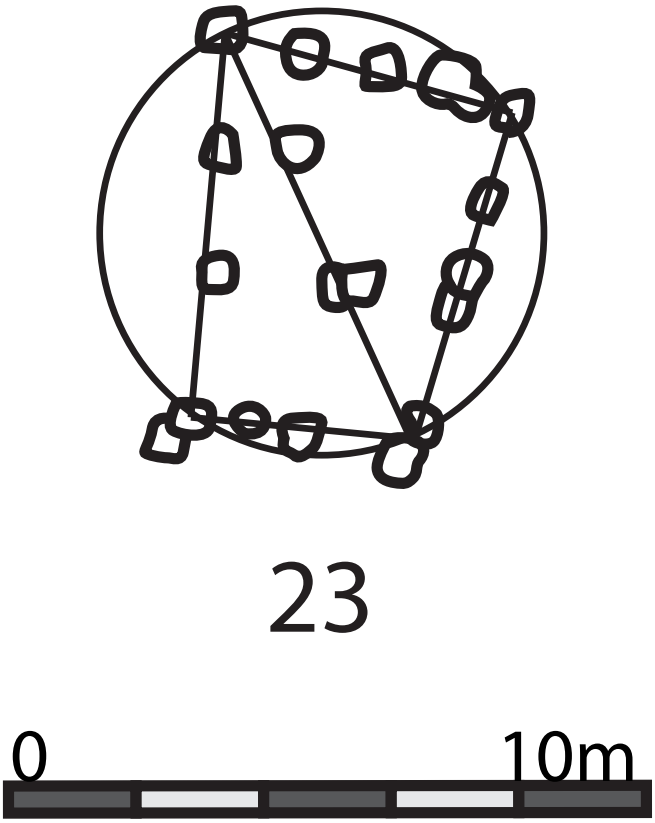


Figure 131. Bâtiment 23 et son schéma de planification

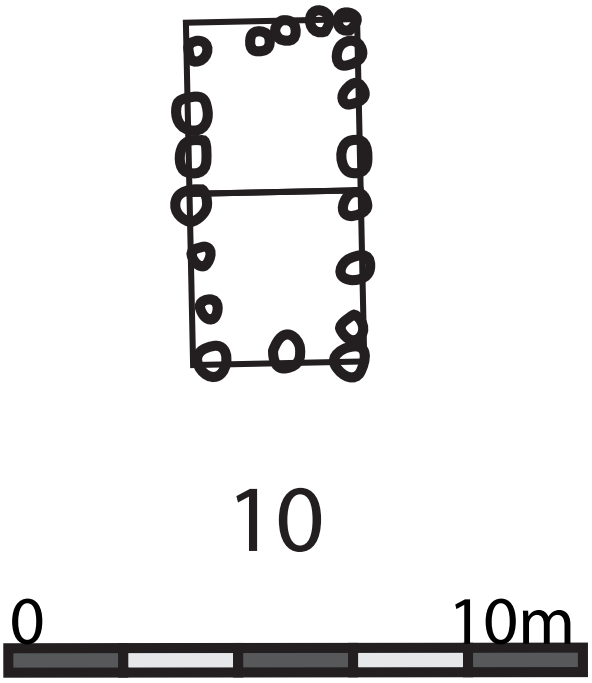


Figure 132. Plan du bâtiment 10 et sa grille modulaire avec des carrés de 3 m de côté.

Deux petits bâtiments interprétés comme des greniers de plans quadrangulaires composent ce groupe. Le bâtiment 39 mesure 3,4 sur 3,7 m. Le bâtiment 33 mesure quant à lui 3,8 sur 4,4 m. Le trop faible nombre de mesures pouvant être effectuées sur ce type de construction nous empêche de procéder à une analyse métrologique.

2.5.2.18. Les plans des bâtiments non attribués

Le bâtiment 19 est de plan rectangulaire et mesure 7 m au nord, 6 m a l'est 8 m au sud et 5,5 m à l'ouest. Ce plan est irrégulier, il n'est pas certain qu'il s'agisse véritablement d'un bâtiment. Aucun rapport métrologique n'a pu être déterminé.

Le bâtiment 18 est de plan rectangulaire et mesure 5 m de long et 4 m de large. L'espacement des poteaux est très régulier : 2 m sur la façade sud et 2,5 m sur les côtés est et ouest en excluant un poteau sortant de l'alignement est. On ne retrouve pas rapport longueur/largeur particulier ici. Le plus petit dénominateur commun à ces mesures est 0,25 m. On obtient alors 16 pieds de large et 20 pieds de long.

2.5.3. Les bâtiments de La Tène ancienne

2.5.3.1. Le type IV 5

Le bâtiment 10 est rattaché à ce groupe du fait de sa ressemblance avec les édifices du type IV datant du Hallstatt, à savoir un bâtiment de plan rectangulaire allongé. Ce bâtiment mesure 6 m de long et 2,6 m de large. Il présente des parois légèrement courbes et atteint en son milieu une largeur de 3 m. En prenant en compte cette largeur maximum on retrouve un rapport largeur/longueur de 1/2 (Figure 132). La réduction de cette largeur au niveau des petits côtés et la courbure des longs côtés mettent toutefois à mal l'hypothèse d'une planification grâce aux triangles rectangles de rapport $1/2/\sqrt{5}$. Deux plus petits dénominateurs communs sont possibles dans ce cas : 0,25 et 0, 30 m. Le bâtiment mesure alors 12 pieds sur 24 pieds dans le premier cas et 10 pieds sur 20 pieds dans le second.

2.5.3.2. Le type VII 1a

Ce groupe comporte deux bâtiments à deux nefs de plans allongés et légèrement trapézoïdaux. Le bâtiment 2 mesure 9,3 m à l'ouest, 8,9 m à l'ouest, 4,5 m au sud et 4,8 m au nord. Ce bâtiment présente des angles réguliers et très proches de 90 degrés. Seul le poteau de l'angle nord-ouest donne l'impression d'un plan trapézoïdal. Les deux poteaux internes divisent le bâtiment en deux nefs mesurant 2,1 m à l'est et 2,4 m à l'ouest. Cette dernière nef semble gagner en largeur vers le nord, mais l'absence d'autres poteaux internes nous empêche d'être plus précis. La valeur de la largeur se retrouve presque deux fois dans la longueur du bâtiment avec un écart de 0,1 m. On retrouve alors ce rapport largeur/longueur de 1/2 renvoyant aux triangles rectangles de rapports $1/2/\sqrt{5}$ (Figure 133). Il est également possible d'utiliser la valeur moyenne de la largeur d'une

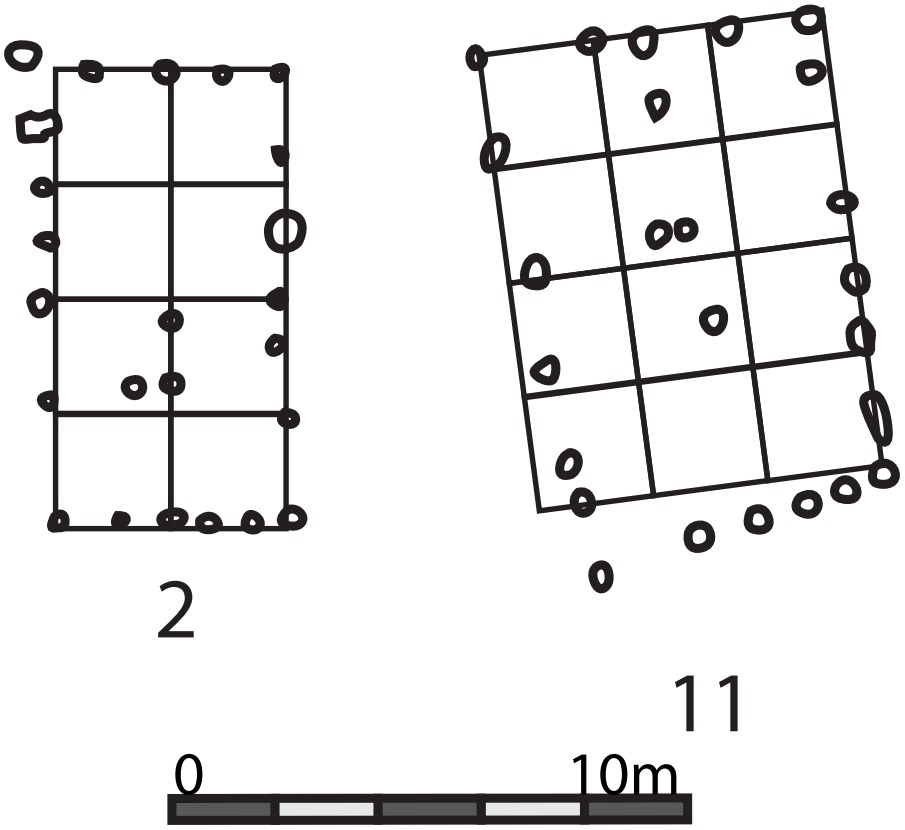


Figure 133. Les bâtiments du type VII 1a et leurs grille modulaire se fondant sur un module de 2,25 m.

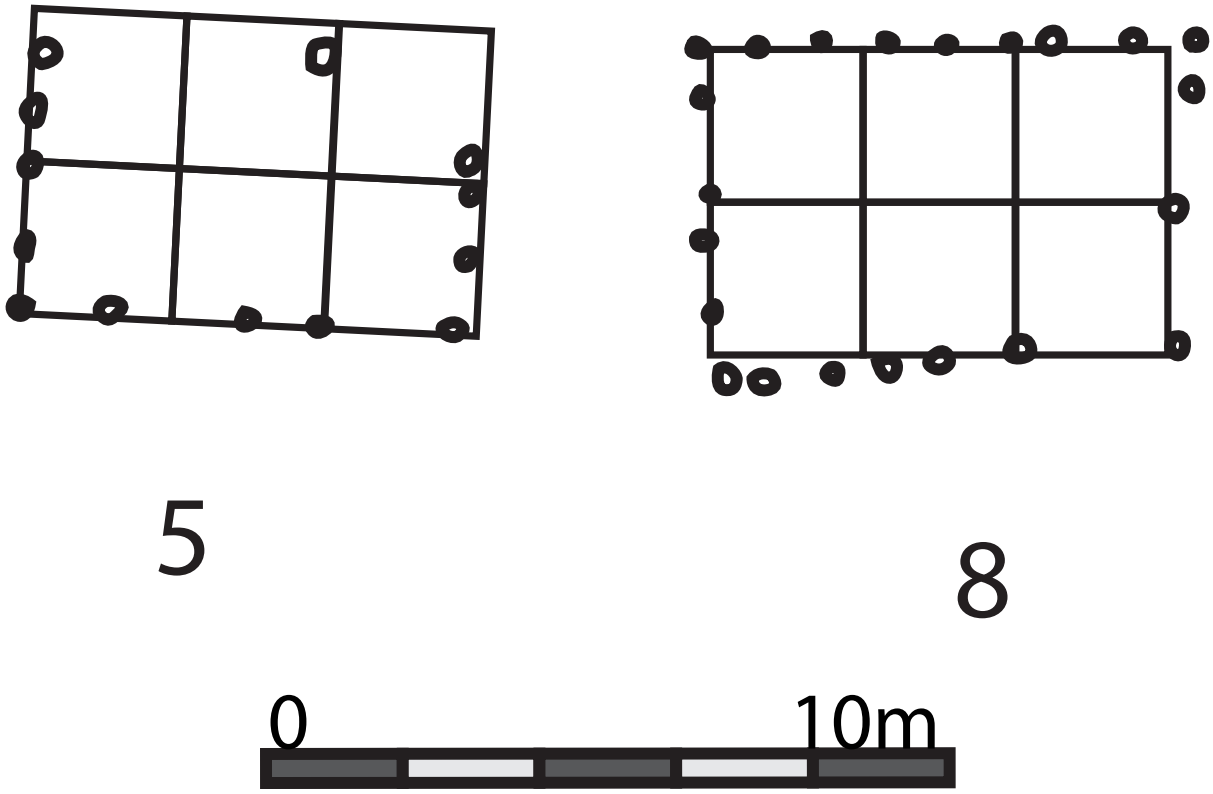


Figure 134. Les bâtiments du type VII 1 b et grilles modulaires se fondant sur un module de 2,25 m.

nef (soit 2,25 m) comme module. On obtient toujours le même rapport avec cette fois deux fois cette valeur dans la largeur et quatre fois dans la longueur de l'édifice. Le plus petit dénominateur commun le plus pertinent pour ce bâtiment est 0,30 +/- 0,002 m.

Le bâtiment 11 présente un plan trapézoïdal avec un seul angle droit se situant au nord-est de l'édifice. Il mesure 6,75 m au nord, 5,9 m au sud, 8,9 m à l'ouest et 10,4 m à l'ouest. Les poteaux internes ne suivent pas tout à fait l'orientation de l'édifice. Aucun rapport ou plus petit dénominateur commun ne peut être identifié ici. Il est toutefois intéressant de remarquer qu'en utilisant le module de 2,25 m identifié sur le bâtiment 2 il est possible de planifier l'angle droit au nord-est. La largeur au nord comporte trois fois cette valeur et elle se retrouve quatre fois dans la longueur à l'est. Ces valeurs ne sont pas sans rappeler le triplet pythagoricien 3-4-5 (Figure 133). Le reste de la forme du bâtiment est à ce jour inexplicable.

2.5.3.3. Le type VII 1 b

Le bâtiment 5 mesure 6,4 m de long et 3,8 m de large. Le plan est incomplet et il n'est pas certain que le poteau matérialisant la paroi nord fasse réellement parti de l'édifice. Aucune réflexion métrologique pertinente n'est possible dans ce cas.

Le bâtiment 8 mesure 4,5 m à l'est, 4,8 m à l'ouest, 7,3 m au nord et 6,6 m au sud. La similitude des mesures des petits côtés avec celles du bâtiment 2 nous a enjoint à utilisé le même module d'une valeur de 2,25 m. Cette valeur peut correspondre à ce bâtiment également. Elle se retrouve deux fois dans la largeur et trois fois dans la longueur de l'édifice (Figure 134). Le bâtiment 2 mesure un module de plus en longueur. Il est possible que les deux bâtiments aient été planifiés selon la même base en modulant simplement la longueur voulu.on retrouve également le même plus petit dénominateur commun soit 0,30 +/- 0,002 m.

2.5.3.4. Le type VII 2

Seul le bâtiment 4 entre dans cette catégorie. Il s'agit d'un bâtiment à trois nefs mesurant 6 m au nord et au sud, 5,4 m à l'est et 6,2 m à l'ouest. La nef ouest mesure 3 m de large, la nef centrale, 2 m et la nef est, 1 m. Malgré la surprenante régularité des nefs, il est impossible d'avoir une réflexion métrologique pertinente ici à cause de l'irrégularité du plan.

2.5.3.5. Le type VII 3a

Le bâtiment 9 mesure 4,5 m au sud, 4,8 m au nord, 5,8 m à l'ouest et 5,4 m à l'est. Les deux nefs mesurent 2,25 m. On retrouve là encore le module de 2,25 m déjà rencontré sur les bâtiments 2 et 8. Ce module se retrouve deux fois dans la largeur et deux fois et demie dans la longueur du bâtiment (Figure 135). On constate encore une fois l'utilisation d'un même module et d'un même plan en réduisant encore la longueur d'un demi-module supplémentaire. Le plus petit dénominateur commun à ces mesures est 0,30 +/- 0,01 m.

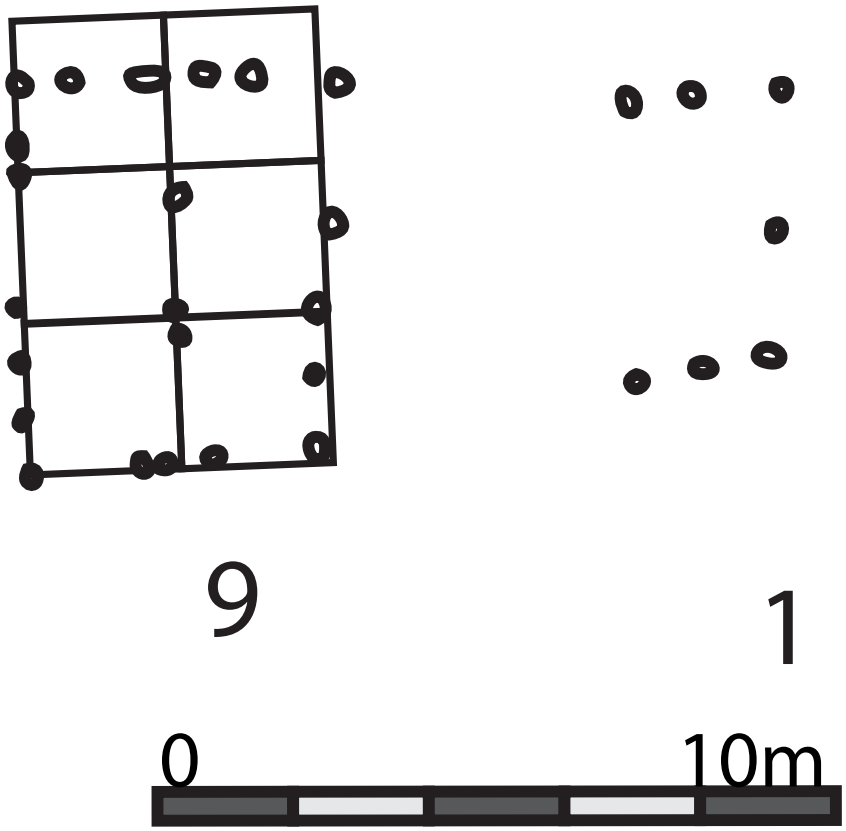


Figure 135. Bâtiments du type VII 3a et grille modulaire se fondant sur un carré de 2,25 m de côté.

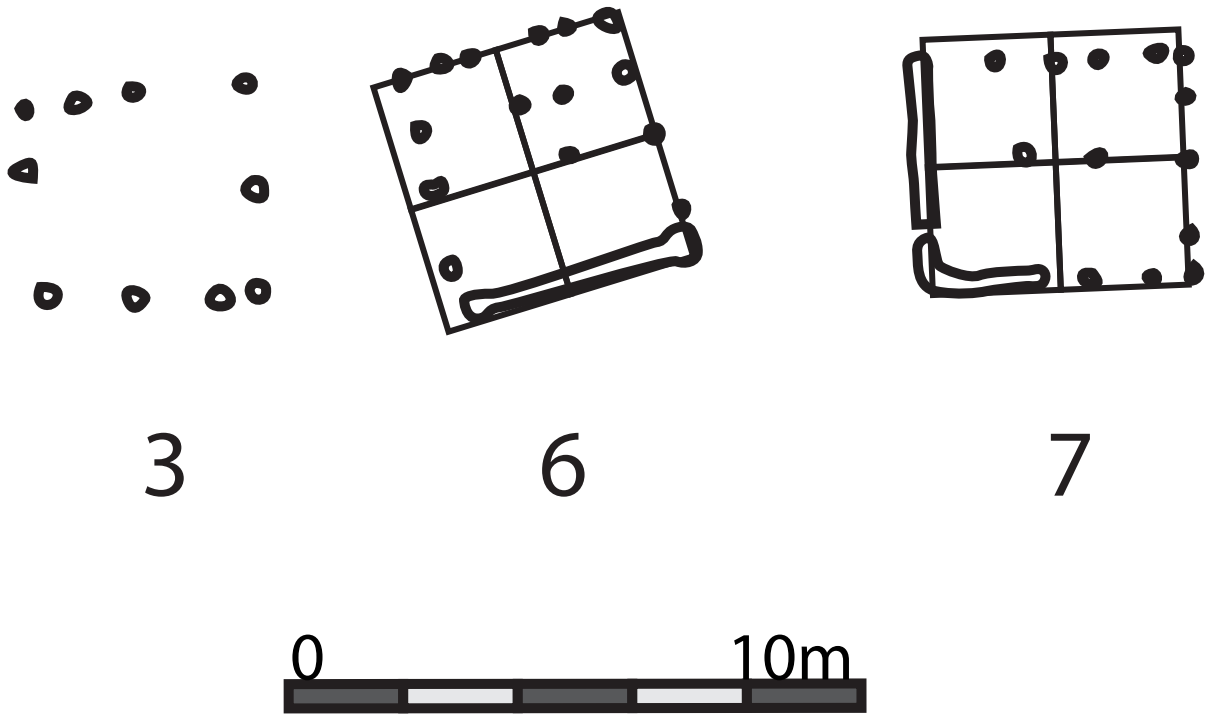


Figure 136. Bâtiments du type VII 3 b et grille modulaire se fondant sur un carré de 2,25 m.

Le bâtiment 1 est très irrégulier. Il mesure 5,1 m au nord, 4,4 m au sud, 3,8 m à l'est et 4,3 m à l'ouest. La largeur des nefs varie entre 1,1 et 2,3 m. Aucun rapport métrologique n'a pu être identifié ici. Il n'est pas certain qu'il s'agisse véritablement d'un édifice.

2.5.3.6. Le type VII 3 b

Trois bâtiments de petites dimensions et de plans quadrangulaires composent ce groupe. Le bâtiment 3 mesure 3,7 m au nord, au sud et à l'est, et 3,4 m à l'ouest. Aucun rapport métrologique n'est identifiable. Il est possible d'avoir un plus petit dénominateur commun d'une valeur de 0,309 +/- 0,0003 m. Le bâtiment mesurerait alors 12 pieds sur ses côtés nord, sud et est et 11 pieds sur son côté ouest.

Les bâtiments 6 et 7 présentent le même plan et les mêmes dimensions. La réflexion qui va suivre pourra donc s'appliquer aux deux bâtiments. Il s'agit de bâtiments de plan quadrangulaire mesurant 4,5 m de long et 3,9 m de large. La tranchée de fondation de la paroi des bâtiments est en partie conservée dans les deux cas : au sud pour le bâtiment 6, à l'ouest et au sud pour le bâtiment 7. Chaque bâtiment est constitué de deux nefs de largeurs inégales. La première mesure 2,25 m (à l'est pour le bâtiment 6 et au sud pour le bâtiment 7), la seconde mesure 1,65 m. On retrouve deux fois la dimension de la première nef dans la longueur du bâtiment. Cette dimension se retrouve également 1,75 fois dans la largeur du bâtiment (1,73333333... en réalité) (Figure 136). Ce module correspond également à celui ayant pu être utilisé dans la planification des bâtiments 2, 11, 8 et 9 qui présentent tous une largeur égale à la longueur de ce bâtiment. Dans ce cas encore, le plus petit dénominateur commun à ces mesures est 0,30 m.

2.5.4. Conclusion

Pour la phase datant du Hallstatt D, nous avons pu constater la récurrence de plusieurs types de plans se basant généralement sur des principes géométriques constants, et ce, malgré des plus petits dénominateurs communs variables (Figure 137). On notera tout particulièrement l'utilisation de trois techniques de planification principales.

La première consiste en la mise en place d'un rapport largeur/longueur avec une largeur constante d'une valeur de deux modules et une longueur variable permettant de planifier des bâtiments de plan similaire et d'adapter la longueur en fonction du nombre de répétitions du module. Les exemples les plus fréquents sont 2/2, 2/2, 5 modules (les bâtiments 25, 27 et 31) et 2/3 modules (les bâtiments 2 et 3).

La seconde consiste en la planification d'un bâtiment grâce à un triangle rectangle ayant un rapport largeur/longueur de 1/2 et ainsi présentant une hypoténuse d'une valeur de $\sqrt{5}$. On retrouve notamment ce rapport sur les bâtiments 21, 24, 5, 10 et 15. Ce rapport peut être répété afin d'obtenir un rapport total de 1/5 dans le cas des longs bâtiments à une nef comme, le bâtiment 12 par exemple.

La dernière technique de planification récurrente est la planification par la diagonale. Elle n'a été identifiée que sur trois bâtiments : les bâtiments 23, 1 et 20. En général, ce principe est plus fréquemment retrouvé dans la planification des enclos quadrangulaires. Si le cas du bâtiment 23 ne soulève pas trop de questions, il n'en est pas de même pour les bâtiments 1 et 20 qui présentent le même plan (à l'exception des tranchées de fondation de parois absentes sur le bâtiment 20, mais qui, selon Zippelius, pourrait correspondre à un autre état du bâtiment) et les mêmes dimensions. De plus, ils renferment tous deux une structure rectangulaire à l'intérieur de l'espace principale et légèrement décentrée. On peut se poser la question s'il s'agit ici véritablement de bâtiments aux dimensions monumentales. Il pourrait également s'agir de systèmes de délimitations englobant un bâtiment ayant une fonction particulière et s'intégrant dans un programme architectural global comprenant à la fois l'édifice et son enclos. Pour le bâtiment 1, cette hypothèse est renforcée par sa position particulière, à savoir sur le point le plus haut du site et entouré par plusieurs palissades et systèmes de délimitations. Le cas du bâtiment 20 est plus épineux en raison de son implantation au milieu du site. Il est entouré par des bâtiments de plan plus « conventionnel ». Le cas du bâtiment 1 a d'ores et déjà été évoqué par Bersu et Parzinger (PARZINGER 1998 : 56). Le premier y voyait un bâtiment cultuel ou un lieu de réunion. À l'heure actuelle, aucune fonction précise ne peut être attribuée à ses ensembles. Mais la forme, les dimensions et les contraintes techniques qu'elles imposent nous enjoignent aujourd'hui à revoir l'interprétation de leurs plans et d'y voir plus vraisemblablement des petits bâtiments rectangulaires englobés dans des enclos palissadés (qui par ailleurs ne ressemblent à aucune autre structure connue sur le site).

Durant La Tène ancienne, le site est bien moins densément occupé puisque seuls onze bâtiments sont rattachés à cette phase. L'organisation du site est également beaucoup plus lâche donnant l'impression d'un habitat opportuniste et peu organisé. Pourtant, dans les cas où un plus petit dénominateur commun a pu être identifié (sept bâtiments) on retrouve à chaque fois un dénominateur commun d'une valeur d'environ 0,30 m à une exception près (le bâtiment 3) (Figure 138). De plus, six édifices (les bâtiments 2, 11, 8, 9, 6 et 7), en plus d'avoir pu être planifiés d'après un étalon de 0,30 m l'ont également été selon un même principe géométrique et un même module d'une valeur de 2,25 m répété plus ou moins de fois en fonction de la longueur souhaitée et toujours redoubler dans la largeur de l'édifice.

Ces constatations donnent l'impression d'une occupation bien plus rigoureuse que ce qu'il semblerait à la simple lecture du plan général. La présence de principes de planifications, de modules et d'étalons récurrents montre bien l'existence d'un plan d'organisation dès le VIIe siècle avant notre ère, et ce malgré un plan général plus lâche et dont les grands axes n'ont pas pu être perçus. Il faut cependant nuancer les apports du Goldberg dans cette étude du fait de son histoire de la recherche particulièrement mouvementée qui a pu affecter la qualité des données (dont une partie a été perdue durant la Seconde Guerre mondiale).

	0,25	0,255	0,26	0,265	0,27	0,275	0,28	0,285	0,29	0,295	0,3	0,305	0,31	0,315	0,32	0,325	0,33	0,335	0,34	0,345	0,35
Bâtiment 1			X													X					
Bâtiment 20			X													X					
Bâtiment 2											X										
Bâtiment 3											X										
Bâtiment 21											X										
Bâtiment 4											X										
Bâtiment 8											X										
Bâtiment 24						X															
Bâtiment 5														X							
Bâtiment 25						X				X						X					
Bâtiment 27						X				X						X					
Bâtiment 7									X												
Bâtiment 9	X					X							X								
Bâtiment 32													X								
Bâtiment 31							X														
Bâtiment 12											X				X						
Bâtiment 26															X						
Bâtiment 6					X										X						
Bâtiment 15											X										
Bâtiment 23											X										
Bâtiment 18	X																				

Figure 137. Tableau récapitulatif des plus petits dénominateurs communs identifiés sur les bâtiments du Hallstatt D au Goldberg.

	0,25	0,255	0,26	0,265	0,27	0,275	0,28	0,285	0,29	0,295	0,3	0,305	0,31	0,315	0,32	0,325	0,33	0,335	0,34	0,345	0,35
Bâtiment 10	X										X										
Bâtiment 2											X										
Bâtiment 8											X										
Bâtiment 9									X												
Bâtiment 3													X								
Bâtiment 6											X										
Bâtiment 7											X										

Figure 138. Tableau récapitulatif des plus petits dénominateurs communs identifiés sur les bâtiments de La Tène ancienne au Goldberg.

2.6. La Heuneburg

2.6.1. Introduction

La Heuneburg est un habitat princier principalement occupé entre le Hallstatt D1 et La Tène A. Durant le VIe siècle, le système de fortification prend la forme d'un rempart en briques crues qui sera détruit par un incendie à la fin du VIe siècle. Le site est organisé en plusieurs îlots d'habitations séparés par des éléments de voirie. Ces îlots varient au cours des nombreuses phases de réaménagement qu'a connu l'acropole. Cette dernière est bordée durant son apogée par une agglomération extérieure, en partie fortifiée et constituée de parcelles délimitées par des fossés, dans lesquelles on retrouve des unités d'habitations aux plans parfois remarquables. Dans les cas où ces parcelles ont bien été identifiées, nous les avons intégrées dans l'étude avec le bâtiment correspondant. L'agglomération extra-muros sera peu à peu abandonnée à partir de la fin du VIe siècle pour faire place à des nécropoles tumulaires de grande dimension. Ce site présente de nombreux indices de contact avec le domaine méditerranéen, autant sur le plan du mobilier qui y a été découvert que son organisation et certaines formes architecturales qui ont pu y être perçues comme le rempart en briques crues.

Nous traiterons ici des 14 phases d'aménagement identifiées pour l'âge du Fer dans l'ordre chronologique et nous consacrerons plus particulièrement aux bâtiments de l'acropole (Figure 139). Cent-vingt-et-un bâtiments, aux formes architecturales variées, remplissent les critères

nécessaires à l'étude (GERSBACH 1995 et 1996). Leur nombre varie en fonction des phases. Du fait des nombreuses phases de réaménagement, les plans des édifices identifiés sont bien souvent partiels. Certaines propositions de restitution sont souvent extrapolées à l'extrême. Un seul bâtiment de l'agglomération extérieure a été intégré au corpus, les autres ne possédant pas de plan assez complet pour le permettre. Pour éviter toute confusion dans la numérotation des bâtiments, nous avons ajouté le numéro de la phase auquel le bâtiment est rattaché devant la numérotation de l'édifice (exemple Bs17-2 pour le bâtiment 2 de la phase 17).

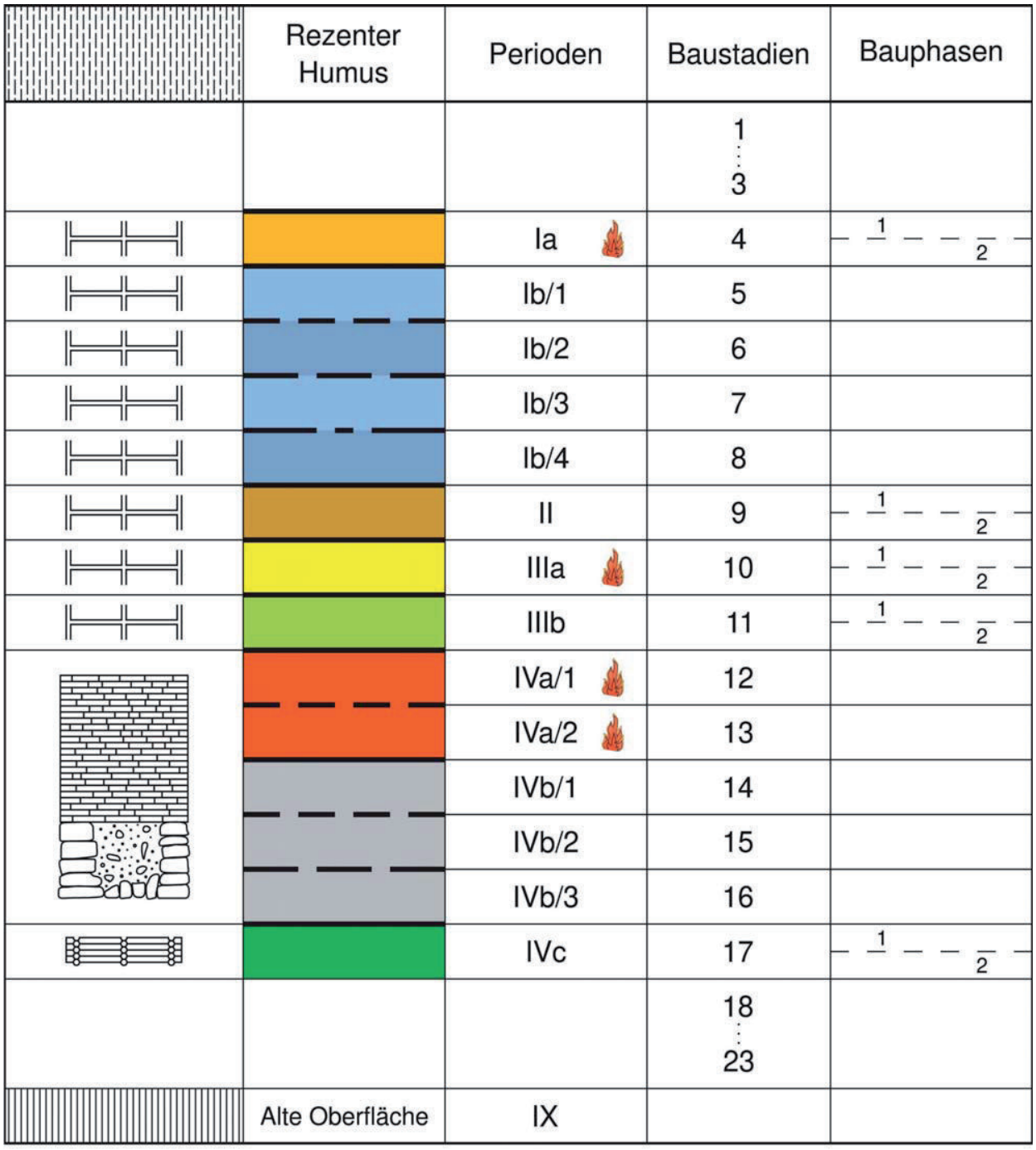


Figure 139. Tableau chronologique des phase de l'acropole, d'après KURZ 2006.

2.6.2. La phase IVc Bs 17

Cinq bâtiments permettant une analyse métrologique sont attribués à cette phase. Quatre d'entre eux sont des bâtiments sur sablières (GERSBACH 1995 : 106-108).

2.6.2.1. Les constructions sur sablières

Le bâtiment Bs17-1 mesure 9 m de large et 12,3 m de long. Dans sa moitié nord, la largeur est réduite à 6 m. Les assemblages des sablières constituent des carrés de 3 m de côté. Ce type de construction met en avant l'utilisation d'un module de 3 m que l'on retrouve trois fois dans la largeur maximale et quatre fois dans la longueur de l'édifice. Il en va de même pour le bâtiment Bs17-2 qui ne présente pas de réduction de sa largeur. L'utilisation du 3-4-5 apparaît également directement dans le plan de ces bâtiments. Le même module a pu être utilisé pour l'édifice Bs17-4 qui mesure 3 m de côté. Ces mesures renvoient à un plus petit dénominateur commun de 0,30 m.

Le bâtiment Bs17-7 mesure 1,6 m de large et 2,45 m de long. Celui-ci ne semble pas fonctionner avec une base commune aux bâtiments évoqués plus haut.

Le rempart de cette phase est également construit sur un système similaire, mais encore une fois les dimensions varient. Dans les cas où les dimensions du module ont pu être déterminées, on obtient des rectangles de 2,5 m de large et 3,75 m de long en moyenne. Le rempart présente deux ouvertures : la première à l'est mesure 3,1 m de large et la seconde, à l'ouest, 4,1 m. Aucun rapport métrologique ne peut être déterminé au niveau des aménagements défensifs. Cela peut être dû au fait que le rempart s'adapte à la topographie du site qui restreint les libertés de décisions métrologiques et géométriques.

2.6.2.2. Les bâtiments sur poteaux

Le bâtiment Bs17-10 est un bâtiment à deux nefs sur poteaux porteurs. Il mesure 12 m de long et 5,4 m de large. Les travées sont larges de 3 m et les nefs de 2,7 m. La largeur des nefs correspond aux 9/10 de la largeur d'une travée. Un étalon de 0,30 m est possible dans ce cas. On obtiendrait 18 pieds de largeur et 40 pieds de long. Il est intéressant de constater qu'en utilisant la largeur d'une nef, il est possible d'utiliser un triplet pythagoricien : 9-40-41.

2.6.3. La phase IVb/3 Bs 16

Onze bâtiments exploitables ont été répertoriés pour cette phase. Il s'agit également de la première phase d'installation du rempart en briques crues qui perdurera jusqu'à la phase IVa/1 Bs 12. Nous traiterons cet aménagement dans le cadre de cette sous-partie.

2.6.3.1. Les bâtiments sur plus de dix poteaux

Deux bâtiments font partie de cette catégorie. Le bâtiment Bs16-1 est un bâtiment à deux nefs

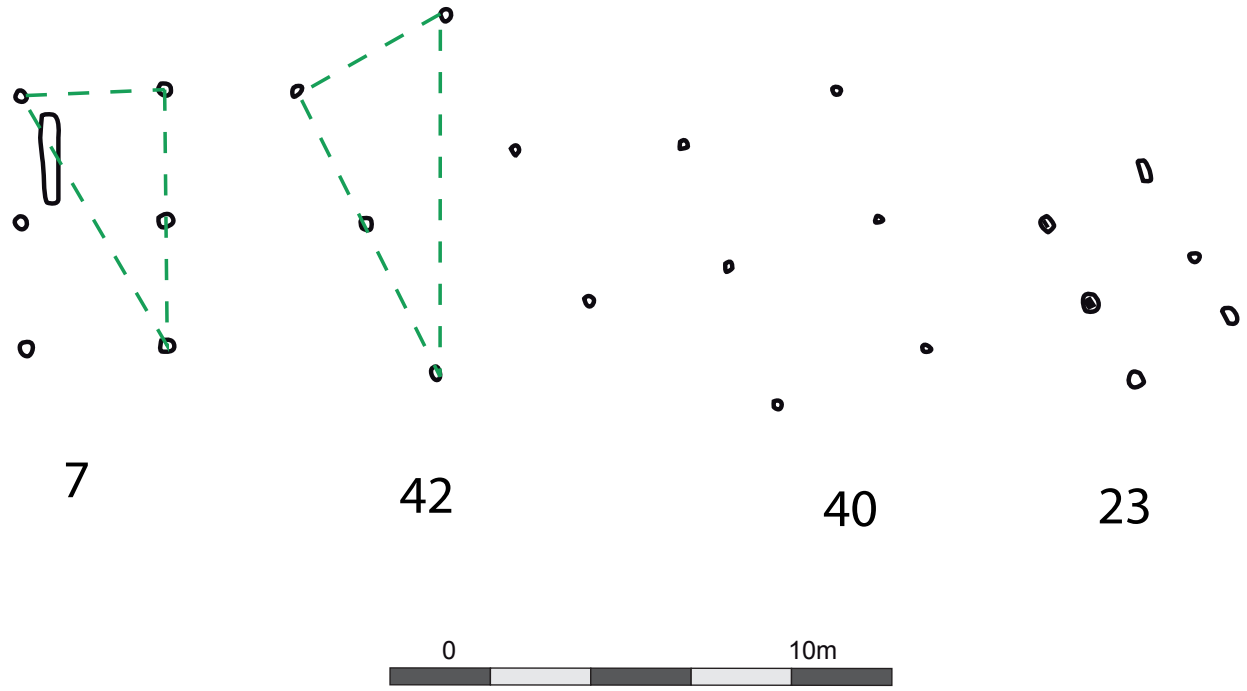


Figure 140. Plan des bâtiments sur six poteaux de la phase IVb Bs16 et schéma de planification.

mesurant 14,1 m de long et 4 m de large. Les travées mesurent, d'ouest en est, 3,7 m, 3,2 m, 3,2 m et 4 m. Il est possible de retrouver trois fois et demie la largeur du bâtiment dans sa longueur. Il est possible de planifier ce bâtiment à l'aide de plusieurs triangles de rapport 1/2/√5 en utilisant soit la largeur d'une nef et celle d'une travée (2 m/4 m) soit la largeur de l'édifice et celle de deux travées (4 m/8 m). Aucun plus petit dénominateur commun ne peut être défini avec ces mesures.

Le bâtiment Bs16-18 mesure 13,1 m de long et 7,6 m de large. Il est possible que la ligne de poteaux au sud fasse partie d'un aménagement indépendant. Si c'est le cas le bâtiment mesurerait 7,75 m de côté avec des espacements de 3,8 m entre les poteaux dans le sens est-ouest et de 3,6 m, 4 m et 5,7 m du nord au sud. Aucun rapport géométrique ni plus petit dénominateur commun ne peut être déterminé dans ce cas.

2.6.3.2. Les bâtiments sur six poteaux

Quatre bâtiments présentant un plan sur six poteaux font partie de cet ensemble (Figure 140). Aucun plan n'est superposable.

Le bâtiment Bs16-42 mesure 3,2 m de large et 6,4 m de long et présente un rapport largeur/longueur de 1/2 rappelant les triangles de proportion 1/2/√5. Aucun plus petit dénominateur commun ne peut être défini ici faute de mesures supplémentaires pouvant être effectuées.

Le bâtiment Bs16-40 mesure 3,2 m de large et 5,5 m de long. L'espacement entre les poteaux varie entre 3 et 2,5 m. Cette variabilité ne nous permet pas de procéder à l'étude.

Le bâtiment Bs16-7 mesure 2,7 m de large et 5,2 m de long. Nous sommes ici assez proches du rapport 1/2/√5. Il est possible que cette technique ait servi ici. Aucun plus petit dénominateur commun ne peut être identifié.

Le bâtiment Bs16-23 mesure 2,2 m de large et 3,5 m de long Nous sommes proches d'un rapport largeur/longueur de 2/3. Mais ce rapport reste incertain au vu des mesures et en l'absence de mesures supplémentaires il n'est pas possible d'aller plus loin à ce jour.

2.6.3.3. Les bâtiments sur quatre poteaux

Cinq bâtiments sont inclus dans cette catégorie. Nous incluons le bâtiment Bs16-12 qui possède un cinquième poteau. Ce bâtiment mesure 5,3 m de long et 4,9 m de large. Le poteau supplémentaire se situe à 3,3 m du poteau ouest et à 1,6 m du poteau est de la façade sud (soit au deux tiers de la façade). Il est possible qu'un module de 1,6 m ait servi dans la planification. Ce module se retrouve en effet trois fois et un tiers dans la longueur du bâtiment. Le plus petit dénominateur commun à ces mesures est 0,265 m. Il faut noter que 1,6 est très proche de la valeur de la brasse issue d'un pied de 0,265 m (1,59 m en réalité).

Le bâtiment Bs16-28 mesure 5,3 m de long et 4 m de large. Il est possible d'utiliser le même module que pour le bâtiment Bs16-12 (1,6 m). Celui-ci se retrouve trois fois et un tiers dans la longueur et deux fois et demie dans la largeur de l'édifice. On observe également un rapport largeur/longueur de 3/4 qui met en avant la possibilité de l'utilisation du 3-4-5 à partir d'un module de 1,325 m compatible avec l'étalon de 0,265 m (5 x 0,265 = 1,325).

Les bâtiments Bs16-44 et Bs16-13 sont superposables. Ils mesurent 3,75 m de long et 2,8 m de large. La superposition entre ces deux plans indique la possibilité de l'utilisation d'une base de planification commune. Toutefois, en l'absence de mesures supplémentaires, il est impossible de vérifier cette hypothèse.

Le bâtiment Bs16-21 mesure 2 m de large et 2,3 m de long. En l'absence de mesure supplémentaire, nous ne pouvons pas aller plus loin.

2.6.3.4. À propos du rempart en briques crues.

Cette phase voit la mise en place du rempart en brique crue et soubassements en pierres qui perdurera jusqu'à la phase IVa/1 Bs12. Il a été détruit puis reconstruit suite à un premier incendie durant la phase IVa/2 Bs 13. Un second incendie scellera définitivement le destin de cet aménagement qui sera remplacé par un rempart à poteaux verticaux dès le début de la phase III.

Ce rempart est flanqué de 17 tours sur la partie ouest de la fortification. Ces tours présentent des

Figure 141. La Heuneburg, état IVb Bs 16 et espacements des tours

dimensions très variables. L'espacement entre les tours est cependant plus régulier. On remarque plusieurs mesures récurrentes : 26,5 m, 25,2 m, 23,5 m, 18,6 m et 17,25 m (Figure 141). Toutes ces mesures ont 0,265 pour plus petit dénominateur commun. Dans certains cas nous avons dû arrondir les valeurs du fait (100 x 0,265 = 26,5, 95 x 0,265 = 25,175, 90 x 0,265 = 23,85, 70 x 0,265 = 18,55 et 65 x 0,265 = 17,225). Ces approximations sont acceptables au vu des distances mesurées, de la dimension des aménagements et des imprécisions du plan (l'emprise des tours n'est pas toujours connue de façon certaine). Deux ouvertures ont pu être identifiées. La porte ouest à une ouverture restituée de 3 m (le plan complet n'est pas connu). La seconde à l'est mesure 3,2 m de large.

Les briques ont déjà fait l'objet d'une étude métrologique par Egon Gersbach (GERSBACH 1995 : 39-41) reprise par Nadin Burkhardt (BURKHARDT 2011 : 29-50) dans le but de recontextualiser ce rempart avec les constructions d'aménagements similaire dans le monde méditerranéen et plus particulièrement grec. S'il est vrai que les similitudes architecturales sont frappantes, nous rappellerons simplement, comme nous l'avons évoqué dans le chapitre précédent (cf supra, Chapitre I, 2.1.3.), qu'un critère métrologique ne permet en aucun cas l'attribution d'un ensemble à un groupe chronoculturel défini. C'est d'autant plus le cas ici que la dimension des briques est assez variable avec une largeur comprise entre 34 et 44 cm et une longueur de 38 à 62 cm en moyenne. Les dimensions les plus fréquentes étant 40 x 40 x 9 cm et 40 x 50 x 9 cm (étude effectuée sur 345 briques complètes). Cette variabilité indique l'existence de plusieurs moules (et par extension, module) aux dimensions proches, mais inégales.

2.6.4. La phase IVb/2 Bs 15

Cette phase comporte le plus de plans permettant une analyse métrologique. Dix-huit bâtiments ont été intégrés au corpus et répartis en trois catégories typologiques.

2.6.4.1. Les bâtiments à deux nefs

Huit bâtiments font partie de cette catégorie (Figure 142). Le bâtiment Bs15-23 mesure 12,3 m de long et 7,9 m de large. Sur la façade ouest, un poteau supplémentaire marque potentiellement l'emplacement d'un dispositif d'entrée de 1,6 m de large. Il est possible de retrouver deux principes de planification au sein de ce bâtiment. Dans les deux cas cependant, des imprécisions subsistent. Le rapport largeur/longueur est proche de 2/3 (0,64227) ce qui renverrait vers un module compris entre 3,95 et 4,06 m. En utilisant la largeur de l'entrée, 1,6 m il est possible d'appliquer le triplet 4-7-8 sur une portion de l'édifice. En effet la valeur 1,6 se retrouve 7,6875 fois dans la longueur et 4,9375 fois dans la largeur du bâtiment. En arrondissant ces valeurs et en utilisant 5 modules dans la largeur et 7,5 dans la longueur on obtient un autre triplet approximatif : 5-7,5-9. Aucun plus petit dénominateur commun ne peut être défini ici.

Le bâtiment Bs15-9 ne possède pas d'angles droits et mesure 13,4 m au nord, 6,1 m à l'est, 13,1 m au sud et 5,8 m à l'ouest. L'espacement entre les poteaux varie fortement. Ces mesures ne

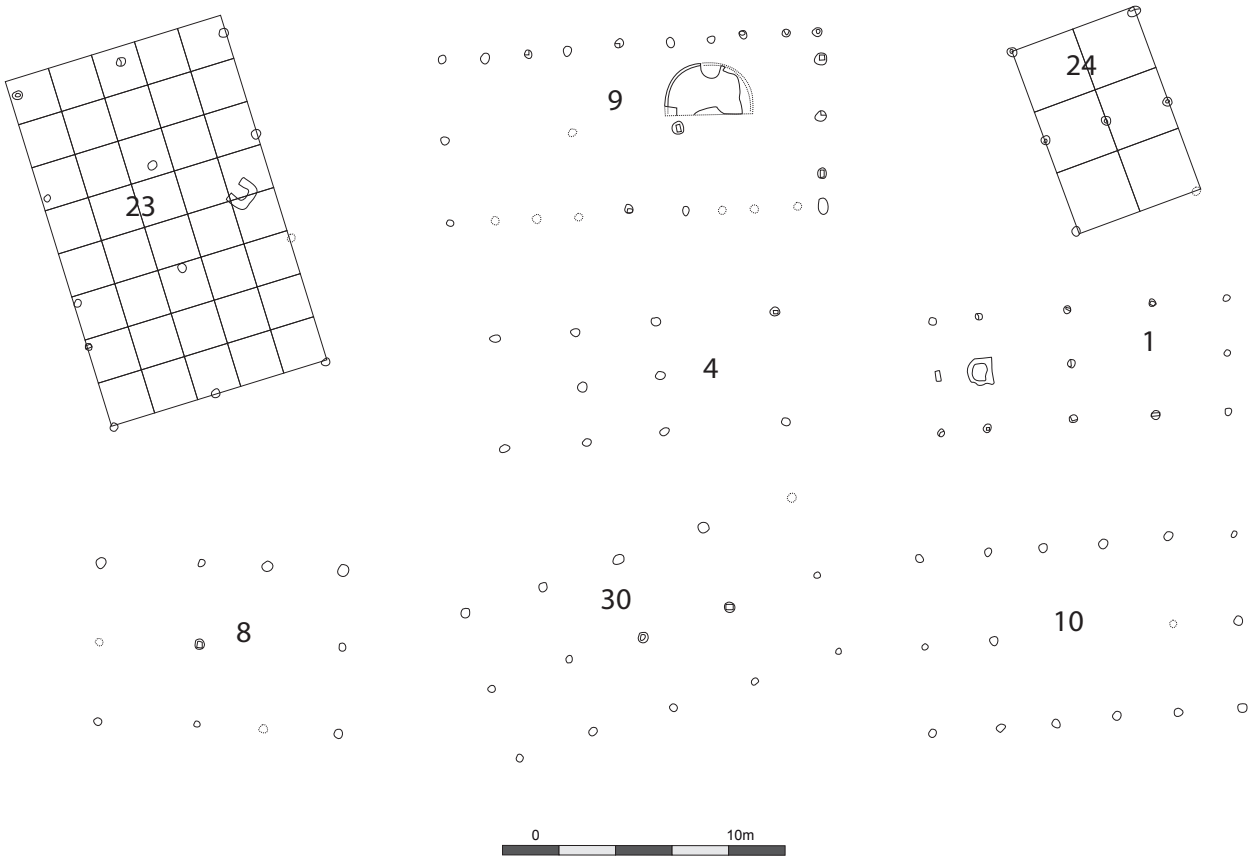


Figure 142. Plan des bâtiments à deux nefs de la phase IVb Bs15 et schémas de planification.

nous permettent pas d'aller plus loin.

Le bâtiment Bs15-24 mesure 6,9 m de long et 4,6 m de large. Les nefs mesurent 2,3 m de large. Le rapport largeur/longueur est de 2/3 en utilisant un module de 2,3 m de côté. Aucun plus petit dénominateur commun ne peut être déterminé ici.

Le bâtiment Bs15-4 mesure 10 m de long et 3,9 m de large. Les nefs mesurent 1,95 m de large et les travées mesurent 2,8 m, 2,9 m et 4,3 m d'ouest en est. Ces mesures ne nous permettent pas de poursuivre l'analyse. Il en va de même pour le bâtiment Bs15-1 qui présente les mêmes dimensions, mais une structure interne légèrement différente avec un seul poteau faitier à l'intérieur de l'emprise de l'édifice contre deux pour le bâtiment Bs15-4.

Le bâtiment Bs15-8 mesure 8,6 m de long et 5,6 m de large. Les entraxes sont irréguliers. Ces mesures ne nous permettent pas de poursuivre l'analyse.

Le bâtiment Bs15-30 mesure 12,2 m de long et 5,6 m de large. Les entraxes sont compris entre 2,8 et 3,3 m. Le plan du bâtiment évoque un rapport largeur/longueur de 1/2, mais au vu de la variabilité des mesures ce rapport est plus difficile à entrevoir. Il est possible que le projet initial prévoyait un tel rapport, mais qu'il n'ait pas été appliqué lors de la réalisation.

Le bâtiment Bs15-10 mesure 11,2 m de long et 6,1 m de large. Les entraxes varient entre 1,9 et 2,4 m. Ces mesures ne nous permettent pas de poursuivre l'analyse.

2.6.4.2. Les bâtiments à une nef

Sept bâtiments présentent ce type de plan (Figure 143). Le bâtiment Bs15-18 mesure 5,2 m de long et 3,75 m de large avec des entraxes de 2,6 m. Le rapport largeur/longueur est proche de 3/4 et renvoi ainsi vers un module de 1,3 m, soit la moitié des entraxes. 0,26 m est le plus petit dénominateur commun qui convient le mieux dans ce cas.

Le bâtiment Bs15-36 mesure 7,2 m de long et 3,6 m de large. Le rapport largeur/longueur est de 1/2. Le plus petit dénominateur commun probable pour ces mesures est 0,3 m. Il en va de même pour le bâtiment Bs15-38 qui présente les mêmes dimensions. Seul le plan diffère. Le bâtiment Bs15-36 repose sur six poteaux alors que le bâtiment Bs15-38 repose sur huit poteaux. L'entraxe est de 2,4 m pour ce dernier.

Le bâtiment Bs15-5 mesure 9,5 m de long et 3,6 m de large avec des entraxes compris entre 2,6 et 2,3 m. Il présente de fortes similitudes avec les bâtiments Bs15-36 et Bs15-38 auxquels on aurait ajouté une travée supplémentaire. Le même plus petit dénominateur commun est applicable ici.

Le bâtiment Bs15-53 mesure 7,2 m de long et 4,2 m de large avec des entraxes de 3,6 m. Sur le long côté nord, un poteau supplémentaire se situe à 1,4 m de l'angle ouest. Cette distance se retrouve trois fois dans la largeur de l'édifice et 5,1428... fois dans sa longueur. Il est possible qu'elle ait servi de valeur de module pour l'utilisation du 3-4-5. Deux plus petits dénominateurs communs sont possibles : 0,28 et 0,30 m.

Le bâtiment Bs15-11 mesure 11,5 m de long et 5,1 m de large. L'entraxe varie entre 1,7 et 2 m. La variabilité de ces entraxes et l'absence de rapport mathématique simple entre la largeur et la longueur ne nous permettent pas d'aller plus loin.

Le bâtiment Bs15-6 mesure 10,4 m de long et 6,8 m de large. Le rapport largeur/longueur est très proche de 2/3. Cela nous amène à proposer un module de 3,4 m de côté. L'absence d'angles droits au sein de l'édifice complique toutefois l'analyse.

2.6.4.3. Les bâtiments sur quatre poteaux

Trois bâtiments sur quatre poteaux font partie de cet ensemble. Nous y incluons le bâtiment Bs15-52 qui possède un cinquième poteau sur sa façade nord-ouest. Cet édifice mesure 4,6 m de long et 3,2 m de large. Le poteau supplémentaire se situe à 0,8 m du poteau d'angle nord et à 2,4 m du poteau d'angle ouest. Cette dimension se retrouve quatre fois dans la largeur et cinq fois et trois quarts dans la longueur du bâtiment. Un plus petit dénominateur commun de 0,32 m conviendrait dans ce cas. On le retrouve dix fois dans la largeur et quatorze fois et demie (14,375) dans la longueur.

Le bâtiment Bs15-25 mesure 2,4 m de côté. En l'absence de mesure supplémentaire, nous ne

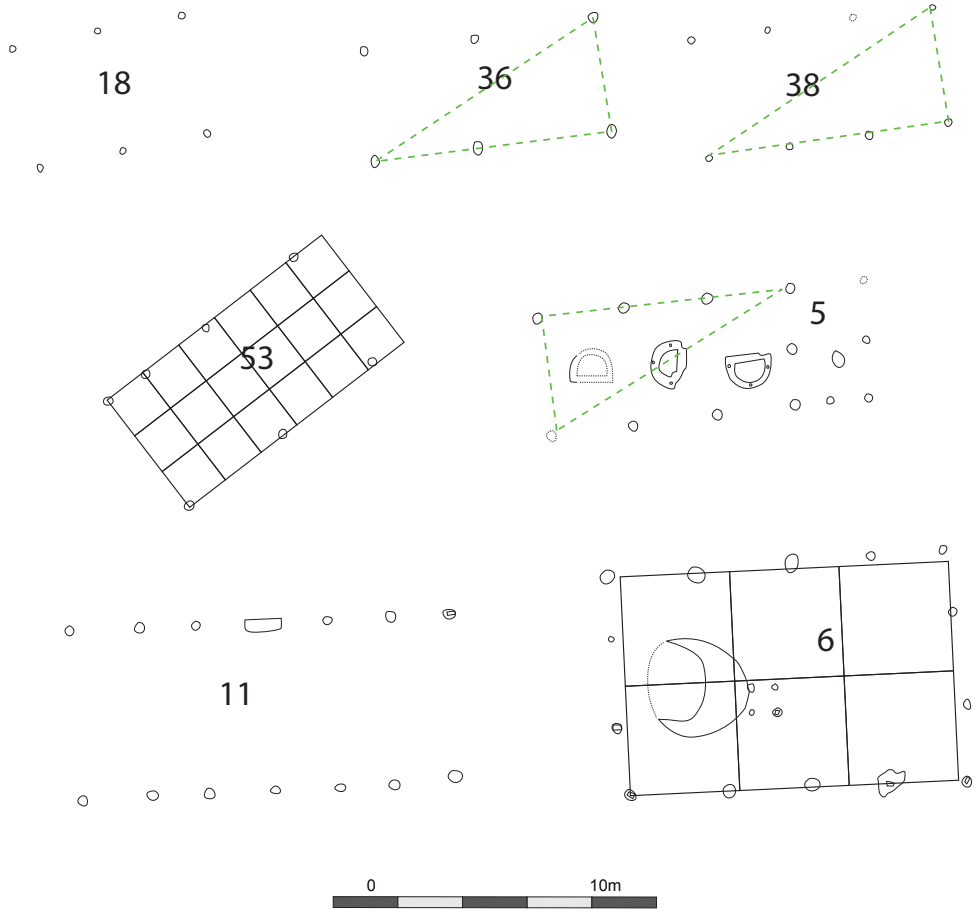


Figure 143. Plan des bâtiments à une nef de la phase IVb Bs15 et schémas de planification.

pouvons aller plus loin. Il en va de même pour le bâtiment Bs15-12 qui mesure 2,9 m au nord et à l'ouest, 2,5 m à l'est et 2,6 m au sud.

2.6.5. La phase IVb/1 Bs 14

Neuf bâtiments ont été recensés pour cet état. Ils ont été répartis en cinq ensembles en fonction de leur plan et de leur nombre de poteaux.

2.6.5.1. Les bâtiments à quatre nefs

Un seul bâtiment correspond à ce type. Le bâtiment Bs14-22 mesure 13 m de long et 7,7 m de large. Les nefs mesurent, d'ouest en est, 1,2 m, 2,6 m, 1,7 m et 2,3 m. En utilisant la valeur 1,7 on retrouve ce module sept fois et deux tiers dans la longueur et quatre fois et demie dans la largeur du bâtiment, il est donc possible que ce module ait été utilisé pour planifier cet édifice à partir du 4-7-8 (Figure 144). Aucun plus petit dénominateur commun ne peut être défini à partir de ces mesures.

2.6.5.2. Les bâtiments à deux nefs

Deux bâtiments à deux nefs ont été intégrés au corpus (Figure 145). Le bâtiment Bs14-7 mesure 10,4 m de long et 5,7 m de large. Sur la façade ouest, seul côté où l'ensemble des poteaux ont été conservés, l'entraxe mesure 1,4 m et se répète quatre fois. Cette valeur se retrouve sept fois

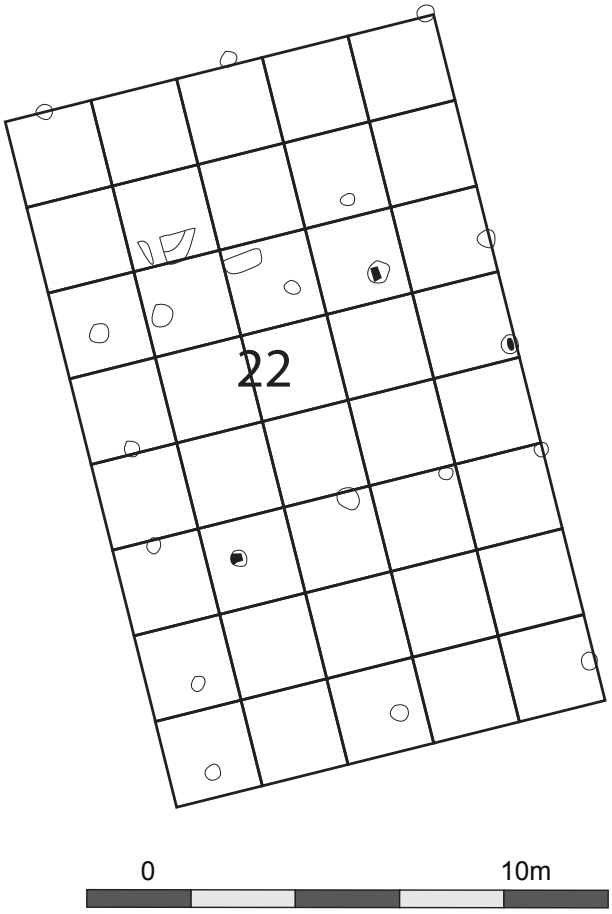


Figure 144. Plan du bâtiment à quatre nefs de la phase IVb Bs 14 et schéma de planification.

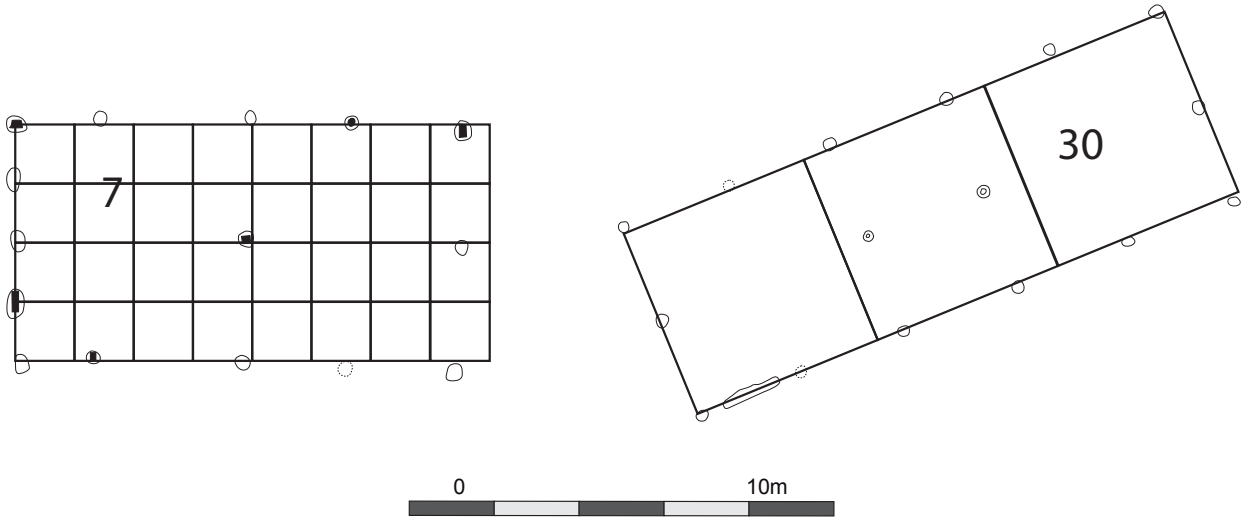


Figure 145. Plan des bâtiments à deux nefs de la phase IVb Bs 14 et schémas de planification.

et demie dans la longueur de l'édifice. Il s'agit là encore d'un indice qui tend à montrer l'utilisation du triplet 4-7-8 dans la planification du monument à partir cette fois-ci d'un module de 1,4 m. Aucun plus petit dénominateur commun ne peut être défini à partir de ces mesures.

Le bâtiment Bs14-30 mesure 13,8 m de long et 4,6 m de large. Les entraxes mesurent 2,3 m dans la largeur et 3 m dans la longueur. Le rapport largeur/longueur est de 1/3. 0,305 +/- 0,0005 m est un plus petit dénominateur commun possible dans ce cas.

2.6.5.3. Les bâtiments à 10 poteaux

Le bâtiment Bs14-6 mesure 11 m de long et 7,3 m de large avec des entraxes irréguliers. Il présente un rapport largeur/longueur de 2/3 (Figure 146). Ce rapport renvoie à l'utilisation d'un module de 3,65 m. Aucun plus petit dénominateur commun ne peut être défini ici.

2.6.5.4. Les bâtiments sur six poteaux

Cinq bâtiments sur six poteaux ont été intégrés à l'étude pour cette phase (Figure 147). Le bâtiment Bs14-53 mesure 5 m de large et 7,7 m de long soit un rapport largeur/longueur très proche de 2/3 à partir d'un module de 2,5 m. Ces mesures peuvent correspondre avec un plus petit dénominateur commun de 0,25 m.

Le bâtiment Bs14-51 mesure 6,6 m de long et 4,3 m de large. On constate le même rapport largeur/longueur pour le bâtiment précédent avec un module de 2,2 m cette fois-ci. Deux poteaux sur la façade sud pourraient correspondre à l'emplacement d'une entrée de 0,85 m de large soit une valeur proche du tiers de ce module. Aucun plus petit dénominateur commun ne peut être identifié.

Le bâtiment Bs14-47 mesure 3 m de large et 6 m de long et présente ainsi un rapport largeur/longueur de 1/2. Des mesures supplémentaires sont nécessaires pour permettre la détermination d'un plus petit dénominateur commun.

Le bâtiment Bs14-43 mesure 3,5 m de large et 7,5 m de long. En l'absence de mesures supplémentaires, il n'est pas possible d'aller plus loin.

2.6.5.5. Les bâtiments sur quatre poteaux

Le bâtiment Bs14-25 mesure 2,5 m de long et 1,5 m de large. Il présente un rapport largeur/longueur de 2/3 qui nous permet d'identifier un module potentiel de 0,75 m (Figure 148). Le plus petit dénominateur commun à ces mesures est 0,25 m.

2.6.6. La phase IVa/2 Bs 13

Sept bâtiments attribués à cette phase ont été intégrés au corpus. À cet ensemble nous ajoutons également le grand bâtiment de Talhau dont le plan est issu des fouilles de l'agglomération extérieure.

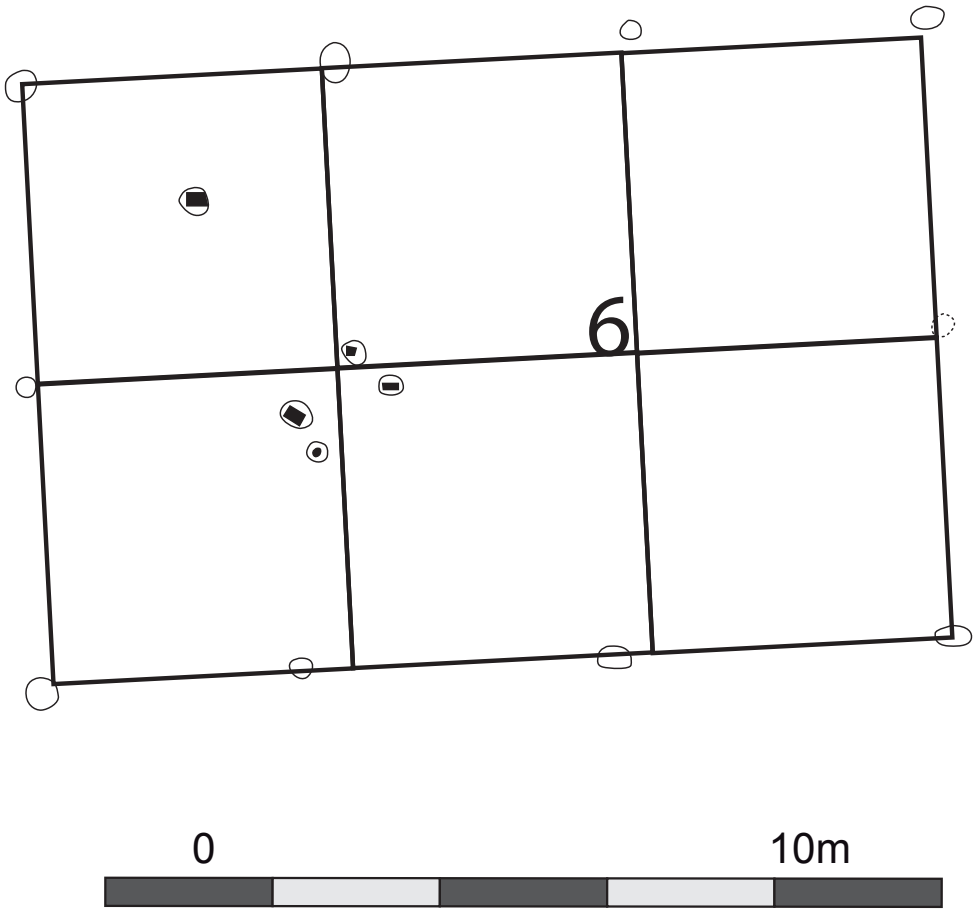


Figure 146. Plan du bâtiment Bs14-6 de la phase IVb Bs 14 et schémas de planification.

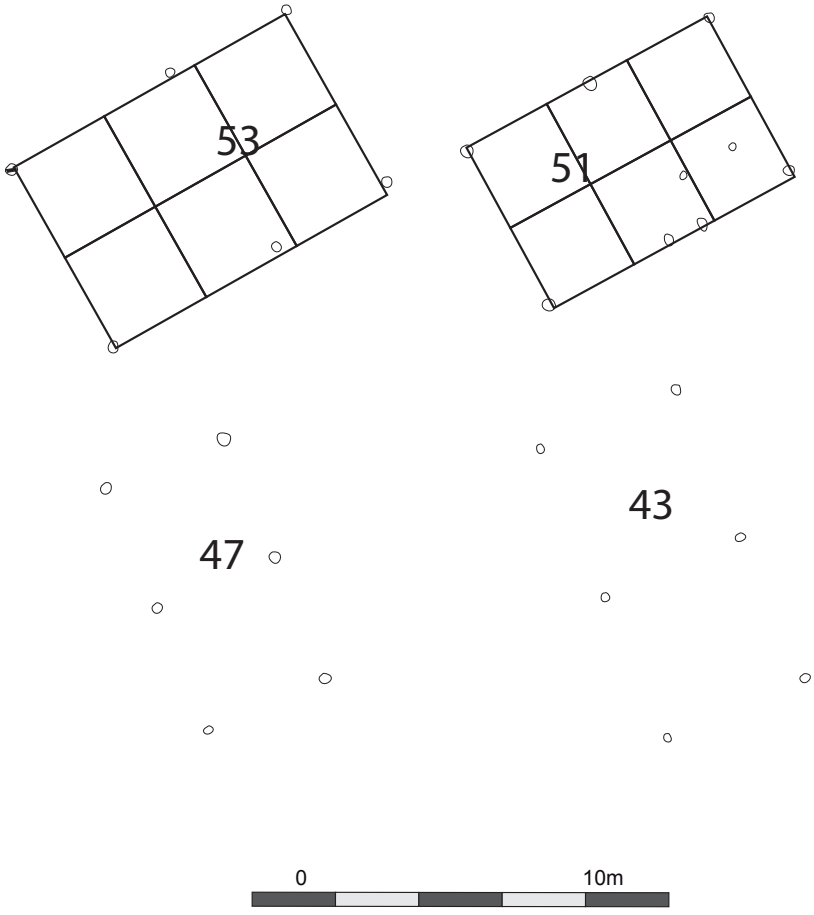


Figure 147. Plan des bâtiments sur six poteaux de la phase IVb Bs 14 et schémas de planification.

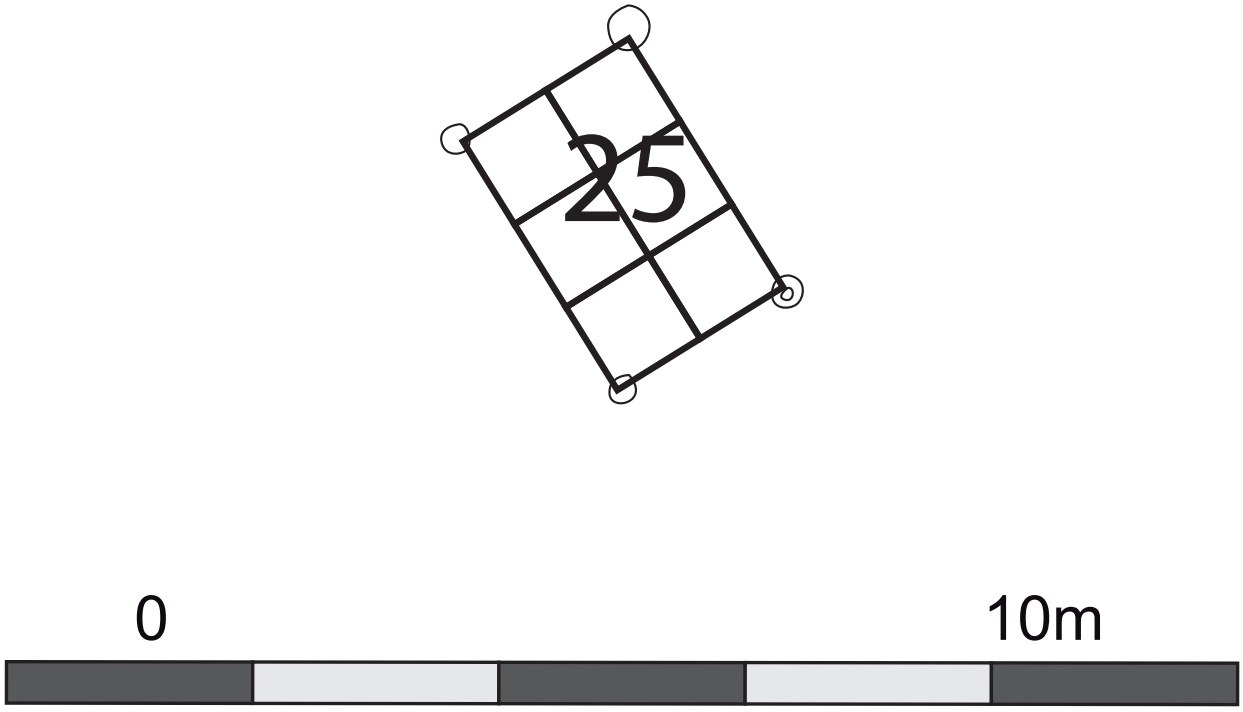


Figure 148. Plan du bâtiment sur quatre poteaux de la phase IVb Bs 14 et schéma de planification.

2.6.6.1. Les bâtiments sur sablières

Deux bâtiments sur sablières font partie de cette catégorie. Leur plan n'est pas complet, mais leurs formes remarquables nous permettent tout de même d'envisager une approche.

Le bâtiment Bs13-20 est de plan carré et mesure 7,5 m de côté. Trois sablières disposées à l'intérieur de l'emprise du bâtiment le divisent en quatre travées. Les trois premières mesurent 1,5 m de large et la dernière 3 m. Cette distance de 1,5 m se retrouve cinq fois sur chaque côté. Il est possible d'utiliser ce module dans le cadre du théorème de Pythagore dans le but de planifier les angles droits de l'édifice.

Le bâtiment Bs13-1 présente un plan très particulier constitué de trois parties. À l'extrémité nord, une grande pièce de 5,5 m de large et 6,7 m de long est précédée à l'ouest par un porche de 2,5 m de large qui porte la longueur totale de l'ensemble à 9,2 m.. La partie sud mesure 13,5 m de long et 10 m de large et est divisée en trois nefs de 3,3 m de large et 4 travées d'une largeur comprise entre 3,2 et 3,7 m. Ces deux ensembles sont liés par une pièce carrée de 3,2 m de large et 3,7 m de long. L'implantation des sablières matérialise assez aisément le principe modulaire qui a pu servir à la planification de l'édifice à partir d'un module compris entre 3,2 et 3,7 m. L'absence des limites orientales de l'emprise du bâtiment nous empêche cependant d'être plus précis.

2.6.6.2. Les bâtiments à une nef

Nous avons regroupé trois bâtiments dans cet ensemble (Figure 149). Le bâtiment Bs13-35 mesure 6,6 m de long et 3,9 m de large. Les entraxes sont irréguliers. Le seul plus petit dénominateur commun à ces dimensions est 0,30 m. On obtient alors 22 pieds de long et 13 pieds de large.

Le bâtiment Bs13-13 mesure 3,9 m de large et 7,9 m de long. Le rapport largeur/longueur est très proche de 1/2. Il est possible de planifier ce bâtiment à partir d'un triangle rectangle présentant ces proportions et d'un module de 1,95 m. Le plus petit dénominateur commun à ces mesures est 0,325 m.

Le bâtiment Bs13-10 mesure 8 m de long et 5 m de large. Dans sa moitié sud, les entraxes mesures 2,2 m. En utilisant cette valeur, il est possible de planifier le bâtiment en la reportant trois fois et deux tiers dans la longueur et deux fois et quart dans la largeur. Aucun plus petit dénominateur commun ne peut être déterminé.

2.6.6.3. Les bâtiments sur quatre poteaux

Un seul bâtiment correspond à ce type. Le bâtiment Bs13-16 mesure 4,1 m sur 3,7 m. L'absence de possibilité de mesure supplémentaire ne nous permet pas d'aller plus loin.

2.6.6.4. Le grand bâtiment de l'Aussensiedlung

Ce grand bâtiment se compose de trois parties : un espace central carré de 8,5 m de côté bordé de deux pièces rectangulaires de 6,3 m sur 8,5 m à l'est et à l'ouest, trois espaces longitudinaux de 2,8 m de large au nord avec une longueur de 8,5 m pour la partie centrale et 5,7 m pour les parties orientale et occidentale et enfin un long espace rectangulaire au nord qui mesure 5,8 m de large et 16,7 m de long. Ce bâtiment a déjà fait l'objet d'une étude métrologique et géométrique de Stephane Verger (VERGER 2008 : 927-931). Il propose de planifier ce bâtiment à partir d'un module de 0,70 m. On obtient alors 30 modules de long et 24 modules de large pour l'ensemble de l'édifice. En utilisant ces mesures et en appliquant un pied de 0,35 m, on retrouve ainsi des rapports largeur/longueur simples au sein de chaque pièce (1/3, 1/2, 3/4, 4/3, Figure 150). Ces rapports ne sont pas sans rappeler ceux mis en évidence sur certains bâtiments plus modestes fouillés sur l'acropole.

2.6.7. La phase IVa/1 Bs 12

Huit bâtiments attribués à cette phase ont été intégrés au corpus. Ils sont de quatre types.

2.6.7.1. Les bâtiments sur sablières

Le bâtiment Bs12-1 reprend le plan du bâtiment BS13-1 avec les mêmes mesures, à l'exception du bloc intermédiaire reliant les parties nord et sud dont la dimension a été réduite à 2,6 m de large et 3,2 m de long. Il s'agit d'une reconstruction suite à un incendie, il est probable que lors de cette reconstruction, le plan de l'édifice ait été préservé et reproduit à l'identique avec des principes

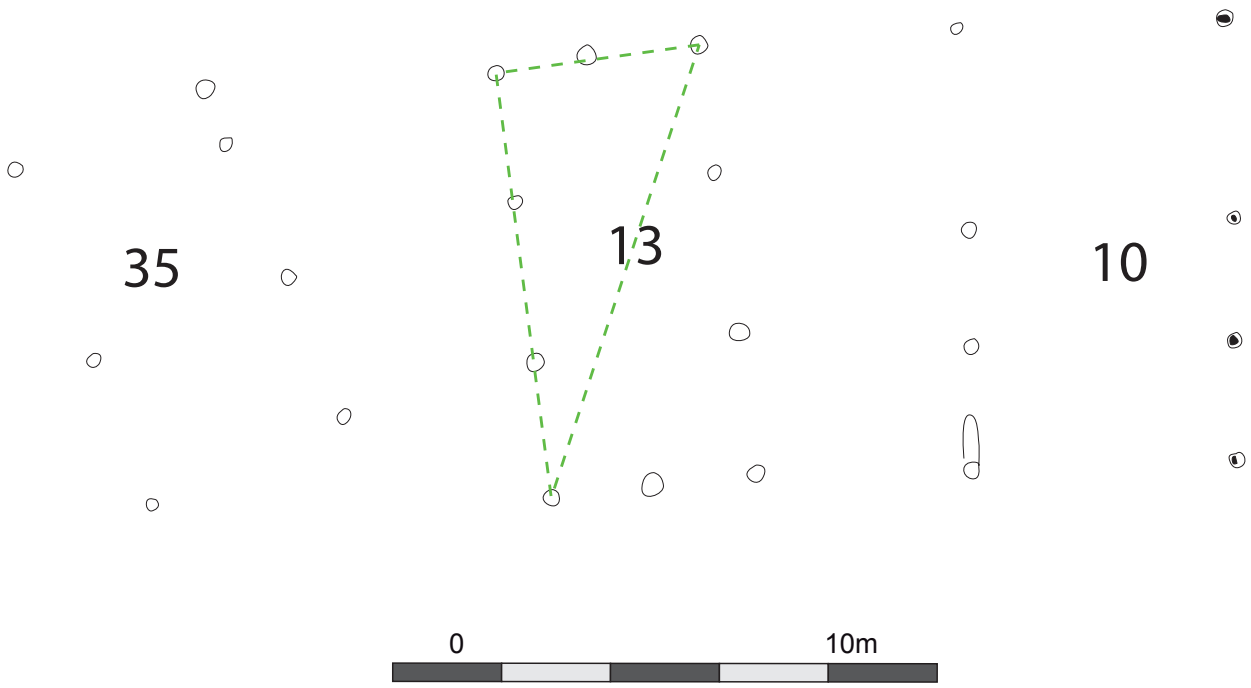


Figure 149. Plan des bâtiments à une nef de la phase IVa Bs 13 et schéma de planification.

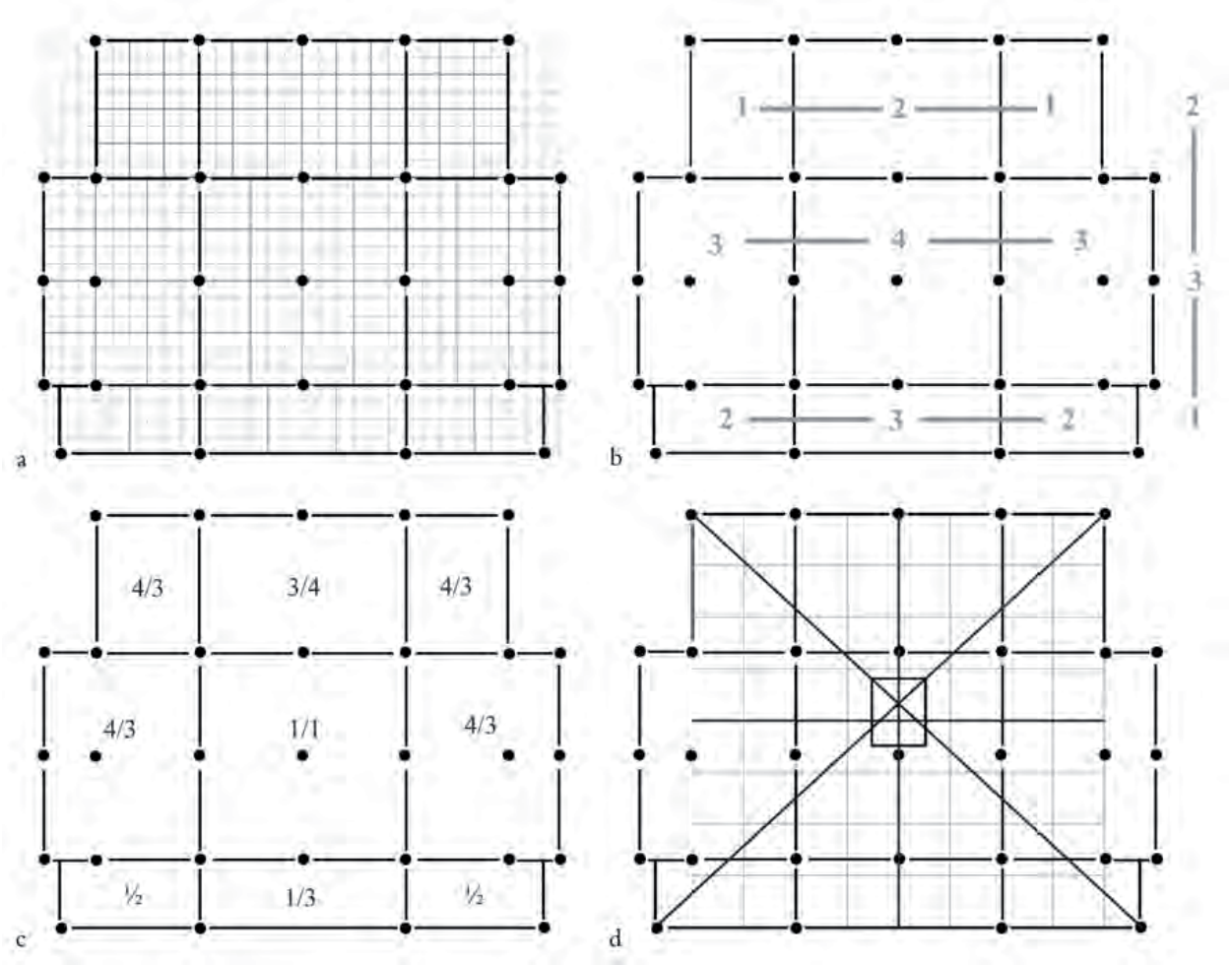


Figure 150. Plan du grand bâtiment de l'agglomération extérieure et schéma de planification, d'après VERGER 2008 : 930.

similaires.

2.6.7.2. Les bâtiments à deux nefs

Le bâtiment Bs12-17 mesure 15,3 m de long et 9,6 m de large. Deux poteaux au nord de l'édifice peuvent indiquer l'emplacement d'un espace supplémentaire de 4,9 m sur 5,7 m. Il peut également s'agir d'une portion de palissade en lien avec le bâtiment. Les travées mesurent, d'ouest en est, 5,7 m, 4,8 m et 4,8 m. Toutes ces mesures ont pour dénominateur commun 0,30 m. On retrouve cet étalon 51 fois dans la longueur et 32 fois dans la largeur de l'édifice. Ces nombres font partie d'un triplet approximatif : 32-51-60 dont le rapport largeur/longueur est proche de 2/3 (0,62).

2.6.7.3. Les bâtiments à une nef

Le bâtiment Bs12-7 mesure 12,4 m de long et 5,7 m de large. Les entraxes sont très irréguliers. Les distances sont assez grandes pour l'utilisation d'un triangle de rapport 1/2/√5 ou d'un triplet pythagoricien, mais en l'absence de mesures récurrentes supplémentaires il n'est pas possible d'aller plus loin. Le même problème se pose pour le bâtiment Bs12-6 qui mesure 6,6 m de large et 11,7 m de long.

Le bâtiment Bs12-37 mesure 6 m de long et 3,9 m de large et présente ainsi un rapport largeur/longueur très proche de 2/3. Cet ensemble est mis en relation avec un petit fossé délimitant une surface de 9 m de long et 7,2 m de large. Ces mesures ont toutes pour plus petit dénominateur commun 0,30 m. Le bâtiment et le fossé de délimitation possèdent donc un lien métrologique commun, mais rien ne nous permet de déterminer si ce lien est fortuit ou volontaire.

2.6.7.4. Les bâtiments sur six poteaux

Deux bâtiments correspondent à ce type. Le bâtiment Bs12-28 mesure 3 m sur 6 et présente un rapport largeur/longueur de 1/2. Des mesures supplémentaires sont nécessaires pour permettre la détermination d'un plus petit dénominateur commun.

Le bâtiment Bs12-10 mesure 4 m sur 8. Il présente le même rapport largeur/longueur que le bâtiment précédent.

2.6.8. La phase IIIb Bs 11

Cette phase marque une nouvelle ère pour le site suite à la destruction du rempart en briques crues. L'agglomération extérieure est sur le point d'être abandonnée et les dimensions de la plupart des bâtiments sont réduites à l'exception d'un édifice monumental situé au sud-est de l'acropole. Un nouveau bâtiment de grandes dimensions sera présent à cet endroit jusqu'à la phase II Bs 9. Treize bâtiments ont été recensés pour cet état.

2.6.8.1. Le bâtiment Bs11-9

Le bâtiment Bs11-9 est un grand bâtiment de 35 m de long et 12 m de large. Il peut être divisé en trois ensemble. Le premier à l'ouest présente un plan carré de 8,4 m de côté qui se prolonge à l'est par un rectangle de 26,6 m de long et 8,4 m de côté. Ce grand espace est jouxté par une galerie de 3,6 m de large et 26,6 m de long. Plusieurs rapports de proportion sont à relever. Les dimensions générales du bâtiment présentent un rapport proche de 1/3. On retrouve ce rapport dans le grand espace rectangulaire. Il est possible de retrouver quatre fois la largeur de l'ensemble carré (8,4 m) dans la longueur de l'édifice. La largeur de la galerie est proche de 1/10 de la longueur totale de l'édifice. Il est possible que cette mesure ait servi de module. Ce module est proche de celui identifié par Stephane Verger sur le grand bâtiment de l'agglomération extérieur. Par ailleurs, il proposait un étalon de 0,70 m (deux pieds) qu'il est possible d'identifier ici également. En effet la largeur de l'ensemble carré comporte douze fois cette mesure qui se retrouve 48 fois dans la longueur totale de l'édifice et 17 fois dans sa largeur totale (12 fois dans la largeur de l'espace principale et 5 fois dans la largeur de la galerie) (Figure 151). La présence de rapport métrique et géométrique similaire avec le grand bâtiment de l'agglomération à une période où ce dernier n'est plus en fonction (KURZ 2000) est tout à fait remarquable.

2.6.8.2. Les bâtiments sur six poteaux

Le bâtiment Bs11-8 mesure 5,2 m de long et 3,5 m de large soit un rapport largeur/longueur de 2/3 qui peut nous indiquer l'utilisation d'un module de 1,75 m (Figure 152). Ces mesures indiquent l'utilisation d'un plus petit dénominateur commun d'une valeur de 0,29 m.

2.6.8.3. Les bâtiments sur quatre poteaux

Onze bâtiments de ce type ont été répertoriés pour cette phase. Les bâtiments Bs11-19, Bs11-20 et Bs11-26 sont superposables. Ils mesurent 3,25 m de côté. En l'absence de mesure supplémentaire, nous ne pouvons faire plus que de constater leurs dimensions communes.

Les bâtiments Bs11-29 et Bs11-41 sont également superposables. Ils mesurent 3,5 m de large et 5,5 m de long. Leur rapport largeur/longueur est proche de 2/3.

Le bâtiment Bs11-15 mesure 0,85 m de côté. L'absence de mesure supplémentaire nous empêche de continuer l'étude.

Le bâtiment Bs11-24 mesure 1,6 m de large et 2,1 m de long. Il présente un rapport largeur/longueur de 3/4.

Le bâtiment Bs11-28 mesure 2,4 m sur 2,1 m. Il présente un rapport de 7/8. Ces deux valeurs ont 0,30 pour plus petit dénominateur commun.

Le bâtiment Bs11-18 mesure 3,4 m sur 2,8 m. Il présente un rapport de 7/8. Ce rapport indique

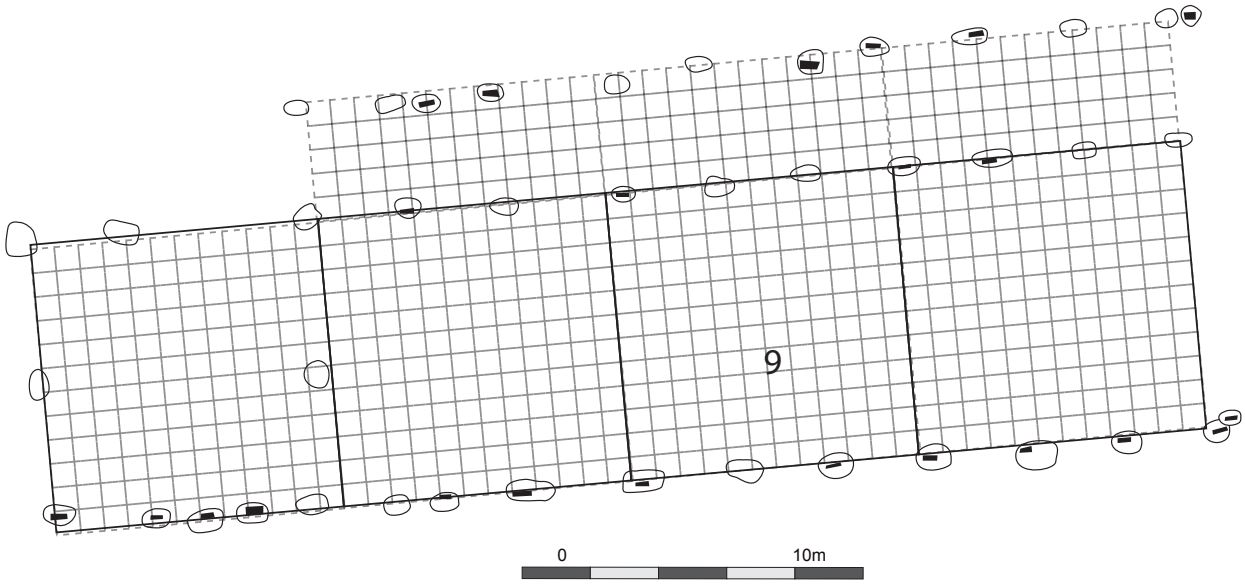


Figure 151. Plan du bâtiment Bs11-9 de la phase IIIb Bs 11 et schéma de planification.

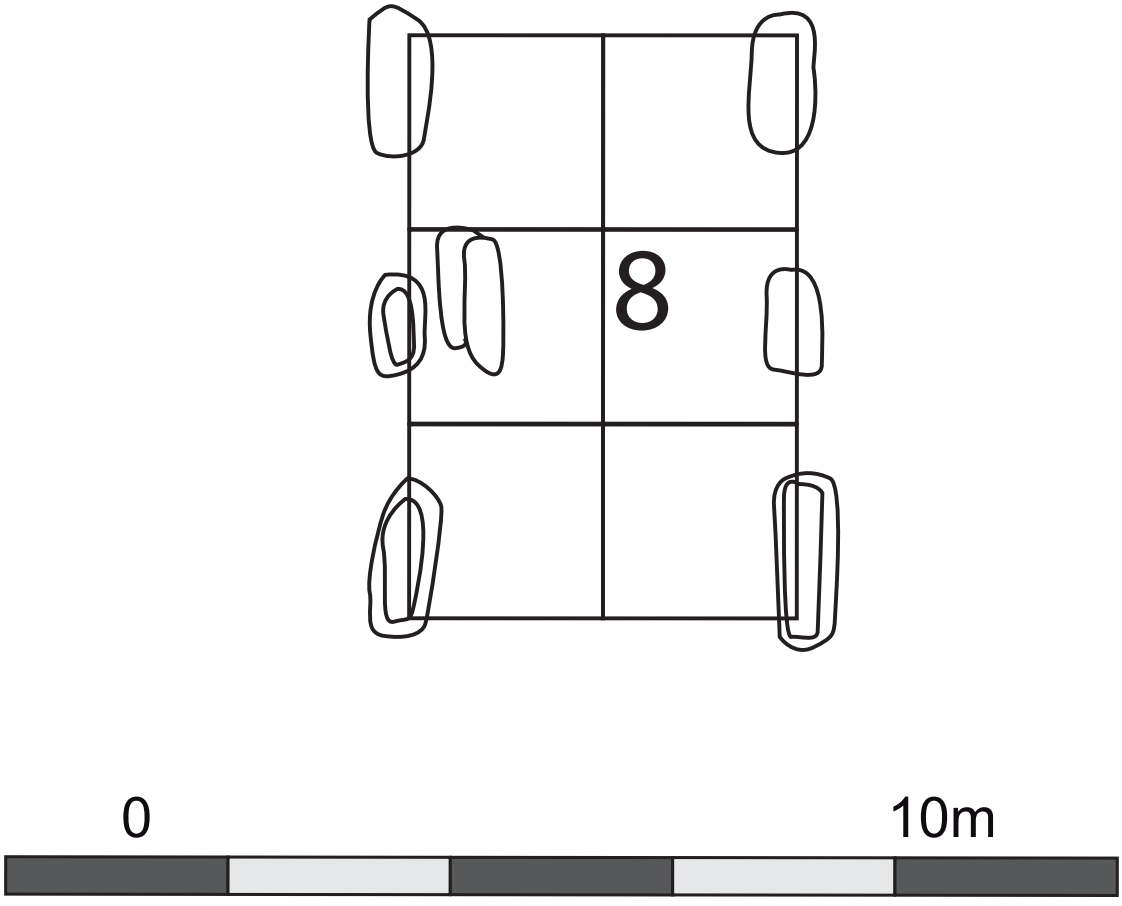


Figure 152. Plan du bâtiment Bs11-8 de la phase IIIb Bs 11 et schéma de planification.

la possibilité de l'utilisation d'un étalon compris entre 0,40 et 0,425 m soit une coudée d'un pied dont la valeur est comprise entre 0,27 et 0,285 m.

Le bâtiment Bs11-42 mesure 3,5 m sur 3,3 m. L'absence de mesure supplémentaire nous empêche de continuer l'étude.

Le bâtiment Bs11-5 mesure 5,6 m sur 6,4 m. Il présente un rapport de 7/8. Ces dimensions ont 0,32 pour plus petit dénominateur commun.

2.6.9. La phase IIIa Bs 10

Neuf bâtiments ont été recensés pour cette phase.

2.6.9.1. Le bâtiment Bs10-6

Ce bâtiment reprend le plan du bâtiment Bs11-9. Il présente les mêmes dimensions et les mêmes rapports malgré un léger décalage de l'espace carré occidental par rapport au reste de l'édifice. Une nouvelle galerie jouxte le bâtiment sur sa façade sud. Celle-ci mesure 2,1 m de large. Elle fonctionne également avec le module de 0,70 identifié pour la phase précédente (Figure 153).

2.6.9.2. Les bâtiments sur douze poteaux

Le bâtiment Bs10-4 mesure 7,8 m de long et 5,8 m de large. Il présente un rapport de 3/4. Un module de 1,95 m peut être proposé ici (Figure 154). Seul 0,32 m est le plus petit dénominateur commun de ces mesures.

2.6.9.3. Les bâtiments sur quatre poteaux

Sept bâtiments sur quatre poteaux ont été intégrés à l'étude. Aucun de ces plans n'est superposable.

Le bâtiment Bs10-14 mesure 1,9 m sur 1,2 m ce qui donne un rapport de 2/3. 0,30 m est le seul plus petit dénominateur commun à ces mesures.

Le bâtiment Bs10-19 mesure 2,3 m sur 2,6 m. L'absence de mesure supplémentaire nous empêche de continuer l'étude.

Le bâtiment Bs10-18 mesure 2,8 m de large et 3,1 m de long. En l'absence de mesure supplémentaire, nous ne pouvons pas continuer l'analyse.

Le bâtiment Bs10-21 mesure 4 m sur 2,4 m. L'absence de mesure supplémentaire nous empêche de continuer l'étude.

Le bâtiment Bs10-20 mesure 3,9 m sur 3 m ce qui renvoi vers un rapport largeur/longueur de 3/4. Ce rapport évoque l'utilisation d'un module de 0,75 m. Le plus petit dénominateur commun

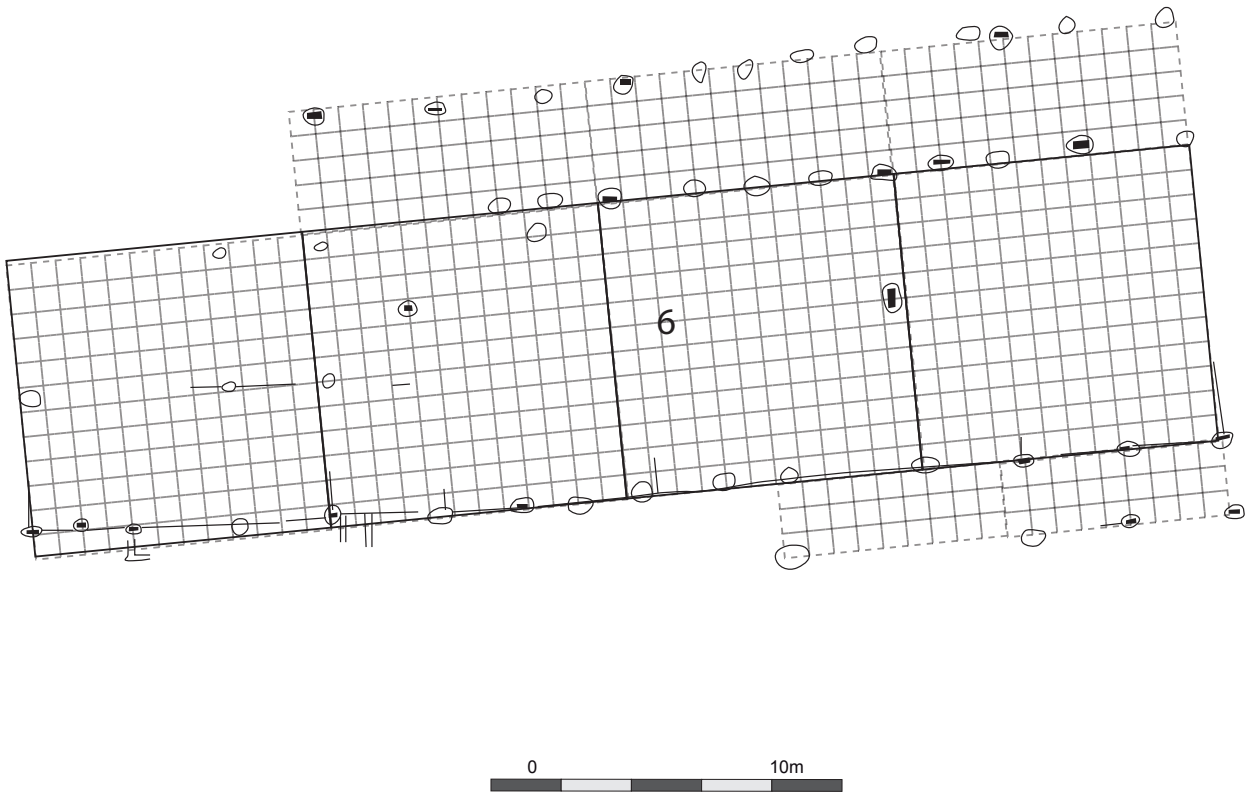


Figure 153. Plan du bâtiment Bs10-6 de la phase IIIa Bs 10 et schéma de planification.

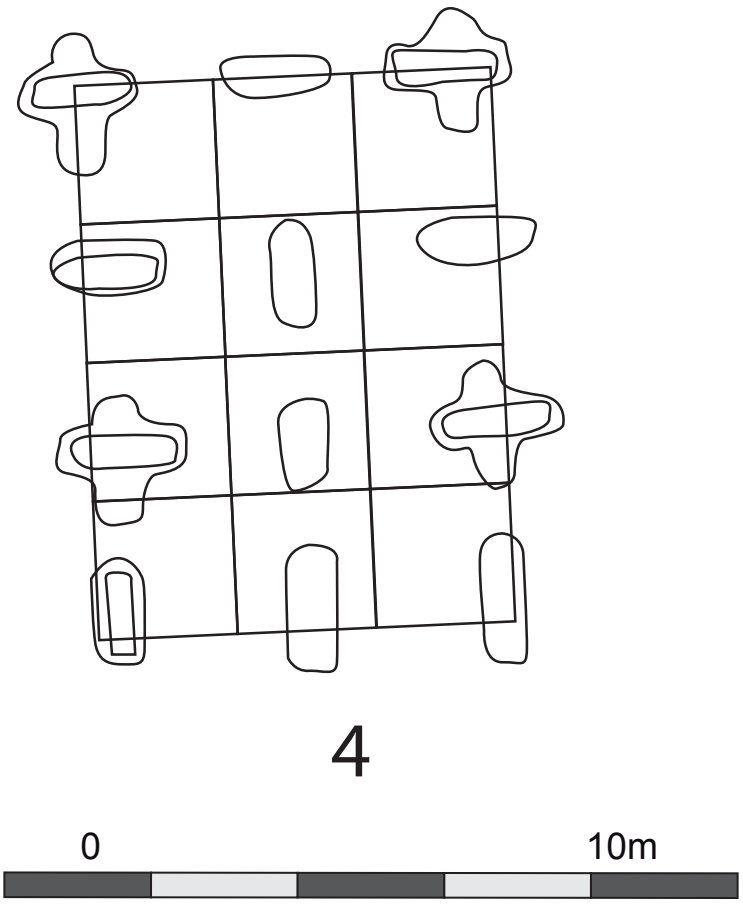


Figure 154. Plan du bâtiment Bs10-4 de la phase IIIa Bs 10 et schéma de planification.

le plus pertinent avec ces mesures est 0,3 m.

Le bâtiment Bs10-25 mesure 5,3 m de long et 3,9 m de large ce qui évoque également un rapport largeur/longueur de 3/4 à partir d'un module de 1,3 m cette fois. Le plus petit dénominateur commun à ces mesures est compris entre 0,26 et 0,265 m.

Le bâtiment Bs10-11 mesure 4,5 m sur 4,1 m. Un cinquième poteau divise la façade est en deux portions de 1,5 m et 3 m. En utilisant cette valeur de 1,5 m, il est possible de planifier le bâtiment en la répétant trois fois dans la longueur et deux fois et trois quarts dans la largeur. Ce module équivaut à deux fois le module identifié sur le bâtiment Bs10-20 (0,75 m). Il est toutefois impossible de dire si ces deux modules sont bel et bien liés.

2.6.10. La phase II Bs 9

Onze bâtiments ont été recensés pour cette phase. On retrouve encore une fois un grand bâtiment monumental dans l'angle sud-est du site. Il présente toutefois des dimensions plus réduites et un plan plus simple que les bâtiments précédents. On assiste également à la mise en place de plusieurs enclos formant des cours dans lesquelles des bâtiments sont construits. Cinq de ces cours vont faire l'objet d'une étude.

2.6.10.1. Le bâtiment Bs9-6

Ce bâtiment mesure 23 m sur 17,6 m. Les nefs mesurent, du nord au sud, 4,6 m, 9 m et 4 m. Le rapport largeur/longueur est de 3/4. Le triplet 3-4-5 peut être réalisé à partir d'un module de 5,75 m (Figure 155). Aucun plus petit dénominateur commun ne peut être déterminé dans ce cas.

2.6.10.2. Les bâtiments sur sablière

Le bâtiment Bs9-4 mesure 3,8 m de large et 7,6 m de long. Il présente donc un rapport largeur/longueur de 1/2 indiquant la possible utilisation d'un triangle rectangle de proportion 1/2/√5 (Figure 156). Les rectangles dessinés par les sablières présentent un rapport de 2/3 (2,5 m sur 3,8 m). Il est possible qu'un module de 1,25 m ait été utilisé dans ce cas. Le plus petit dénominateur commun le plus pertinent ici est 0,25 m.

2.6.10.3. Les bâtiments sur six poteaux

Ce groupe rassemble deux bâtiments. Le bâtiment Bs9-3 mesure 2,5 m de large et 3,8 m de long. Ces mesures correspondent à la dimension d'une section du bâtiment Bs9-4. Il présente le même rapport largeur/longueur (2/3) et potentiellement le même étalon de mesure (0,25 m).

Le bâtiment Bs9-13 mesure 6,8 m au nord, 7,1 m au sud, 5,2 m à l'est et 5,8 m à l'ouest. La grande variabilité des mesures ne nous permet pas de mener l'étude sur ce bâtiment.

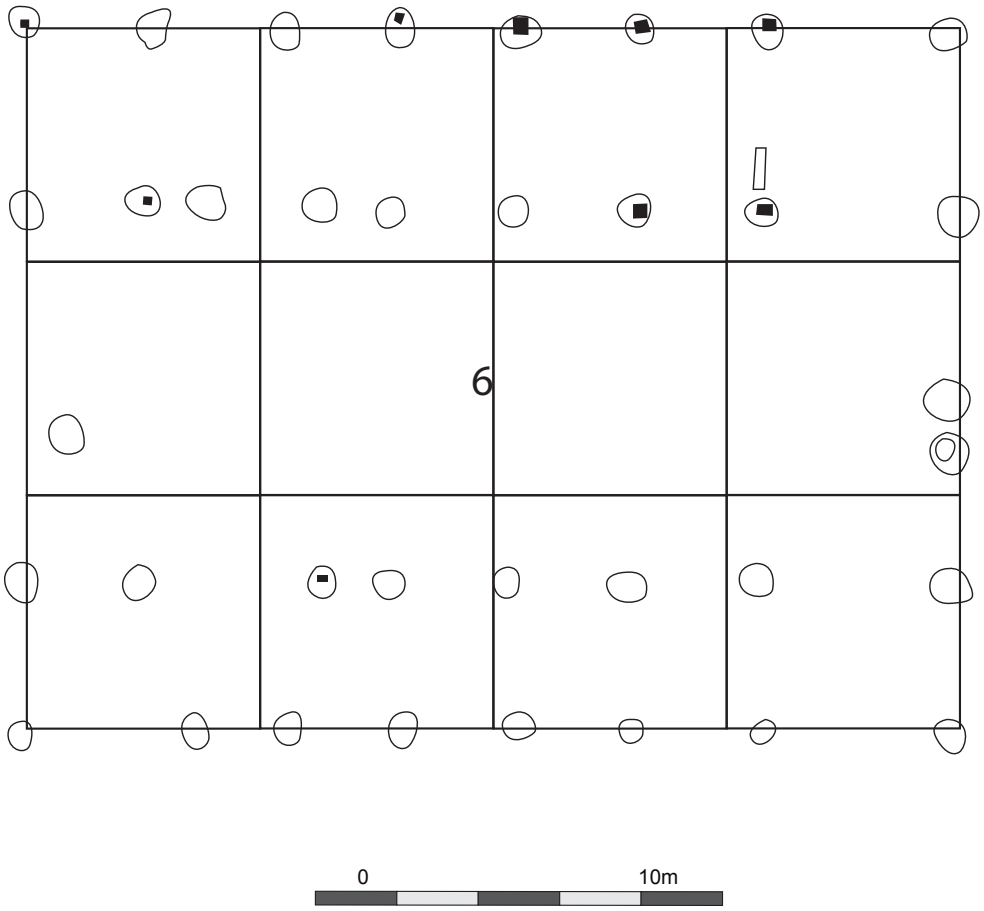


Figure 155. Plan du bâtiment Bs9-6 de la phase II Bs 9 et schéma de planification.

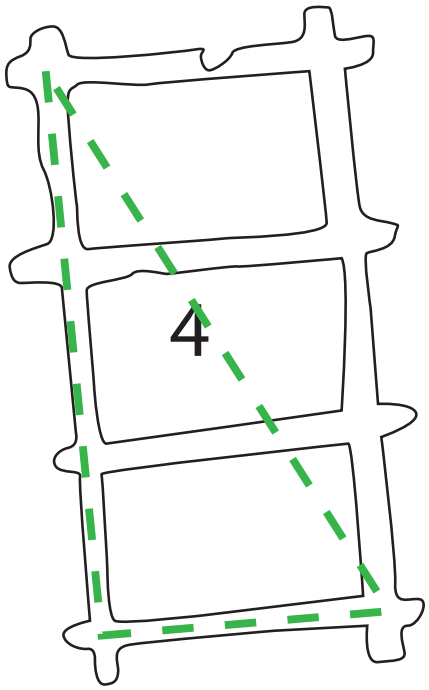


Figure 156. Plan du bâtiment Bs9-4 de la phase II Bs 9 et schéma de planification.

2.6.10.4. Les bâtiments sur quatre poteaux

Sept bâtiments non rattachés à un enclos ont été intégrés dans cette catégorie. Les bâtiments Bs9-9, Bs9-23, Bs9-29 et Bs9-12 possèdent des plans superposables. Ils mesurent 2,5 m sur 3 m. En l'absence de mesure supplémentaire, nous ne pouvons pas continuer l'analyse.

Le bâtiment Bs9-24 mesure 1,9 m de large et 3,3 m de long. Aucune mesure supplémentaire ne peut être effectuée ce qui ne permet pas de poursuivre l'étude.

Le bâtiment Bs9-39 mesure 3,1 m sur 4,1 m. On trouve ici un rapport proche de 3/4 qui permet de définir un module potentiel d'une valeur comprise entre 1 et 1,1 m.

Le bâtiment Bs9-28 mesure 3 m de côté. L'absence de mesure supplémentaire nous empêche de continuer l'étude.

2.6.10.5. Les cours et leurs bâtiments

Sur les cinq cours dont les limites sont connues, trois présentent des dimensions identiques : la cour du bâtiment Bs9-5, celle du bâtiment Bs9-2 et celle du bâtiment Bs9-36. Elles mesurent 11,2 m de long et 11,1 m de large et englobent ainsi une superficie de 124,32 m². Seul le bâtiment Bs9-36 possède un plan complet. Celui-ci mesure 5,6 m de long et 2,8 m de large et possède donc un rapport largeur/longueur de 1/2. Aucun rapport métrologique ou géométrique ne peut être identifié entre les bâtiments et les enclos.

L'enclos du bâtiment Bs9-10 mesure 15,3 m sur 16,5 m et couvre une superficie de 253,98 m². Cet enclos couvre approximativement (probablement dû à l'imprécision des mesures) le double de superfice que les enclos évoqués précédemment. En réduisant le plan de cet enclos de 50 %, il est tout à fait superposable avec les premiers enclos traités.

L'enclos regroupant les bâtiments Bs9-7 et Bs9-8 mesure 12 m de large à l'ouest, 18 m de long au sud. Il s'élargit légèrement vers l'est, mais l'angle nord-est n'étant pas connu nous ne pouvons pas mesurer la longueur des portions nord et est avec précision. On peut toutefois les estimer à 14 m à l'est et 21 m au nord. La superficie couverte est proche de 250 m² avec ces mesures. On retrouve ici une mesure identique à celle de l'enclos du bâtiment Bs9-10. Le plan du bâtiment Bs9-7 est incomplet et ne permet pas l'étude métrologique. Le bâtiment Bs9-8 mesure 1,3 m sur 2,6 m soit un rapport largeur/longueur de 1/2.

Il existe un plus petit dénominateur commun à toutes les mesures connues des enclos : 0,30 m. Les trois premiers enclos mesurent 37 pieds de côtés, l'enclos de l'ensemble Bs9-10 mesure 51 pieds sur 55 pieds. Les deux portions connues de l'enclos des bâtiments Bs9-7 et Bs9-8 mesurent 40 pieds sur 60 pieds. Dans ce dernier cas, un autre plus petit dénominateur commun est également probable : 0,25 m (on obtient alors 48 pieds sur 72 pieds).

2.6.11. La phase Ib/4 Bs 8

À partir de cette phase, l'occupation du site devient plus lâche et moins dense. Les bâtiments présentent des plans simples et aux dimensions réduites. On retrouve de grandes palissades qui divisent l'espace interne, mais très peu d'enclos qui entourent les bâtiments. Six bâtiments sur quatre poteaux sont attribués à cet état.

Les bâtiments Bs8-2 et Bs8-8 sont superposables, ils mesurent 2,5 m sur 3,8 m. On observe un rapport largeur/longueur de 2/3 pouvant renvoyer à l'utilisation d'un module de 1,25 m. Le plus petit dénominateur commun à ces mesures est 0,25 m.

Le bâtiment Bs-8-5 mesure 7 m de long et 4,1 m de large. Ces mesures sont proches d'un rapport 4/7 rappelant un triplet approximatif : 4-7-8 à partir d'un module d'une valeur proche de 1 m.

Les autres bâtiments ne permettent pas de faire aboutir l'analyse géométrique et métrologique. Le bâtiment Bs8-31 mesure 2,8 m sur 3,1 m. L'édifice Bs8-11 mesure 3,6 m de large et 4,4 m de long. Le bâtiment Bs8-38 fait 4,2 m de large et 4,7 m de long.

2.6.12. La phase Ib/3 Bs 7

Huit bâtiments ont été recensés pour cette phase. Ils se divisent en deux groupes de quatre bâtiments.

2.6.12.1. Les bâtiments à une nef

Le bâtiment Bs7-35 mesure 6,3 m sur 5,2 m. L'entraxe est de 3,15 m. Cette valeur se retrouve deux fois dans la longueur et une fois et trois quarts dans la largeur de l'édifice. Il est possible qu'elle ait servi de module lors de la planification. Le plus petit dénominateur commun à ces mesures est 0,315 m.

Le bâtiment Bs7-3 mesure 3,6 m sur 5,5 m et possède un rapport largeur/longueur de 2/3. Ce rapport peut être mis en lien avec un module de 1,8 m.

Le bâtiment Bs7-44 mesure 4,3 m sur 2,6 m avec des entraxes de 2,15 m. L'absence de mesure supplémentaire nous empêche de continuer l'étude.

Le bâtiment Bs7-1 mesure 3,3 m à l'ouest, 3 m à l'est et 6,2 m de long. L'absence de mesure supplémentaire nous empêche de continuer l'étude.

2.6.12.2. Les bâtiments à quatre poteaux

Le bâtiment Bs7-39 mesure 1,6 m sur 2,4 m soit un rapport de 2/3 avec un module potentiel de 0,80 m.

Le bâtiment Bs7-34 mesure 1,5 m sur 3 avec un rapport largeur/longueur de 2/3.

Les bâtiments Bs7-38 et Bs7-40 ne permettent pas d'effectuer des mesures suffisantes pour obtenir des résultats. Le premier mesure 3 sur 3,4 m et le second 4 m sur 4,2 m.

2.6.13. La phase Ib/2 Bs 6

Six bâtiments sont rattachés à cette phase. Ils sont répartis en deux catégories. Un bâtiment semi-enterré est également rattaché à cet état, mais son plan est incomplet et irrégulier et ne permet pas d'étude métrologique et géométrique.

2.6.13.1. Les bâtiments à une nef

Le bâtiment Bs6-8 mesure 3.7 m de large et 7,4 m de long. Il possède des entraxes irréguliers. Il présente cependant un rapport largeur/longueur de 1/2. Aucun plus petit dénominateur commun ne peut être identifié.

2.6.13.2. Les bâtiments à quatre poteaux

Le bâtiment Bs6-7 mesure 2 m sur 2,2 m. Ces mesures ne permettent pas de continuer l'étude.

Le bâtiment Bs6-17 mesure 1,6 m de large et 3,2 m de long. Il s'agit d'un rapport de 1/2.

Le bâtiment Bs6-25 est très irrégulier. Il mesure 4 m à l'ouest, 3,2 m au nord, 4,3 m à l'est et 3,8 m au sud. Cette irrégularité ne permet pas de poursuivre l'étude.

Le bâtiment Bs6-28 mesure 3,3 m sur 3,9 m soit un rapport de 3/4 avec un module d'une valeur d'environ 1 m. Le plus petit dénominateur commun à ces mesures est 0,30.

Le bâtiment Bs6-24 mesure 5 m de long pour 3,8 m de large et présente lui aussi un rapport de 3/4. Dans ce cas le module ayant pu servir vaut 1,25 m.

2.6.14. La phase Ib/1 Bs 5

Six bâtiments sont attribués à cet état. Durant cette phase le bâtiment semi-enterré est reconstruit sur un plan similaire. Là encore l'étude n'est pas possible.

2.6.14.1. Les bâtiments à une nef

Le bâtiment Bs5-20 mesure 6,3 m de long et 3,5 m de large avec des entraxes de 2,1 m. L'utilisation de cette distance permet d'exprimer les dimensions de l'édifice. On la retrouve trois fois dans la longueur et une fois et deux tiers dans la largeur. Le plus petit dénominateur commun à ces mesures est 0,30 m.

2.6.14.2. Les bâtiments à quatre poteaux

Les bâtiments Bs5-31 et Bs5-5 mesurent tous deux 2,5 m sur 2,2 m. En dehors de ces dimensions

communes, nous ne pouvons pas déterminer de rapports géométriques et métrologiques.

Les bâtiments suivants ne permettent pas d'analyse métrologique ou géométrique.

Le bâtiment Bs5-22 mesure 2,4 m sur 4,4 m.

Le bâtiment Bs5-10 mesure 4,1 m sur 5 m.

Le bâtiment Bs5-21 présente un plan carré de 4,9 m de côté.

2.6.15. La phase Ia Bs 4

Aucun plan de bâtiment complet ne peut être attribué à cette phase. Elle se caractérise par la présence de plusieurs palissades. Trois d'entre elles sont connues sur des distances significatives. Deux palissades orientées ouest-est sont vraisemblablement connues sur l'ensemble de leurs tracés. Elles mesurent toutes deux 35 m de long et sont séparées de 9,5 m. Les entraxes sont réguliers et mesurent dans les deux cas 1,5 m. Cette valeur d'entraxe a également été mesurée sur une portion de palissade orientée nord-sud. Il est possible qu'un module de 1,5 m ait servi afin d'implanter les poteaux de ces palissades qui viennent subdiviser le site en plusieurs portions.

L'absence de bâtiments liés à cette phase et à ces palissades et de fouilles extensives ne nous permet cependant pas de conclure quant à l'organisation géométrique et à la métrologie de cet état. Il s'agit de la dernière phase d'aménagement protohistorique du site.

2.6.16. Conclusion

Au terme de cette étude, on constate la présence de plusieurs rapports de proportions simples récurrents : 3/4, 2/3, 1/2. Ces rapports mettent en avant une quasi-généralisation de la planification modulaire en plus d'une certaine harmonie architecturale se matérialisant au niveau des proportions des bâtiments de l'acropole. En revanche les plus petits dénominateurs communs récurrents sont très rares (et très rarement identifiés faute de mesures suffisantes). Lorsque des étalons ont pu être identifiés, ceux-ci couvrent l'ensemble de l'éventail des valeurs du pied (0,25 à 0,35 m) et ses surmultiples (0,70 m par exemple). Il est toutefois intéressant de relever les similitudes géométriques et métrologiques entre les trois grands bâtiments Bs11-9, BS10-6 et le bâtiment aristocratique de l'agglomération extérieure. Ce dernier regroupe en son sein, à travers ses différentes pièces, la gamme des proportions constatées sur le site.

Cette variabilité des mesures contraste avec la régularité de l'organisation du site qui semble divisé en plusieurs espaces aux dimensions liées. La délimitation précise de ces espaces n'a pas toujours pu être définie avec précision faute de fouille plus extensive et de préservation des vestiges suite aux réaménagements successifs. Dans l'acropole, ces lots ont été particulièrement bien identifiés lors de l'état II Bs9, mais des indices de fossé de délimitation et de palissade plus anciens indiquent l'existence de ces espaces aux dimensions prédéfinis dans les périodes antérieures. Ces divisions de l'espace ont également été relevées dans l'agglomération extérieure

et Siegfried Kurz estime que les superficies encloses varient entre 1,2 ha et 1,4 ha (KURZ 2008 : 166-167) soit 100 fois la surface des plus petits lots identifiés sur l'acropole.

On peut dès lors proposer l'hypothèse selon laquelle le site a pu être mesuré et divisé en lots d'une superficie préétablie qui seraient par la suite attribués à des propriétaires différents pouvant acquérir plusieurs lots contigus au sein desquels ils construisent selon des normes architecturales communes au site, mais se fondant sur un étalon propre.

2.7. L'oppidum de Manching

2.7.1. Introduction

L'oppidum de Manching a fait l'objet de nombreuses fouilles depuis 1955 permettant la mise au jour de très nombreux plans de bâtiment. Sur les 380 hectares enclos, près de 30 hectares ont ainsi pu être explorés. Les recherches de Franz Schubert tendent à mettre en évidence l'utilisation d'un pied gaulois dans la planification des bâtiments de ces secteurs. Cette organisation date très probablement des premières phases d'occupation du site, au moment où il ne s'agissait encore que d'une agglomération ouverte.

Au vu de l'importante masse documentaire disponible (KRAMER et SCHUBERT 1970, MAIER et al. 1992, SCHUBERT, 1983 ; 1992 ; 1993 ; 1994 et 1995, SIEVERS, LEICHT et ZIEGHAUS 2013, VAN ENDERT 1987 et WINGER 2015) nous avons procédé à une sélection des bâtiments étudiés. Nous avons ainsi écarté de cette étude les plans de bâtiments incomplets (y compris ceux utilisés par Franz Schubert dans son étude métrologique) puisque leur plan partiel ne permet pas un travail métrologique pertinent. La majorité des plans de bâtiments du site sont restitués à partir d'un faible nombre de poteaux amenant souvent des propositions très ambitieuses (Figure 157). Cela est en partie dû au grand nombre de phases qui rend la lecture du terrain particulièrement difficile.

Au total seuls cinquante-huit bâtiments (en dehors des temples dont nous traiterons plus loin) remplissent les critères nécessaires à l'étude et ont été retenus. Nous les avons classés en groupes en fonction du nombre de leurs poteaux et de leur type de plan. Dans les publications, les mêmes bâtiments ont parfois été publiés plusieurs fois avec une numérotation différente et certains bâtiments portent le même numéro. Nous avons décidé de garder le numéro attribué dans les publications les plus récentes en le faisant précéder du nom du premier auteur de la publication.

2.7.2. La porte est

La porte monumentale orientale de l'oppidum a subi trois phases de réaménagement. Les deux premiers états ont déjà fait l'objet d'une étude par Franz Schubert (SCHUBERT 1994). Le plan n'évolue que très peu entre les différents états. Il s'agit de grands bâtiments à quatre nefs de plan rectangulaire mesurant 13,8 m de long et 12,8 m de large. Lors du premier état, la structure principale est précédée d'une ligne de trois poteaux se situant 7 m à l'est de la structure portant

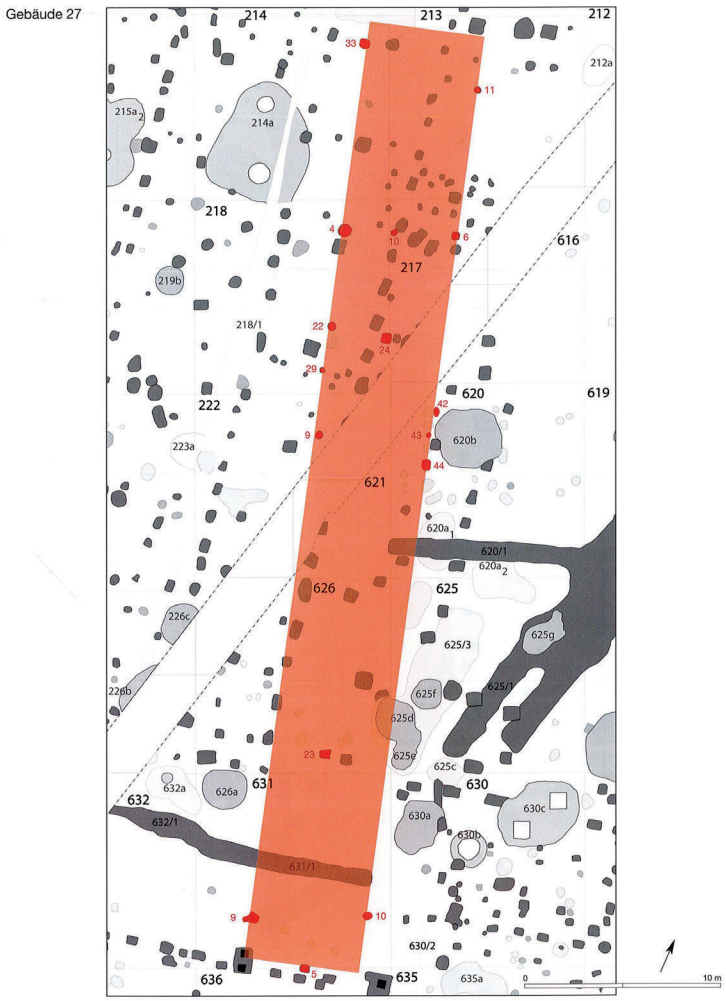


Figure 157. Exemple de bâtiment de plan incomplet et à la restitution ambitieuse (D'après WINGER 2015 Tafel 19)

les dimensions de l'édifice à 19,5 m de longueur et 13 m de largeur. Au second état, cette avancée n'est représentée que par un seul poteau avant de disparaître au dernier état.

Les travées mesurent, du nord au sud, 2,5 m, 4,4 m, 4,4 m, et 2,5 m. Au sein des alignements est-ouest, l'entraxe des poteaux est de 3,1 à 3,2 m pour les deux premiers états et de 3,8 à 4 m pour le troisième état.

L'espacement des poteaux frontaux du rempart persiste entre l'état 2 et 3 avec 2,2 m sur la portion reconnue au nord et 1,8 m sur la portion reconnu au sud.

Dans son étude, Franz Schubert proposait un schéma de construction similaire pour le premier et le second état du monument tandis que le troisième état se distinguait par une méthode d'implantation différente (SCHUBERT 1994 : 160-165 et 178-180, Figure 158). Dans le cas des deux premiers états, il remarque la répétition d'un module de 6 pieds et demi avec un pied dit de Manching (0,31 m). La planification a pu dès lors se faire grâce à la répétition de cette valeur pour obtenir un bâtiment de 39 pieds de côtés. Pour le troisième état, il propose l'utilisation d'une méthode de planification au compas dans le but de tracer six rectangles ayant un rapport largeur/longueur de $1/\sqrt{3}$. Chaque rectangle mesure ainsi 12 pieds de large et 21 pieds de long avec

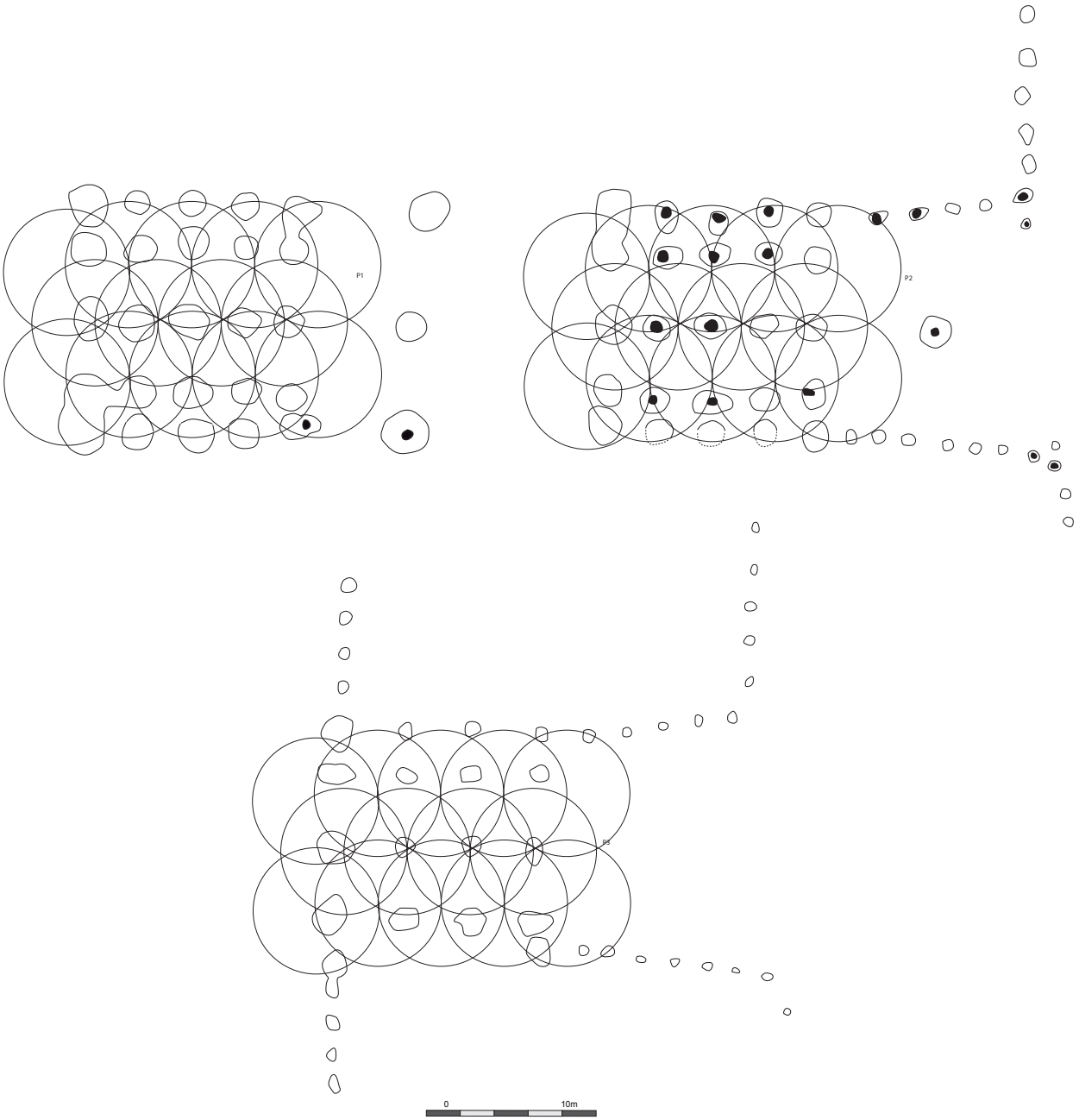


Figure 158. Plan des trois états de la porte est et principe de planification d'après Franz Schubert.

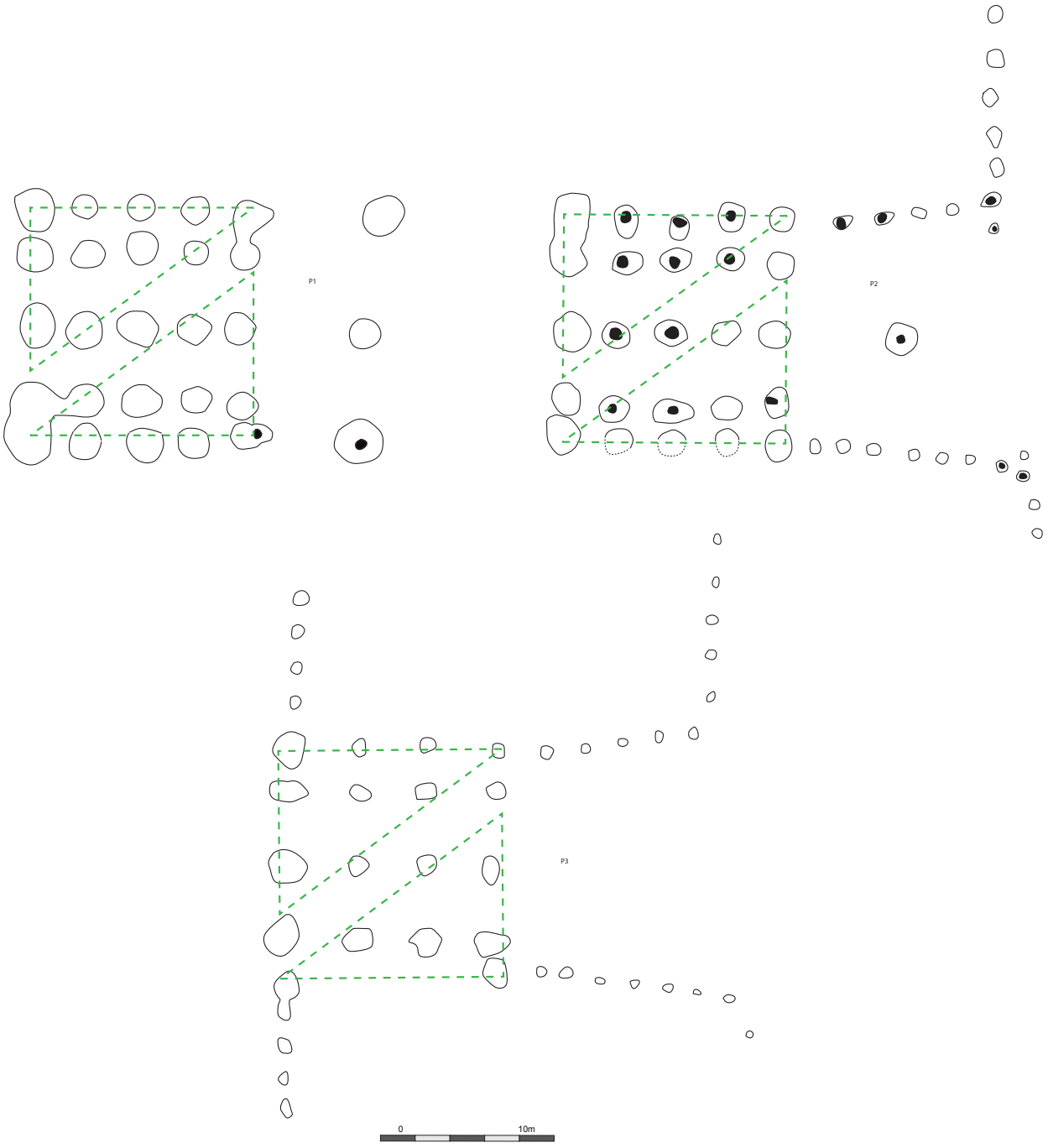


Figure 159. Plan des trois états de la porte est et proposition de planification à parti du 3-4-5.

l'étalon de Manching.

Ces propositions géométriques sont tout à fait plausibles. Au vu de la forte similitude des plans et des proportions, il est également probable que les deux techniques aient pu s'appliquer au projet initial, ce dernier ayant subi quelques modifications de dernière minute au moment de la construction. Le problème principal de l'étude de Franz Schubert est l'utilisation de l'étalon de Manching. Dans les cas où les négatifs de poteaux ont été conservés, on constate que ceux-ci ne rentrent pas dans le schéma proposé à l'exception de la restitution concernant le dernier état de la porte.

Il est possible de proposer une autre technique de planification, plus simple. Dans le sens est/ouest, on retrouve quatre fois un entraxe d'une valeur de 3,1 à 3,2 m. Il est possible de retrouver trois fois cette dimension dans la longueur de bâtiment. Ceci permet de planifier les trois états de la porte à partir du rapport 3-4-5 et d'un module compris avec 3,1 et 3,2 m (Figure 159).

Au vu des mesures prises en considérant les négatifs de poteaux, l'étalon de Franz Schubert n'est pas pertinent. Le fait qu'une structure soit inscrite peu ou proue dans un carré fondé sur un étalon de 0,31 m ne permet pas d'affirmer qu'il s'agit de l'étalon utilisé. Ce problème se rencontre d'ailleurs dans l'ensemble de l'étude de Franz Schubert. Les mesures effectuées ne permettent pas de définir précisément un étalon ayant pu être utilisé. Les valeurs de plus petits dénominateurs communs varient entre 0,275 et 0,32 m. Au vu de l'hypothèse d'un module de 3,15 +/- 0,05 m, nous pouvons réduire cet écart à un plus petit dénominateur commun de 0,315 +/- 0,005 m.

2.7.3. Les bâtiments

2.7.3.1. Les longs bâtiments à deux nefs

Ces bâtiments ont déjà fait l'objet d'une étude de Franz Schubert (SCHUBERT 1994 : 176-178 et Beilage 17-19). Dans ce travail, l'auteur fonde son raisonnement sur sept plans de ce type. Cinq d'entre eux ne sont pas complets et leur restitution se fonde sur trop peu d'éléments pour garantir leur pertinente. Nous n'évoquerons donc ici que les deux exemplaires les plus complets et dont la proposition de plan est la plus judicieuse : les bâtiments Winger 23 et Winger 25.

Il s'agit de deux bâtiments de 5,3 m de large et 42,5 m de long. Les poteaux internes sont espacés de 5,3 m. En répétant cette distance huit fois on obtient 42,4 m soit une valeur très proche de la longueur totale des monuments. Franz Schubert propose une planification à l'aide d'un compas en reportant des triangles semblables. Ce principe est tout à fait cohérent et permet effectivement la mise au plan de ce type de bâtiment. On constate toutefois un léger décalage entre le point d'implantation des poteaux centraux et les points de croisements des cercles. Au vu des distances particulièrement étendues qui nous concernent ici, ces décalages sont mineurs. Il existe toutefois une méthode plus simple et plus précise de mise en place en utilisant un module de 5,3 m (Figure 160).

On commence par tracer une droite de 8 modules de long et on place un poteau tous les modules. On obtient alors l'axe central du bâtiment. Il suffit ensuite de reporter un demi-module de part et d'autre de cet axe sur une droite perpendiculaire pour obtenir les parois du bâtiment. À cette échelle il est aisé de créer un angle droit avec le principe du 3-4-5. À ce titre il est intéressant de noter que dans un rapport largeur/longueur 1/8, l'hypoténuse vaut presque la valeur de la longueur (8,06226...)[3]. Dans le cas du bâtiment Winger 25, dont le plan est moins flagrant, on observe un décalage avec les poteaux centraux. Certains d'entre eux correspondent à l'emplacement de bissectrices, perpendiculaires à la droite fondatrice. Ce bâtiment a pu être construit à partir d'une méthode similaire avec quelques subtilités plus difficiles à percevoir du fait du caractère partiel de l'information.

Les dimensions que nous avons évoquées ne peuvent pas être exprimées avec un pied de 0,31 m. Aucun plus petit dénominateur commun précis ne peut être défini dans ce cas.

2.7.3.2. Les bâtiments à deux nefs

Quatre bâtiments correspondent à ce type (Figure 161). Ils présentent tous des dimensions variables. Le bâtiment Schubert 1007 A mesure 7,4 m de long et 4,6 m de large. La ligne de poteaux centraux soutenant la faitière divise le bâtiment en deux sections de 2,3 m de large. Cette dimension se retrouve trois fois et quart dans la longueur totale du bâtiment. On trouve ainsi un rapport largeur/longueur de 2/3. Dans son étude, Franz Schubert propose de restituer un bâtiment de 16 pieds de large et 24 pieds de long avec un l'étalon de Manching (SCHUBERT 1994 : 154 et 157). Si cette valeur fonctionne assez bien dans la longueur, il n'en est pas de même pour la largeur de l'édifice qui aurait dans ce cas dû mesurer 4,9 m. Au vu des mesures, il est impossible de définir précisément un plus petit dénominateur commun. L'utilisation d'un module de 2,3 m dans le but d'obtenir un rapport de 2/3 dans les proportions de l'édifice est l'hypothèse la plus pertinente à ce jour.

Le bâtiment Maier 54 mesure 11,2 m de long et 5,6 m de large. Nous remarquons d'ores et déjà que cet édifice présente un rapport largeur/longueur de 1/2. Le poteau interne se situe à 5,6 m des pignons. Franz Schubert y applique encore une fois son étalon de façon peu satisfaisante (SCHUBERT 1994 : 160 et 162). Au vu des mesures, plusieurs plus petits dénominateurs communs sont possibles : 0,28 m, 0,32 m, et 0,35 m.

Le bâtiment Sievers 35 n'a pas été étudié par Franz Schubert. Il mesure 11,7 m de long et 4,6 m de large. On retrouve deux fois et demie la valeur de sa largeur dans sa longueur. La largeur des travées varie. Ces dernières mesurent, d'ouest en est, 4,3 m, 3,4 m et 4 m. La ligne de poteaux interne divise le bâtiment en deux nefs de 2,3 m de large. Cette valeur a pu servir de module lors de la planification à l'instar du bâtiment Schubert 1007 A évoqué précédemment. Pour les mêmes

---

3 Plus généralement d'après le Théorème de Pythagore si AB = 1 et BC = x alors AC = $\sqrt{(x+1)}$. Plus x tend vers l'infini plus la fonction $f(x) = \sqrt{(x+1)}$ tend vers la fonction $f(x) = \sqrt{x}$.

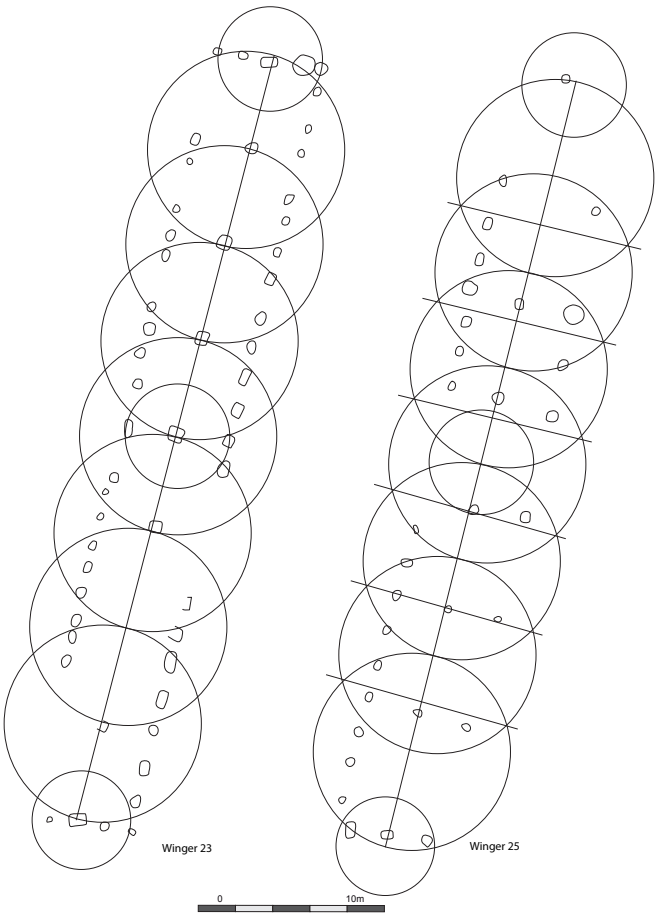
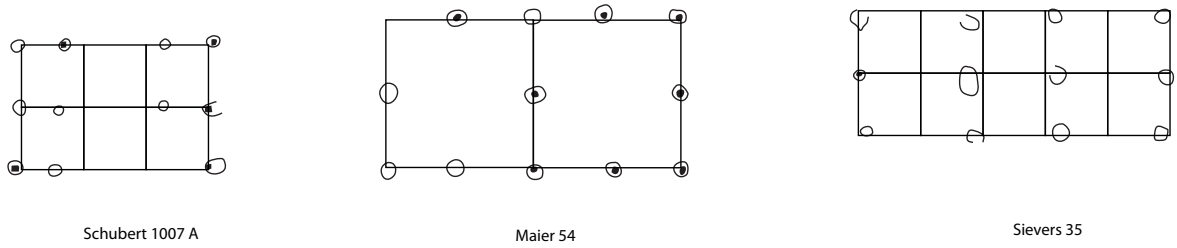


Figure 160. Plan des longs bâtiments à deux nefs et proposition de principe de planification.



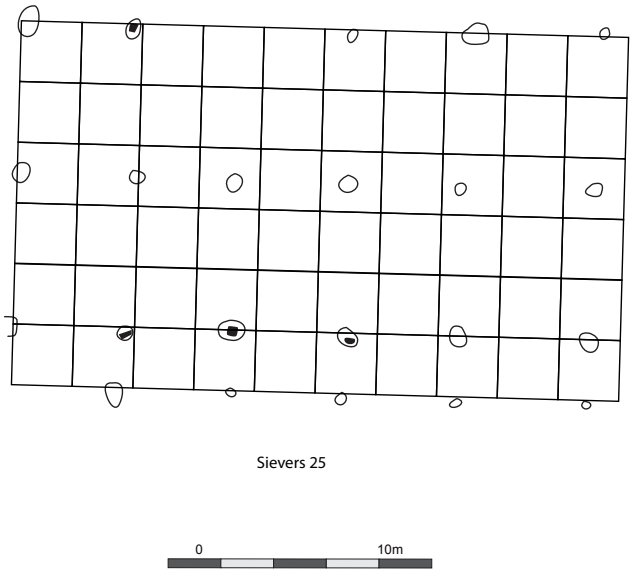


Figure 161. Plan des bâtiments à deux nefs et leurs modules respectifs.

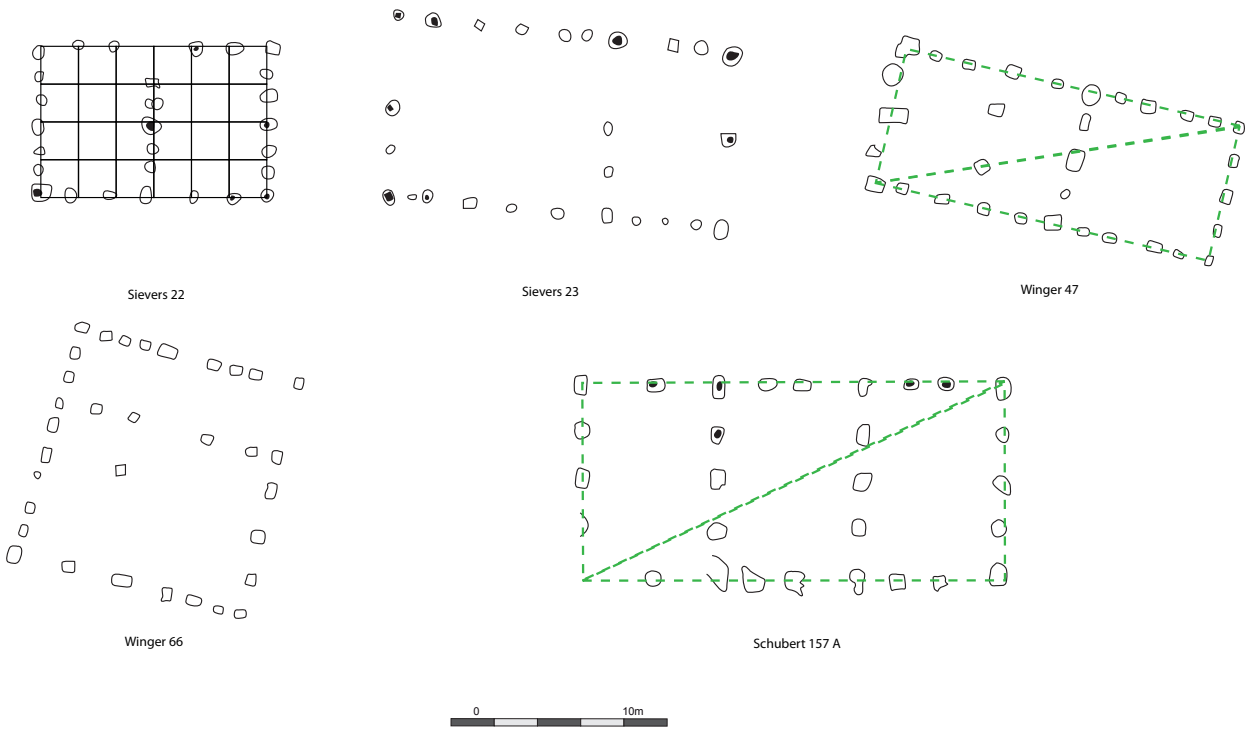


Figure 162. Plan des bâtiments à partitions internes et principes de planification identifiés.

raisons, nous ne pouvons pas déterminer de plus petit dénominateur commun au sein de cet édifice.

Le bâtiment Sievers 25 est un très grand bâtiment de 21,7 m de long et 13,8 m de large. Sur son côté sud, une ligne supplémentaire de poteaux est interprétée comme des supports de portique (SIEVERS 2013 : 45). Cet édifice n'a pas fait l'objet d'une étude de Franz Schubert. Les travées mesurent entre 3,7 et 5,2 m de large. Les nefs mesurent 5,75 m de large et le portique 2,3 m. En utilisant cette dernière valeur, il est possible de retrouver les proportions du bâtiment. En effet chaque nef mesure deux fois et demie le module de 2,3 m en largeur. Le bâtiment mesure donc cinq modules de large, six en prenant en compte les éléments du portique. Dans sa longueur, le module de 2,3 peut être reproduit neuf fois et demie (9,5 x 2,3 = 21,85). Ce module est similaire à celui proposé pour les bâtiments Sievers 25 et Schubert 1007 A et nous proposons les mêmes conclusions que dans les cas précédents concernant un éventuel plus petit dénominateur commun.

2.7.3.3. Les bâtiments à plus de dix poteaux et partitions internes

Cinq bâtiments font partie de cet ensemble (Figure 162). Il s'agit d'assez grands bâtiments avec de très nombreux poteaux, présentant des alignements de poteaux internes qui peuvent correspondre à des démarcations de l'espace.

Le bâtiment Winger 66 est un cas particulier dans cette catégorie puisqu'il est le seul possédant un plan carré de 10,9 m de côté. Une ligne de poteaux interne sépare le bâtiment en deux espaces

de dimensions inégales. Au nord on obtient une portion de 3,5 m de large soit à peu près un tiers de la longueur de l'édifice (3 x 3,5 = 10,5). On retrouve quatre distances d'entraxe : 1,25 m, 1,6 m, 2 m et 2,5 m. Ce bâtiment se situe dans une zone avec de nombreuses structures. L'enchevêtrement qui en résulte affecte la perception du plan. Dans l'état actuel de l'étude, il n'est pas possible d'identifier un plus petit dénominateur commun pour ce bâtiment.

Le bâtiment Sievers 22 mesure 10,6 m de long et 6,6 m de large. Il est divisé en deux parties de 5,3 m de large par une ligne de poteaux internes. L'espacement des poteaux est de 1,1 m dans la majeure partie des cas des poteaux internes et des petits côtés et de 1,75 m dans la longueur. Dans les deux cas, la dimension relevée se répète six fois (6 x 1,75 = 10,5 et 6 x 1,1 = 6,6) et est matérialisée par les six entrecolonnements de chaque côté de l'édifice. Le rapport largeur/longueur des deux parties du bâtiment est de 1,25. Ces mesures nous montrent que cet édifice présente plusieurs rapports géométriques de diverses sortes. Un module de 1,75 m a pu être utilisé pour l'ensemble de la planification. On obtient un bâtiment de 6 modules de long et 3 modules et trois quarts de large. L'utilisation d'un module de 1,1 m est plus complexe à mettre en place dans la longueur puisqu'il faudrait le répéter 9,6363... fois. La présence de deux bases de mesure dans ce bâtiment reste problématique. L'utilisation de deux modules différents lors d'une construction est possible, mais peut avoir été contraignante durant la mise en place des poteaux à moins que ces modules aient un lien mathématique sous la forme d'un plus petit dénominateur commun : dans ce cas il existe deux plus petits dénominateurs communs pouvant correspondre avec ces mesures. Le premier est compris entre 0,275 et 0,28 m et le second entre 0,29 et 0,295 m. Dans le premier cas le module de 1,1 m mesure 4 pieds et celui de 1,75 en mesure 6 pieds et quart. Dans le second, on obtient 3 pieds et trois quarts pour 1,1 m et 6 pieds pour 1,75. En prenant en compte une coudée de 0,44 m (sur multiple d'un pied compris entre 0,29 et 0,295 m) on obtient 2 coudées et demie pour la distance 1,1 m. La correspondance de ces mesures avec un surmultiple renforce l'utilisation d'un plus petit dénominateur commun compris entre 0,29 et 0,295 m.

Le bâtiment Sievers 23 mesure 8,3 m de large et 15,5 m de long. une ligne de poteaux interne divise l'édifice en deux espaces mesurant 10 m sur 8,3 m à l'ouest et 5,5 sur 8,3 m a l'est. L'espacement des poteaux est variable. Dans la partie ouest, la largeur (5,5) correspond aux deux tiers de la longueur (8,3). Dans la seconde partie, le rapport est moins évident. Au vu des mesures prises il n'est pas possible d'aller plus loin et de déterminer un éventuel plus petit dénominateur commun.

Le bâtiment Winger 47 mesure 16,3 m de long et 6,5 m de large. Deux lignes de poteaux internes divise le bâtiment en trois portions qui mesurent, d'ouest en est, 5 sur 6,5 m, 4,1 sur 6,5 m et 7,2 sur 6,5 m. L'espace séparant les poteaux varie entre 1,3 et 1,8 m. Ce bâtiment avait déjà fait l'objet d'une étude par Franz Schubert (SCHUBERT 1994 : 170 et 173). Il propose une planification par répétition de triangles rectangles ayant pour côté 12-21-24 pieds. Il s'agit d'un triplet pythagoricien approximatif puisqu'en réalité un triangle rectangle ayant pour côté 12 et 21 présente une hypoténuse de 24,18.... Cette petite imprécision n'affecte cependant pas la

planification dans la pratique. Dans ce cas, l'utilisation de l'étalon dit de Manching fonctionne également. Nous ajouterons aux mesures et propositions de Schubert que cet étalon s'applique également à l'espacement des poteaux puisque ce dernier varie entre 4 et 6 pieds.

Le bâtiment Schubert 157 A a également fait l'objet d'une étude (SCHUBERT 1994 : 154, 156 et 159). Il mesure 19,5 m de long et 8,7 m de large. Il est divisé en trois parties de 8,7 m de long et 6,5 m de large. L'étude de Franz Schubert est encore une fois pertinente dans ce cas. On constate qu'on retrouve une mesure commune avec le bâtiment que nous évoquions précédemment (Winger 47) : 6,5 m. La présence d'une mesure commune renforce l'hypothèse de Schubert sur l'utilisation d'un étalon de 0,31 m sur ces deux bâtiments avec des principes de planification proche. Dans ce cas toutefois le triangle qui est répété présente un véritable triplet pythagoricien : 21-28-35. Il est dommage que ce dernier n'ait pas été déjà identifié par l'auteur.

2.7.3.4. Les bâtiments à plus de dix poteaux

Quatre édifices sont compris dans cet ensemble. Trois d'entre eux présentent les mêmes proportions et seront traités ensemble (Figure 163).

Le bâtiment Maier 6 mesure 6,8 m de côté. Sur les côtés nord et sud, l'entraxe des poteaux mesure 1,2 m. Au centre de ces façades, on observe la présence d'un entraxe plus large et qui mesure 1,7 m. Il pourrait s'agit de dispositifs d'entrées. Sur les façades est et ouest, l'entraxe est de 1 m entre les trois poteaux se situant au centre des façades. Ils se situent à 2,4 m des poteaux d'angles soit deux fois la valeur de l'espacement des poteaux des façades sud et nord. Les propositions de proportion de Franz Schubert (SCHUBERT 1994 : 168 et 171) ne correspondent pas aux dimensions du bâtiment. En effet le modèle qu'il souhaite appliquer est trop court pour les façades est et ouest et trop long pour les côtés nord et sud. Dans ce cas il a appliqué des proportions qu'il a vues sur un autre bâtiment dont le plan est, par ailleurs, incomplet. Il est possible cependant de planifier ce bâtiment à l'aide de triangle rectangle de proportion $1/2/\sqrt{5}$. En effet les côtés présentent la même longueur et les poteaux au centre des façades est et ouest, qui constituent vraisemblablement les poteaux faitiers se situent au centre de cette façade la divisant en deux sections de 3,4 m. Deux plus petits dénominateurs communs sont possibles dans ce cas de figure : 0,3 et 0,34 m. Le premier est plus particulièrement applicable au module de 1,2 m, mais il semblerait que le module préférentiel est de 1,7 m (l'ouverture des potentielles entrées) que l'on retrouve quatre fois dans les côtés de l'édifice et qui se compose de 5 pieds de 0,34 m. En considérant que la valeur de 1,7 m correspond à une brasse, il est également possible d'identifier un étalon de 0,28333... m.

Les bâtiments Winger 120, Sievers 8 et Sievers 39 présentent les mêmes proportions. Le premier a déjà fait l'objet d'une étude de Franz Schubert (SCHUBERT 1944 : 164-167). Encore une fois son modèle ne correspond pas aux proportions du bâtiment.

Ces bâtiments mesurent 5,8 m de large et 8 m de long. L'espacement entre les poteaux n'est

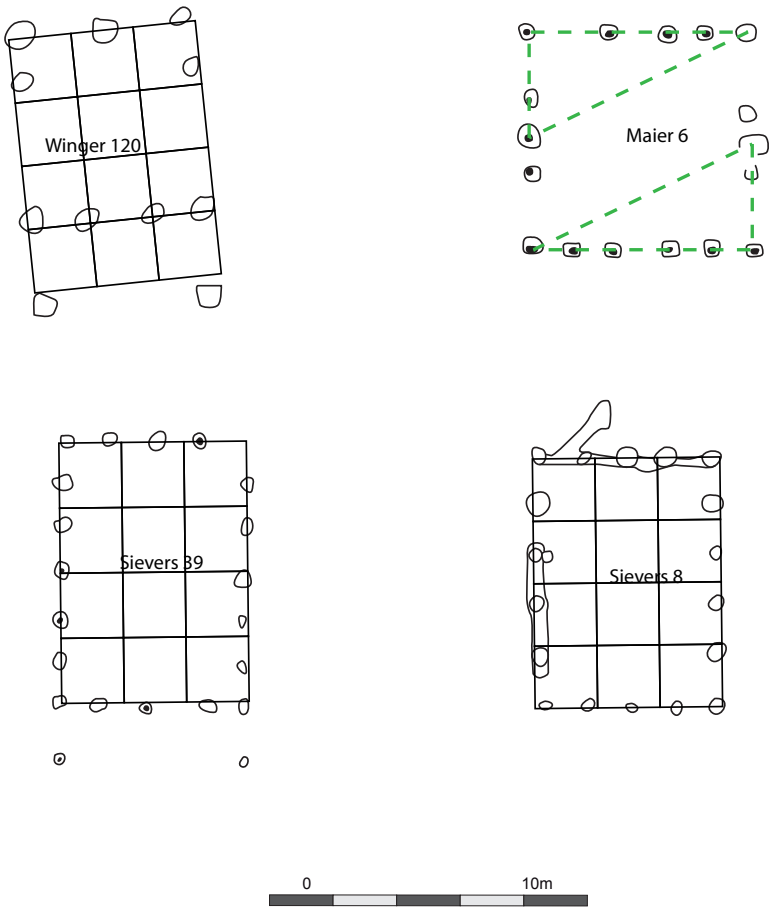


Figure 163. Plan des bâtiments de plus de dix poteaux et principes de planification identifiés.

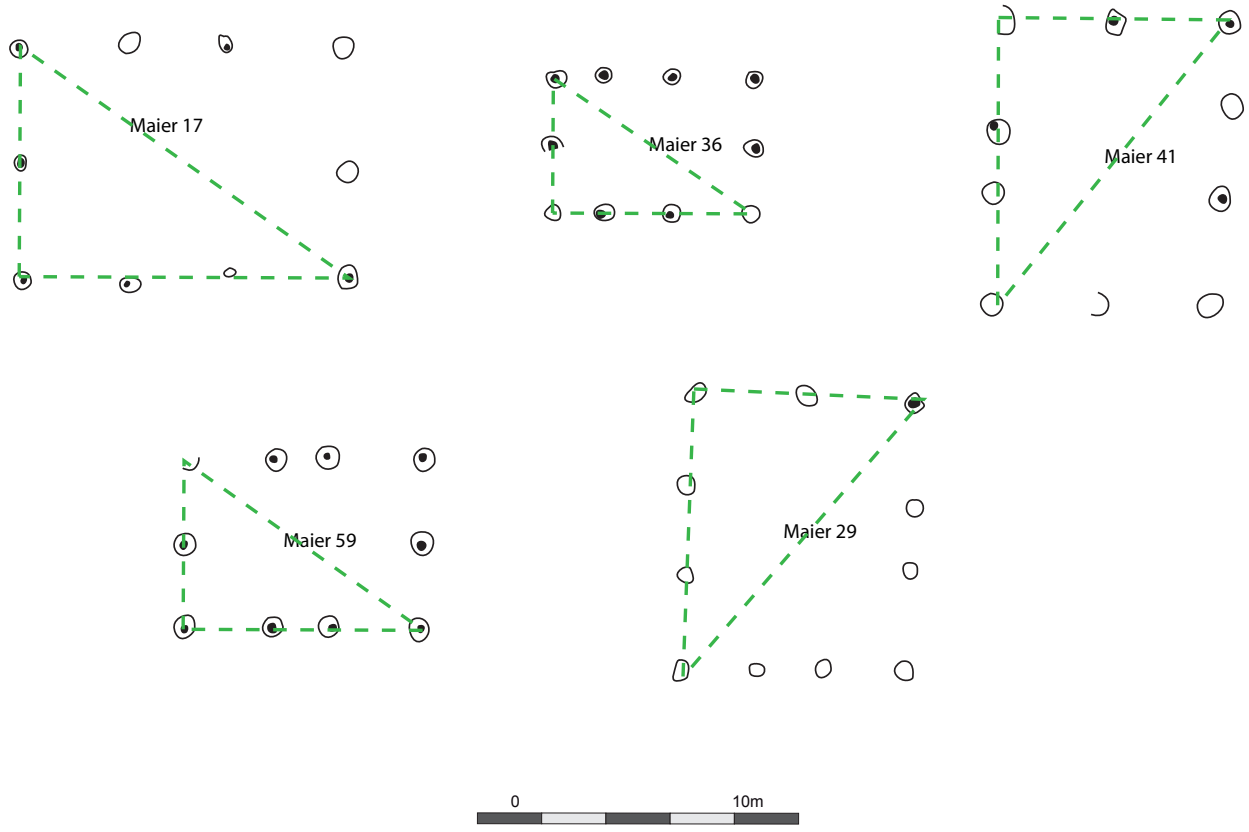


Figure 164. Plan des bâtiments à dix poteaux et principes de planification.

pas le même sur chacun des bâtiments et est variable. Les dimensions sont assez grandes pour permettre une planification à partir d'un triplet pythagoricien, mais la variabilité de l'espacement des poteaux ne permet pas de déterminer un module préférentiel. Seules les largeurs et la longueur des bâtiments sont constantes. Le rapport largeur/longueur est proche de 3/4 (0,725). Il est possible à partir de ces proportions de proposer un module compris entre 1,9 et 2 m, mais cette hypothèse ne peut pas être confirmée avec d'autres mesures.

2.7.3.5. Les bâtiments à dix poteaux

Cinq bâtiments font partie de ce groupe (Figure 164). Ils ont tous été traités par Franz Schubert (SCHUBERT 1994 : 149-155). Selon lui, ces bâtiments ont été planifiés à partir de triplets pythagoriciens en utilisant un étalon commun de 0,31 m. Si cette méthode a pu effectivement servir dans la planification de ces édifices, leurs dimensions étant suffisantes pour pouvoir le faire sur des distances significatives, la conversion des mesures exprimées par Franz Schubert ne correspond pas toujours à l'emprise des constructions. L'auteur a pu arrondir certaines valeurs pour correspondre avec le modèle.

Le bâtiment Maier 29 mesure 7 m de large et 8,6 m de long. D'après Franz Schubert on aurait ici 21 pieds de large et 28 pieds de long (triplet : 21-28-35) avec un étalon de 0,31 m. Ces mesures fonctionnent bien pour la longueur (28 x 0,31 = 8,68), mais sont assez éloignées de la valeur de la largeur (21 x 0,31 = 6,51). L'intervalle entre les poteaux est variable et aucun plus petit dénominateur commun ne peut être déterminé à partir de ces données. Il en va de même pour le bâtiment Maier 41 qui possède les mêmes dimensions et proportions que le bâtiment Maier 29.

Le bâtiment Maier 17 mesure 7,4 m de large et 10 m de long. Dans ce cas, nous rejoignons la proposition de Franz Schubert. Le modèle correspond bien au plan du bâtiment et on obtient 24 pieds de large et 32 pieds de long (triplet 24-32-40). Il en va de même pour l'édifice Maier 59 qui mesure 7,5 m de long et 5,4 m de large ou le triplet 18-24-30 peut être appliqué.

Le bâtiment Maier 36 mesure 4,2 m de large et 6,3 m de long. Le modèle de Franz Schubert est trop large pour être appliqué ici (4,7 m). L'utilisation d'un triplet pythagoricien reste cependant possible. Deux plus petits dénominateurs communs correspondent avec ces mesures : 0,28 et 0,30 m. Dans le premier cas on obtient 15 pieds de large et 22 pieds et demi de long, dans le second, 14 pieds de large et 21 de long. Parmi ces deux propositions, la première correspond à un triplet approximatif : 15-22,5-27 (27,0416...).

2.7.3.6. Les bâtiments à huit poteaux

Ce groupe comporte six bâtiments (Figure 165).

Le bâtiment Maier 49 avait déjà fait l'objet d'une étude de Franz Schubert (SCHUBERT 1994 : 156-158 et 161). Ce bâtiment mesure 6,6 m de côté et les poteaux présentent un intervalle de

3,3 m. Franz Schubert propose l'utilisation d'un triplet pythagoricien raccourci pour obtenir un carré. Une autre solution se concentrant sur l'emprise de l'édifice est possible. Le bâtiment peut être divisé en deux rectangles ayant un rapport largeur/longueur de 1/2. Il est donc possible de planifier ce bâtiment à partir de triangles rectangles ayant pour proportions 1/2/√5 à partir d'un module de 3,3 m. Dans ce cas, trois plus petits dénominateurs communs sont possibles : 0,275, 0,30 et 0,33 m. Le module de 3,3 m vaudrait alors respectivement 24, 22 et 20 pieds.

Les bâtiments Maier 10, Maier 42 et Maier 58 sont superposables et présentent les mêmes proportions. Ils mesurent 6 m de large et 9 m de long. On retrouve ici un rapport largeur/longueur de 2/3. L'intervalle entre les poteaux est de 3 m sur les petits côtés et de 4,5 m sur les longs côtés. Cette dimension de 3 m a pu servir de module dans ce cas. Elle se répète deux fois dans la largeur et trois fois dans la longueur de ces édifices. Deux plus petits dénominateurs communs sont possibles : 0,30 et 0,25 m. Dans le premier cas, le module vaut 10 pieds, dans le second, il en vaut 12.

Le bâtiment Maier 14 est allongé et mesure 13,2 m de long et 3,75 m de large. Sur les longs côtés, l'intervalle entre les poteaux est de 4,4 m. La largeur se retrouve à peu de choses près trois fois et demie dans la longueur de l'édifice (3,5 x 3,75 = 13,125). Le plus petit dénominateur commun le plus pertinent est 0,30 m. Ce dernier fonctionne toutefois mal avec la valeur des entraxes.

Le bâtiment Maier 48 est un petit bâtiment de 2,4 m de large et 3,2 m de long. Les entraxes des longs côtés mesurent 1,6 m et ceux des petits côtés 1,2 m. Il s'agit de plusieurs valeurs en lien avec la table de 4. Nous pouvons donc proposer ici un plus petit dénominateur commun d'une valeur de 0,40 m. (3 x 0,4 = 1,2, 4 x 0,4 = 1,6, 6 x 0,4 = 2,4 et 8 x 0,4 = 3,2). À partir de cela il est possible d'utiliser un triplet pythagoricien pour planifier ce bâtiment : 3-4-5 en se limitant aux entraxes, 6-8-10 en prenant en compte l'ensemble du plan.

2.7.3.7. Les bâtiments à six poteaux

Ce groupe comporte neuf bâtiments aux dimensions très variables (Figure 166).

Le bâtiment Maier 16 mesure 4 m de large et 5,5 m de long. L'intervalle entre les poteaux est de 2 m. Il a déjà fait l'objet d'une étude par Franz Schubert (SCHUBERT 1994 : 149-150 et 155). Il propose l'utilisation de triplets pythagoriciens pour planifier ce bâtiment à partir d'un étalon de 0,31 m (13,5-18-22,5 pieds) ou de 0,46 m (coudée, surmultiple du pied de 0,31 m) (9-12-15 coudées). Ce modèle correspond bien avec cet édifice et nous rejoignons ici sa proposition.

Le bâtiment Maier 20 mesure 4 m de large et 4,8 m de long. On observe le même espacement entre les poteaux que dans le cas précédent (2 m). Franz Schubert porpose le même principe que pour le bâtiment Maier 16, à savoir l'utilisation d'un triplet pythagoricien : 12-16-20 pieds de 0,31 m. Or, ce bâtiment présente la même largeur que son prédécesseur ce qui représenterait

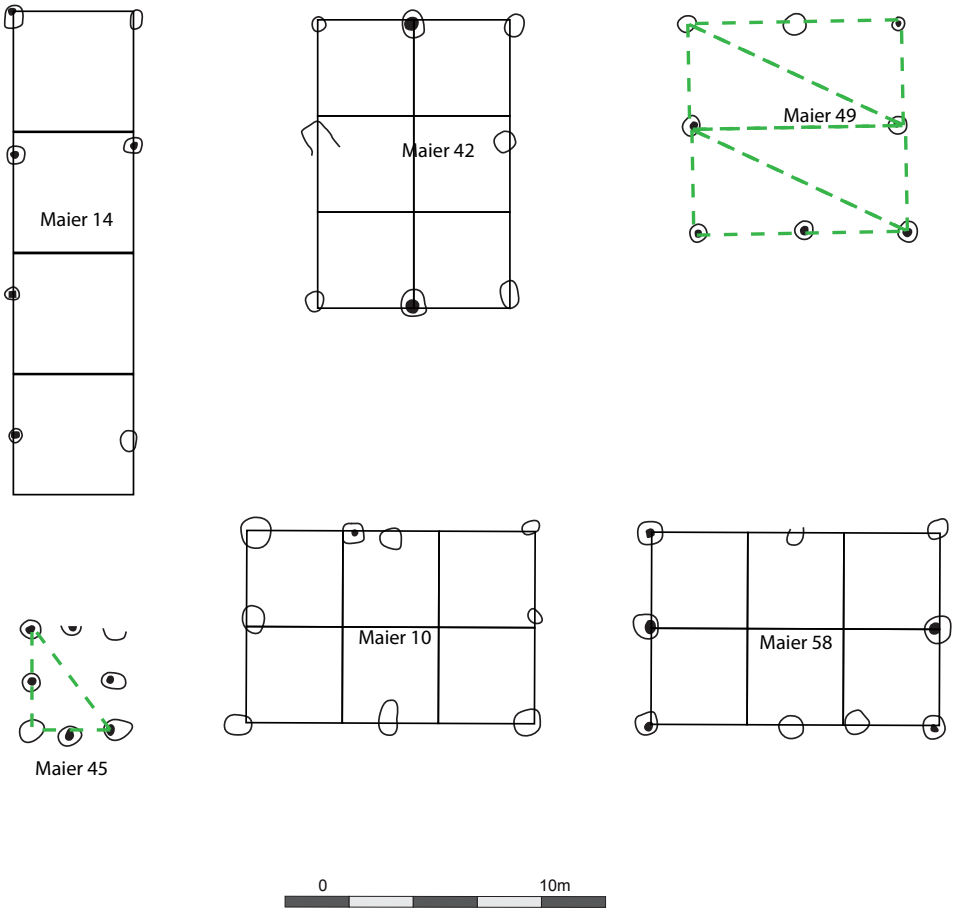


Figure 165. Plan des bâtiments à huit poteaux et principes de planification.

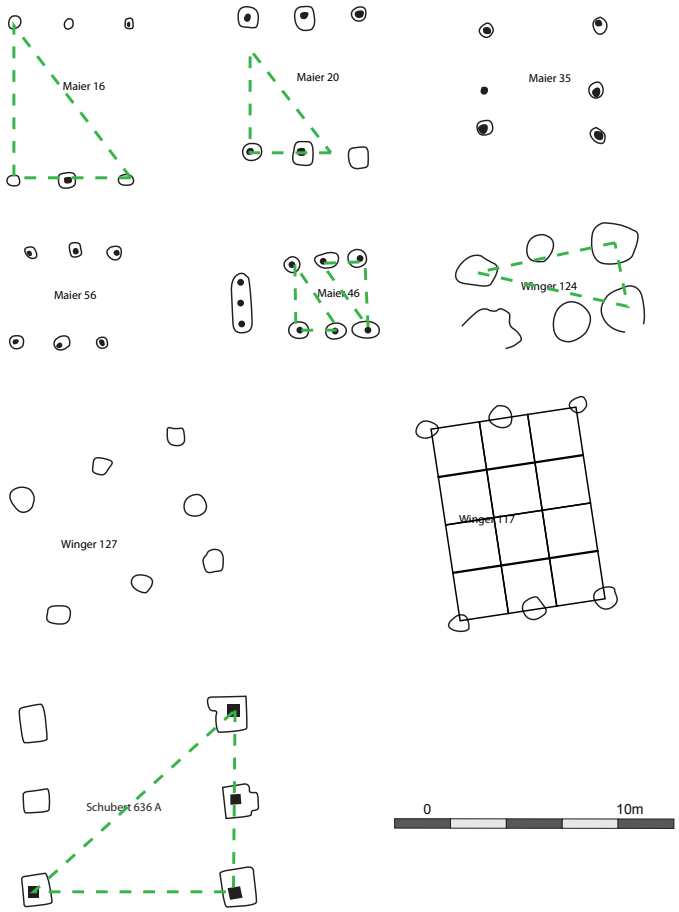


Figure 166. Plan des bâtiments à six poteaux et principes de planification.

plutôt 13,5 pieds. Il en va de même pour sa longueur qui devrait plutôt s'exprimer en 15,5 pieds en gardant cet étalon. De telles valeurs ne correspondent pas à un triplet pythagoricien, mais cela n'empêche pas d'utiliser ce principe avec des portions de distance (9-12-15 par exemple). Il faut cependant dire qu'un autre plus petit dénominateur commun est possible : 0,32 m. On obtient alors 12,5 pieds de large pour 15 pieds de long, mais cet étalon pose les mêmes problèmes que 0,31 m pour ce bâtiment.

Le bâtiment Maier 35 mesure 4 m de côté. Les entraxes sont irréguliers. Le nombre de mesures pouvant être effectuées sur ce bâtiment n'est pas assez élevé pour permettre une étude métrologique pertinente.

Le bâtiment Maier 56 mesure 3,1 m de côté et possède des entraxes irréguliers. Nous sommes contraints de faire le même constat que précédemment.

Le bâtiment Maier 46 est un petit bâtiment sur six poteaux auquel on adjoint une tranchée comportant trois poteaux situés à 1,8 m à l'ouest de l'ensemble principal. Ce dernier mesure 2,4 m de côté et possède des entraxes de 1,2 m. Il est ainsi possible de planifier ce bâtiment à partir de triangles rectangles ayant $1/2/\sqrt{5}$ pour proportions. Le plus petit dénominateur commun à ces mesures est 0,30 m. L'ensemble de l'aménagement mesurerait ainsi 10 pieds de long et 8 pieds de large

Le bâtiment Winger 117 mesure 7 m de long sur 5,3 m de large. Ces mesures correspondent à un rapport largeur/longueur de 3/4 évoquant la possible utilisation du triplet 3-4-5 à partir d'un module de 1,75 m. Le plus petit dénominateur commun le plus pertinent ici est 0,29 m. Le module en question mesurerait ainsi 6 pieds soit une brasse.

Le bâtiment Winger 124 mesure 5 m de long et 2,5 m de large. Nous avons choisi de mesurer ces distances à partir du centre des trous de poteaux. Ces derniers sont particulièrement grands (1,6 m de diamètre) et l'emplacement exact des poteaux est inconnu. Dans son étude (SCHUBERT 1994 : 164-167), Franz Schubert suggère l'utilisation du triplet approximatif 4-7-8 multiplié par deux en proposant les distances 8-14-16. Dans ce cas, le modèle s'applique à la limite de l'emprise des trous de poteaux. En l'absence des négatifs nous ne pouvons infirmer cette hypothèse. En postulant que les poteaux se situent au centre des trous, on obtient un rapport largeur/longueur de 1/2, qui renvoie à a possibilité d'une planification à l'aide d'un triangle rectangle de proportion $1/2/\sqrt{5}$.

Le bâtiment Winger 127 mesure 6 m de long et 4,8 m de large. Dans ce cas, encore une fois, l'absence des négatifs de poteaux dans des trous de grandes dimensions est préjudiciable pour l'étude. Franz Schubert propose l'utilisation d'un triplet 15-20-25 à partir d'un étalon de 0,31 m (SCHUBERT 1994 : 149-151). En l'absence de données plus précises, nous ne pourrons pas aller plus loin.

Le bâtiment Schubert 636 A mesure 6,5 m de large et 7,5 m de long. Nous rejoignons ici la proposition de Schubert qui suggère un modèle de 21 pieds sur 24 pieds de 0,31 m et un rapport

largeur/longueur de 7/8 (SCHUBERT 1994 : 168 et 171).

2.7.3.8. Les bâtiments à quatre poteaux et parois déportées

Six bâtiments de ce type ont été intégrés dans cette étude (Figure 167). À l'époque où Franz Schubert publie son travail, les édifices présentant ce plan n'étaient pas encore bien identifiés. Aussi, seul le bâtiment Maier 2 avait été traité par Franz Schubert, mais au vu des nouvelles avancées sur la restitution des bâtiments à parois déportées nous ne pouvons tenir compte de cette étude (SCHUBERT 1994 : 154 et 157).

Le module porteur du bâtiment Maier 2 mesure 5,4 m de long et 3,4 m de large. Les poteaux marquant l'emplacement de l'entrée présentent un entraxe de 1,95 m. Il s'agit également de la distance qui sépare ce dispositif du module porteur. La longueur du module porteur correspond à 2 fois et trois quarts de la valeur de l'ouverture et sa largeur 1 fois et trois quarts de cette même valeur. Il est possible qu'un module valant un quart de 1,95 (0,4875 m) ait pu être utilisé pour planifier cet édifice. Ces valeurs nous renvoient vers un plus petit dénominateur commun d'une valeur de 0,325 m. Ces dimensions correspondent à un ensemble de multiples métrologiques : 1 brasse de 1,95 m vaut 4 coudées de 0,4875 ou 6 pieds de 0,325.

Le bâtiment Maier 9 mesure 5,8 m de long et 5 m de large au niveau de son module porteur. Il présente deux paires de poteaux pouvant matérialiser l'emplacement d'entrées. Au nord, celle-ci mesure 1,8 m de large. La détermination de l'ouverture sud est plus complexe car un des poteaux n'a pas été perçu en totalité. L'ouverture présente néanmoins les mêmes proportions que son équivalent au nord. Cette valeur de 1,8 m se retrouve trois fois et quart dans la longueur du module porteur et deux fois trois quarts dans sa largeur. Un module valant un quart de 1,8 a pu être utilisé à savoir 0,45 m. On retrouverait dès lors l'ensemble des multiples d'un pied de 0,30 m.

Le module porteur du bâtiment Maier 11 mesure 5,4 m de long et 4,4 m de large et possède une entrée de 1,95 m de large qui se situe à 1,95 m de la structure porteuse. On retrouve cette valeur deux fois trois quarts dans la longueur du module porteur et deux fois et quart dans sa largeur. On retrouve dès lors les mêmes dénominateurs que pour le bâtiment Maier 2, à savoir 1 brasse de 1,95 m vaut 4 coudées de 0,4875 ou 6 pieds de 0,325.

Le bâtiment Winger 65 possède un module porteur de 5,6 m de long et 3,6 m de large avec un dispositif d'entrée de 2 m de large. Ce plan se distingue des autres évoquées précédemment par la proximité entre l'entrée et la structure porteuse (0,50 m environ, les négatif n'étant pas conservé aucune mesure précise ne peut être donnée). Il n'y a pas de rapport métrologique entre les différentes mesures évoquées. Dans ce cas l'ensemble des éléments connus du bâtiment sont inscrits dans un cercle 7 m de diamètre. L'espace séparant les poteaux du module porteur de leur plus proche voisin du dispositif d'entrée est de 1 m. L'emplacement des poteaux peut être déterminé en divisant le cercle en portions égales de 1 m. Ceci équivaut à la division d'un cercle en 20 sections de même dimension. Le plus petit dénominateur commun de ces mesures est 0,325

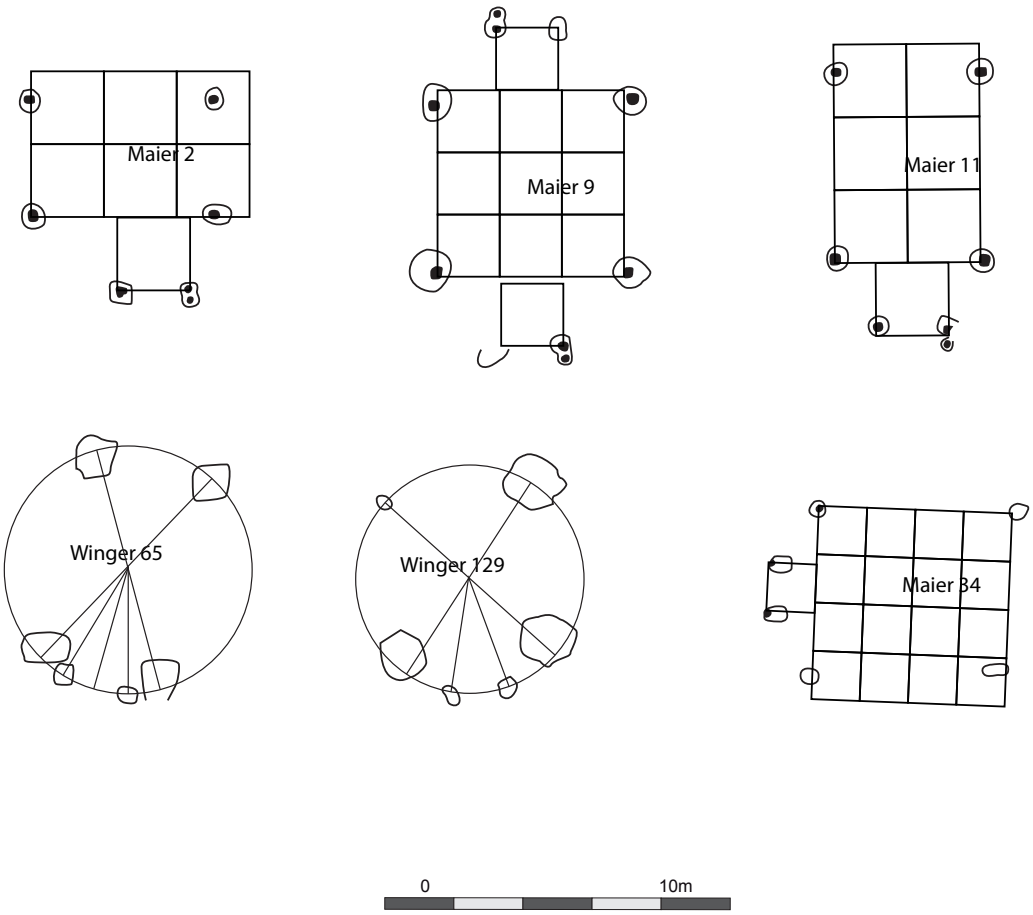


Figure 167. Plan des bâtiments à quatre poteaux et parois déportées et principes de planification.

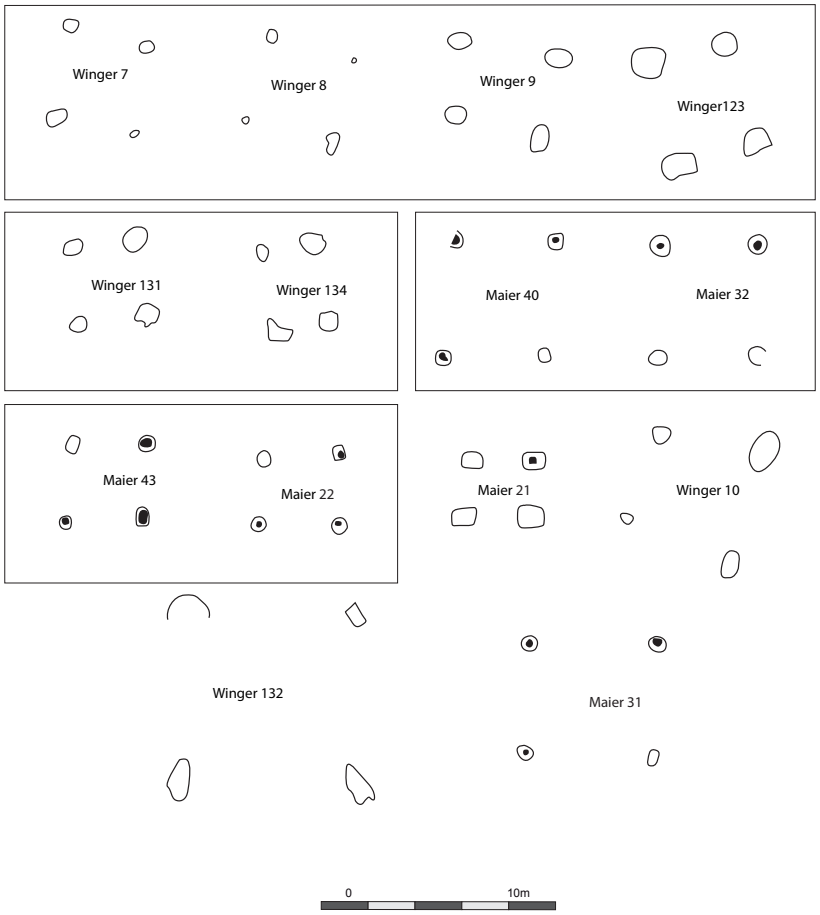


Figure 168. Plan des bâtiments à quatre poteaux et groupes de proportions.

+/- 0,005 m.

Le bâtiment Winger 129 présente un module porteur de 4,2 m de large et 4,6 m de long avec une entrée de 1,6 m de large. C'est également la distance séparant les poteaux porteurs de leur plus proche voisin de l'entrée. Il est possible d'obtenir le plan de ce bâtiment en divisant un cercle de 6,6 m de diamètre en 13 portions égales grâce à un intervalle de 1,6 m. Aucun plus petit dénominateur commun ne peut être déterminé ici.

Le bâtiment Maier 34 a un module porteur de 5,6 m de long et 4,9 m de large avec une entrée de 1,4 m. Ce bâtiment n'est pas inscrit dans un cercle par contre la longueur du module porteur correspond à quatre fois la valeur de l'ouverture et sa largeur à trois fois et demie 1,4 m. Ces valeurs permettent de planifier ce bâtiment à partir du 3-4-5 et d'un module de 1,4 m. Deux plus petits dénominateurs communs sont possibles dans ce cas : 0,28 m et 0,35 m. Dans le premier cas, le module vaudrait 5 pieds tandis qu'il en vaudrait 4 dans le second.

2.7.3.9. Les bâtiments à quatre poteaux

Quatorze bâtiments sur quatre poteaux ont été recensés (Figure 168). Les propositions de Franz Schubert ne sont convaincantes dans aucun des cas. C'est vraisemblablement le cas parce qu'il a tenté d'appliquer un modèle défini sur d'autres édifices, mais ce modèle ne correspond pas à ce type de bâtiment. Trop peu de mesures peuvent être effectuées ce qui rend les analyses métrologiques complexes. Le seul moyen de percevoir une éventuelle régularité et de rechercher des groupes de proportions en superposant les plans. Cinq groupes ont pu être identifiés ici.

Le premier comporte quatre bâtiments mesurant 4 m de long et 3,6 m de large (Winger 7, Winger 8, Winger 9 et Winger 123). Aucun principe géométrique ou plus petit dénominateur commun ne peut être défini.

Le second ensemble comporte les bâtiments Winger 131 et 134 qui mesurent 3,2 m de long sur 2,6 m de large. Ces mesures peuvent correspondre à un plus petit dénominateur commun compris entre 0,32 et 0,325 m. Ces édifices mesureraient alors 10 pieds de long et 8 pieds de large.

Le groupe 3 correspond aux bâtiments Maier 40 et 32. Ces derniers mesurent 5 m de long et 4,2 m de large. Aucun principe géométrique ou plus petit dénominateur commun ne peut être défini.

Le groupe 4 rassemble les bâtiments Maier 22 et 43 dont les côtés mesurent 3,3 m. Il s'agit de l'unique valeur pouvant être tirée du plan de ces bâtiments ce qui rendrait une proposition de plus petit dénominateur commun sujette à trop forte caution.

Les quatre bâtiments restants font partie du groupe 5. Ces bâtiments ne présentent aucun rapport commun.

Le bâtiment Maier 21 mesure 2,5 m de côté. Il s'agit de l'unique valeur pouvant être tirée du

plan de ces bâtiments ce qui rendrait une proposition de plus petit dénominateur commun sujette à forte caution.

Le bâtiment Maier 31 mesure 5,5 m de long sur 4,5 m de large. Aucun principe géométrique ou plus petit dénominateur commun ne peut être défini.

Le bâtiment Winger 10 mesure 3,6 m à l'ouest, 4,5 m au sud, 5 m à l'est et 4,6 m au nord. Ce plan est particulièrement irrégulier et empêche toute réflexion métrologique. Il n'est pas certain qu'il s'agisse d'un bâtiment.

Le bâtiment Winger 132 mesure 7,2 m de côté. Il pourrait s'agir d'un bâtiment à parois déportées dont les indices permettant la restitution de ce type de plan n'ont pas été perçus lors de la fouille. Du fait de l'absence d'autres valeurs mesurées, il n'est pas possible de procéder à une analyse métrologique dans de bonnes conditions.

2.7.4. Conclusion

Au terme de la reprise des données de Manching, il convient désormais de nuancer les hypothèses de Franz Schubert. Nous l'avons vu, ses réflexions se fondent dans la plupart des cas sur des plans incomplets dont les restitutions suscitent le débat. Il applique des modèles qui fonctionnent bien sur certains bâtiments à l'ensemble d'un corpus de qualité inégale. Dans un premier temps, nous avons restreint le corpus de bâtiments à ceux dont le plan était complet et nous avons pris en compte l'emplacement des négatifs de poteaux lorsqu'ils étaient connus. Ceci nous a permis d'identifier quatorze plus petits dénominateurs communs allant de 0,25 à 0,40 m sur un corpus de cinquante-huit bâtiments au total (seuls vingt-huit bâtiments permettaient l'identification d'un plus petit dénominateur commun). L'étude a également permis de conforter les hypothèses de Franz Schubert quant aux principes géométriques appliqués à la planification. Les bâtiments possèdent des rapports largeur/longueur de 1/2, 2/3, 3/4 ou encore 4/7, exception faite des longs bâtiments à deux nefs où la répétition du module dans la longueur de la construction est plus importante. Cinq bâtiments ont également pu être planifiés en divisant un cercle en portions égales afin de définir l'emplacement des poteaux principaux. Cette technique avait déjà été proposée par Franz Schubert dans le cas des temples de Manching. Il est également possible de l'appliquer à deux autres bâtiments avec un plan à parois déportées (les bâtiments Winger 65 et Winger 129).

Les propositions de Franz Schubert sur les principes mathématiques entrant en jeux dans la planification des bâtiments restent d'actualité, et ce même si l'identification des formes peut être remise en cause. C'est notamment le cas pour les bâtiments à parois déportées dont certains exemplaires peuvent être planifiés à partir de la division du cercle (cf infra Chapitre III 1.3.). Il faut cependant restreindre sa typologie initiale qui comporte trop de classe et aboutissant dans certains cas au classement d'un bâtiment par type. Cette typologie est d'autant plus simple a restreindre qu'elle se fonde principalement sur une méthode de base et ses dérivés (par exemple le 3-4-5 pour méthode fondamentale et les autres triplets pythagoriciens successif pour dérivés).

Concernant l'existence d'un étalon dit de Manching, en revanche, cette étude montre bien la variabilité des modules et des plus petits dénominateurs communs et va dans le sens d'une réinterprétation de l'objet découvert par Franz Schubert (SCHUBERT 1992). Au vu des informations recueillies lors de cette étude, l'hypothèse de Katja Winger, réinterprétant l'objet comme un élément de fléau de balance (dont les dimensions ont pu éventuellement être normées) (WINGER 2015 : 10-13), nous paraît la plus appropriée. Sur les cinquante-huit bâtiments étudiés, vingt-huit ont permis l'identification de plus petits dénominateurs communs. On dénombre quatorze plus petits dénominateurs communs potentiels différents (Figure 169).

	0,25	0,255	0,26	0,265	0,27	0,275	0,28	0,285	0,29	0,295	0,3	0,305	0,31	0,315	0,32	0,325	0,33	0,335	0,34	0,345	0,35
Porte 1													X	X	X						
Porte 2													X	X	X						
Porte 3													X	X	X						
Maier 54							X								X						X
Sievers 22									X	X											
Winger 47													X								
Schubert 157 A													X								
Maier 6							X				X								X		
Maier 17													X								
Maier 59													X								
Maier 36							X				X										
Maier 49						X					X						X				
Maier 10	X										X										
Maier 42	X										X										
Maier 58	X										X										
Maier 14											X										
Maier 48	0,4																				
Maier 16													X								
Maier 20													X		X						
Maier 46											X										
Winger 117									X												
Schubert 636 A													X								
Maier 2																X					
Maier 9											X										
Maier 11																X					
Winger 65															X	X	X				
Maier 34							X														X
Quatres poteaux Groupe 2															X	X					

Figure 169. Tableau récapitulatif des plus petits dénominateurs communs identifiés sur l'oppidum de Manching.

2.8. La Viereckschanze de Mšecke Žehrovice

2.8.1. Introduction

Ce site est principalement occupé de La Tène B2 à La Tène D1 et sa surface totale est estimée à environ 10,3 hectares. Deux grandes phases se distinguent : la première, à La Tène B2/C1, correspond à un habitat comportant diverses activités spécialisées, dont le travail de la sapropélite ainsi que la production et le travail du fer. Aux alentours de La Tène C1/C2, on assiste à la mise en place d'une enceinte de type Viereckschanze d'une superficie de 1,71 hectare. Dans un premier temps, il s'agit d'un enclos palissadé qui sera par la suite réaménagé avec un talus et un fossé (Figure 170). Plus tard, cette enceinte sera divisée en deux portions quadrangulaires par un nouveau système combinant un fossé et un talus. Peu de bâtiment a été découvert à l'intérieur de

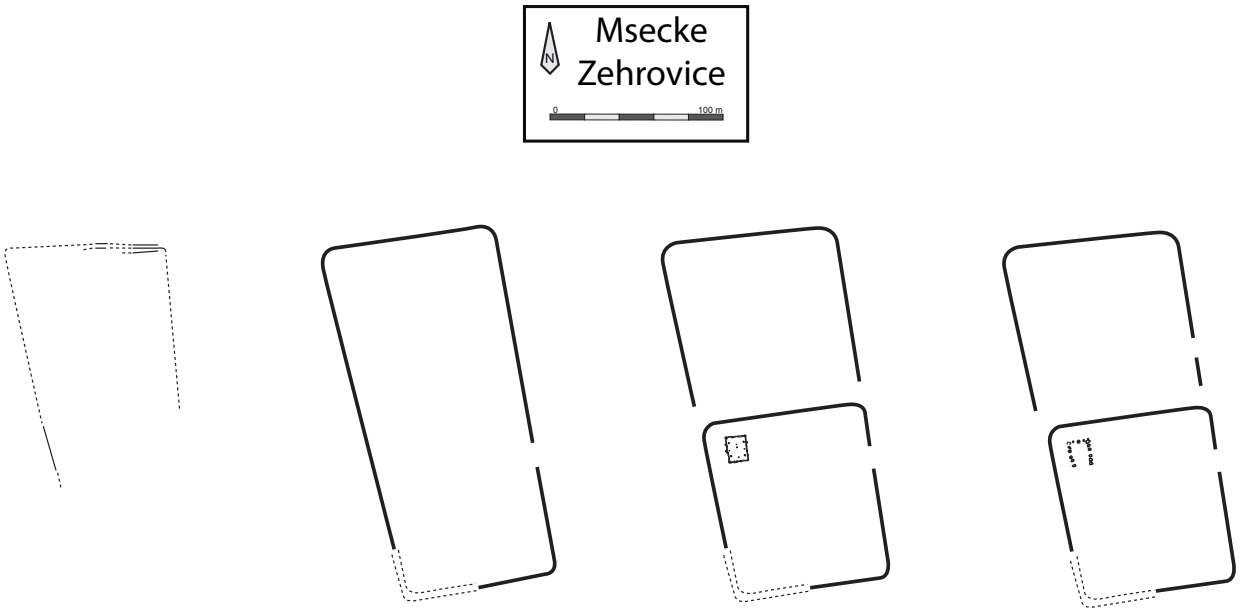


Figure 170. Plan schématique de l'évolution de l'enclos, d'après Venclova 1998, modifié.

cet espace. Il faut toutefois mentionner la découverte d'un bâtiment à parois déportées qui a été reconstruit très rapidement. L'organisation du site et la découverte d'une sculpture représentant une tête humaine datant probablement du IIIe siècle avant notre ère, laisse présager d'une fonction rituelle au sein de l'enclos. Au cours de La Tène C2/D1, le site prend plus vraisemblablement la forme d'un simple établissement agricole.

2.8.2. L'enclos

L'enclos est de plan rectangulaire et mesure 105 m de large pour 195 m de long sur le côté est et 210 m de long pour le côté ouest. Un talus divise l'espace en deux sections de plan rectangulaire mesurant 93 m sur 105 m pour la section nord et 111 m sur 105 m sur la section sud. On constate que le plus long côté de l'enclos correspond à deux fois sa largeur (105 x 210 m). Il est possible que le théorème de Pythagore ait pu être utilisé pour planifier le côté sud et ouest de l'enclos. Ces derniers forment un angle droit. On obtient alors un triangle rectangle avec un rapport largeur/longueur de 1/2 et dont l'hypoténuse vaut alors √5 (JENSENIUS 2001 : 91-94, Figure 171). L'angle nord-est de l'enclos peut être obtenu en traçant deux cercles de 105 m de rayon. Le premier ayant pour centre l'angle nord-ouest de l'enclos et le second le centre de l'hypoténuse du triangle évoqué précédemment. Ces deux cercles se croisent à l'emplacement de l'angle nord-est de l'enclos (Figure 172). Il est intéressant de constater qu'en traçant la droite passant par le croisement entre le cercle ayant pour centre l'angle nord-ouest et le grand côté du triangle, et le centre de l'hypoténuse, on obtient l'axe du talus qui viendra diviser l'enclos en deux parties dans une phase plus récente. Dans le même temps, on dessine également deux triangles rectangles de 105 m de long et 52,5 m de large, dont les rapports, sont identiques au premier triangle rectangle (1/2/√5) (Figure 173).

Cette ligne de division de l'enclos est tout à fait cohérente avec l'enclos initial. Aussi il est

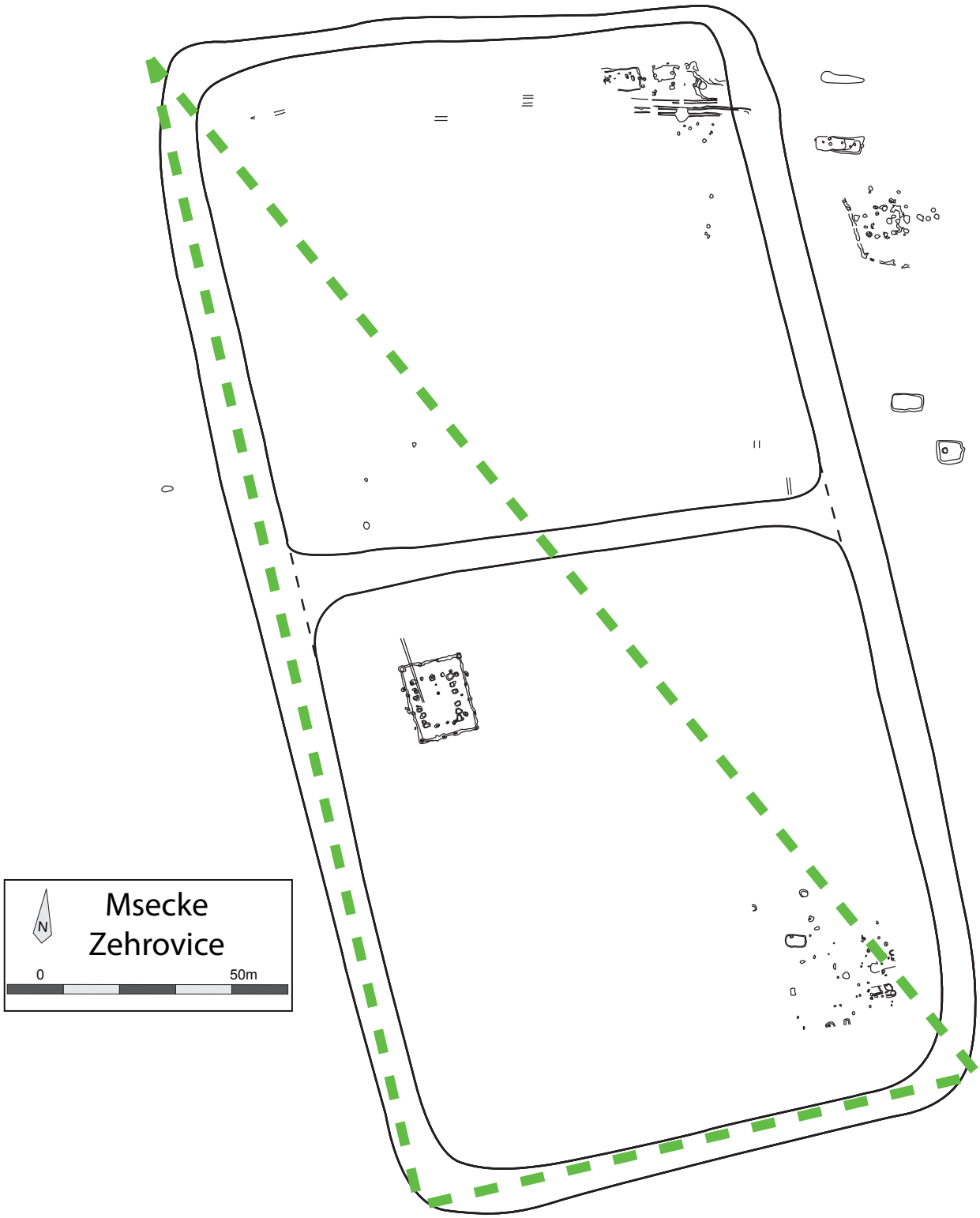


Figure 171. Plan général du site et triangle rectangle avec le rapport 1/2/√5.

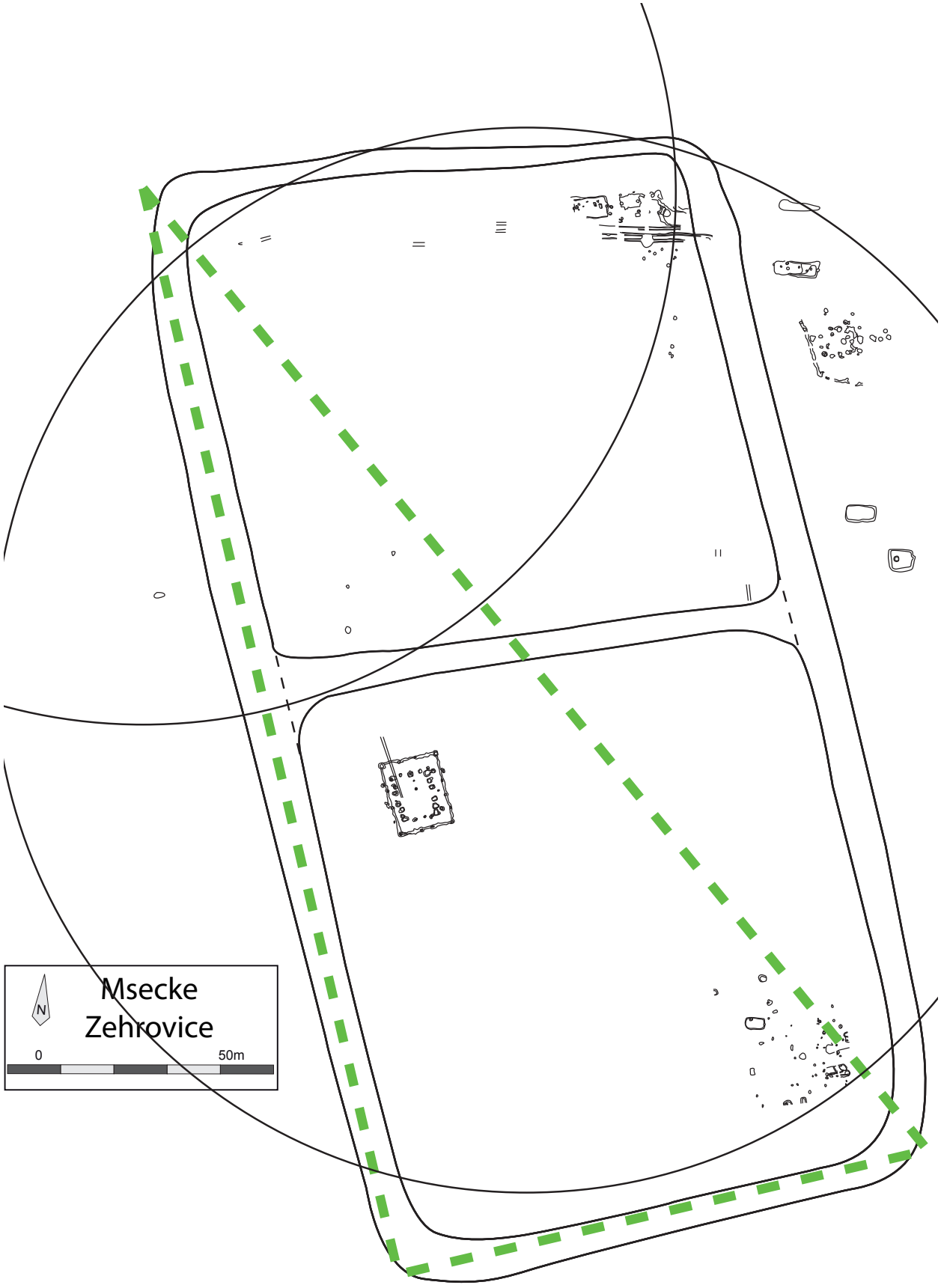


Figure 172. Obtention du coin nord-est de l'enclos.

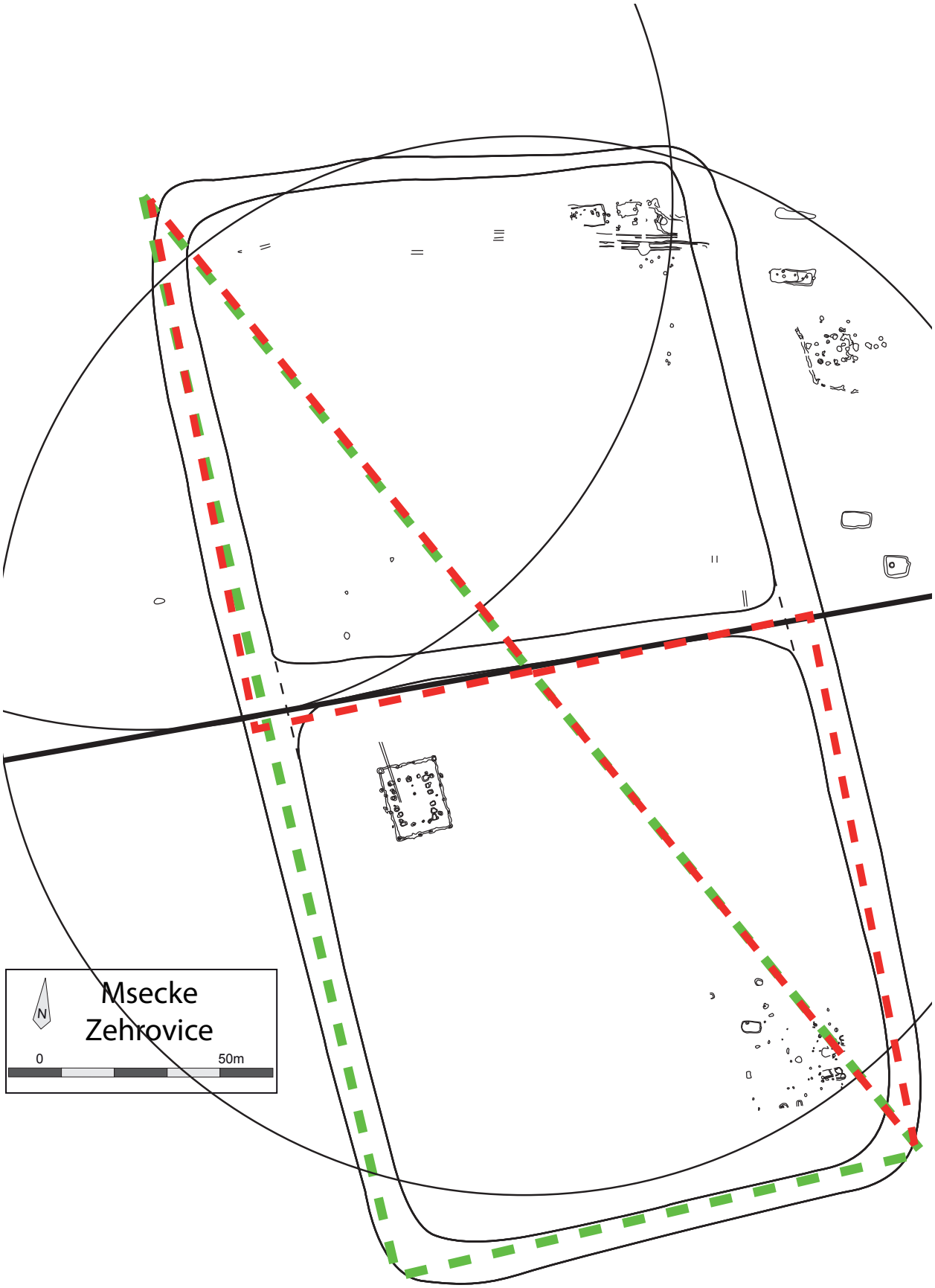


Figure 173. Matérialisation de l'axe de division de l'enclos en gras et triangle 1/2/√5 supplémentaires en rouge.

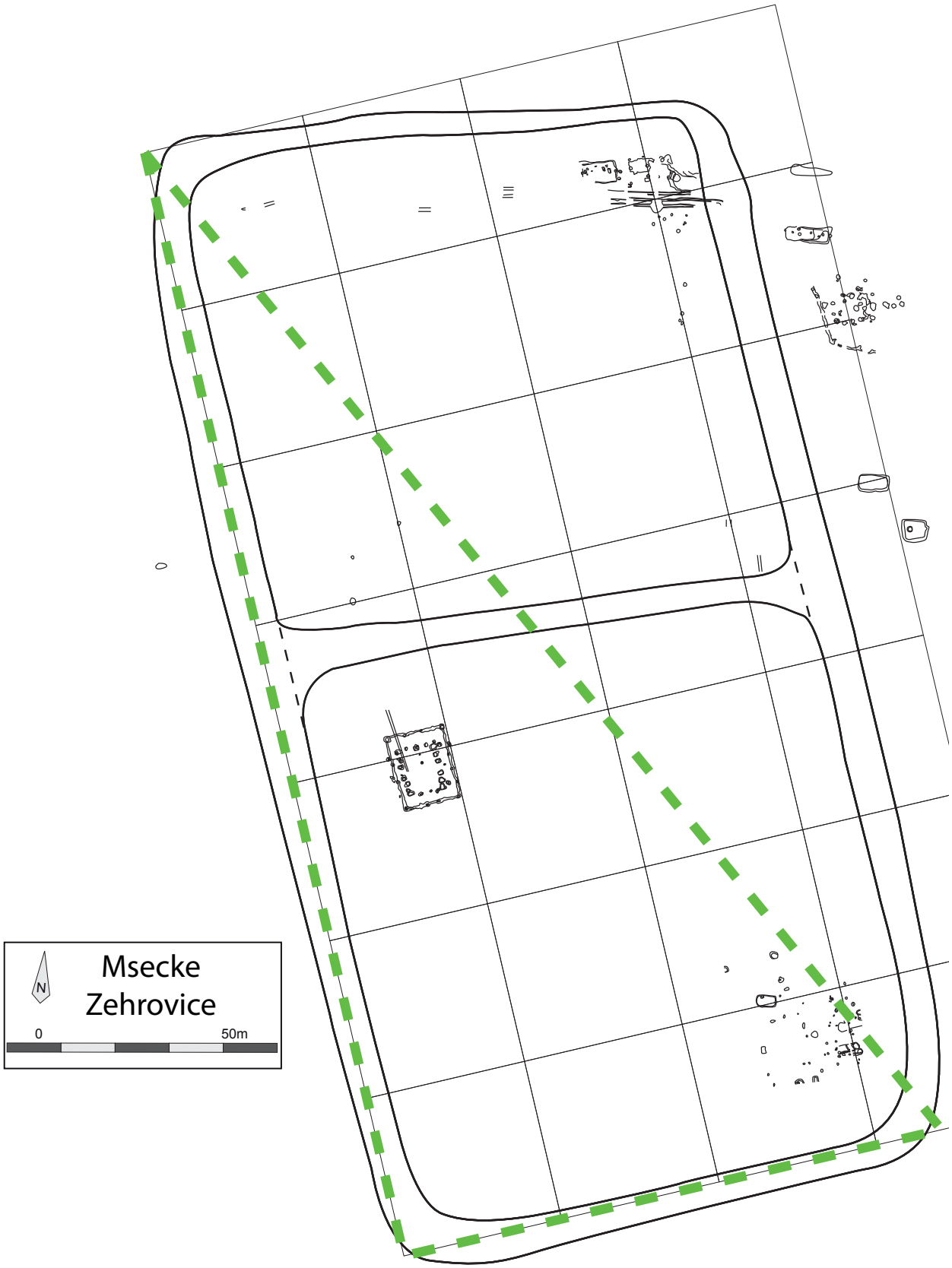


Figure 174. Plan général du site, avec sa grille modulaire et le triangle évoqué précédemment. Chaque carré mesure 30 m de côté.

possible que l'idée de cette subdivision de l'espace ait pu être prévue dès l'origine du projet, mais n'a été réalisée que plus tard. Si cette réalisation n'a pas été prévue dès le projet initial, elle découle d'une réflexion rigoureuse menée à partir des éléments préexistants, soit grâce à une ou plusieurs personnes ayant gardé le souvenir des premiers travaux, soit suite à de nouvelles mesures préalables au chantier.

Les mesures prises sur l'enclos ont pour plus petit dénominateur commun 0,30 m. L'enclos mesure ainsi 350 pieds de large, 650 pieds de long sur le côté est et 700 pieds pour le côté ouest. Après division de l'enclos en deux parties, la section nord mesure 310 pieds de large et 350 pieds de long et la section sud, 350 pieds de large et 370 pieds de long (Figure 174). Les deux triangles rectangles obtenus à la fin du raisonnement géométrique mesurent alors 350 pieds de long et 175 pieds de large.

2.8.3. Les bâtiments

2.8.3.1. Le bâtiment 0/87

Ce bâtiment présente deux phases et a déjà fait l'objet de plusieurs propositions de restitution. La première, menée par Natalia Venclova (VENCLOVA 1991 : 139-145), en particulier celle concernant la première phase de l'édifice, fut reprise par Franz Schubert pour son étude métrologique (SCHUBERT 1995 : 165-166 et 172). L'élévation prenait alors la forme d'un bâtiment avec un plan de type *fanum* avec une galerie périphérique entourant un bâtiment de plan carré (Figure 175). Par la suite, une nouvelle proposition de restitution de Petr Drda (VENCLOVA 1998 : 259-263) est publiée. Ce dernier restitue un bâtiment à parois déportées sur quatre poteaux porteurs pour la première phase et un bâtiment de plan rectangulaire s'appuyant sur 15 poteaux et s'ouvrant au sud (Figure 176). Nous rediscuterons ces propositions de restitution dans les parties consacrées à chacune des phases.

La phase I

Cette première phase se compose d'une structure interne de quatre poteaux dont les dimensions sont assez irrégulières (6,9 m de large à l'ouest, 7,2 m de large à l'est, 7,2 m de long au sud et 7,8 m de long au nord). À cela il faut ajouter une tranchée de fondation de palissade de plan rectangulaire dans laquelle on retrouve quelques trous de poteaux entourant la structure porteuse et mesurant 13 m de long et 9,75 m de large dans sa portion sud et 9,8 m de large dans sa portion nord.

En appliquant une grille modulaire se fondant sur un module de 3,25 m de côté on constate que le bâtiment présente un rapport longueur largeur de 4/3. Avec un tel rapport, il est aisé de proposer l'utilisation du théorème de Pythagore dans la planification de ce bâtiment.

Pour la structure centrale, deux plus petits dénominateurs communs sont possibles : 0,30 et 0,325. Ce dernier correspond également le mieux pour le reste du bâtiment. L'irrégularité de la

structure porteuse nous enjoint à nous concentrer principalement sur l'emplacement des parois, mais il faut relever le fait que chaque poteau de la structure centrale se situe à 3,25 m d'un poteau d'angle. Ainsi le bâtiment mesure 40 pieds de long sur 30 pieds de large (renvoyant à la grille modulaire évoquée précédemment) (Figure 177) et les poteaux centraux se trouvent à 10 pieds d'un poteau d'angle sur une droite reliant le poteau d'angle au centre du petit côté opposé (Figure 178).

Ces mesures diffèrent de l'étude menée par Franz Schubert (SCHUBERT 1995 : 172). Ce dernier n'a pas pris en compte l'emplacement précis de la paroi et des poteaux et s'est principalement concentré sur la structure centrale et sur les limites extérieures de chaque structure (à l'inverse, nous avons pris en compte l'emplacement des poteaux). L'irrégularité de la structure centrale lui a permis de caler un modèle qui, une fois appliqué aux pourtours de l'édifice, se révèle inapproprié puisqu'il outrepasse les limites du bâtiment. Cette vision fût également

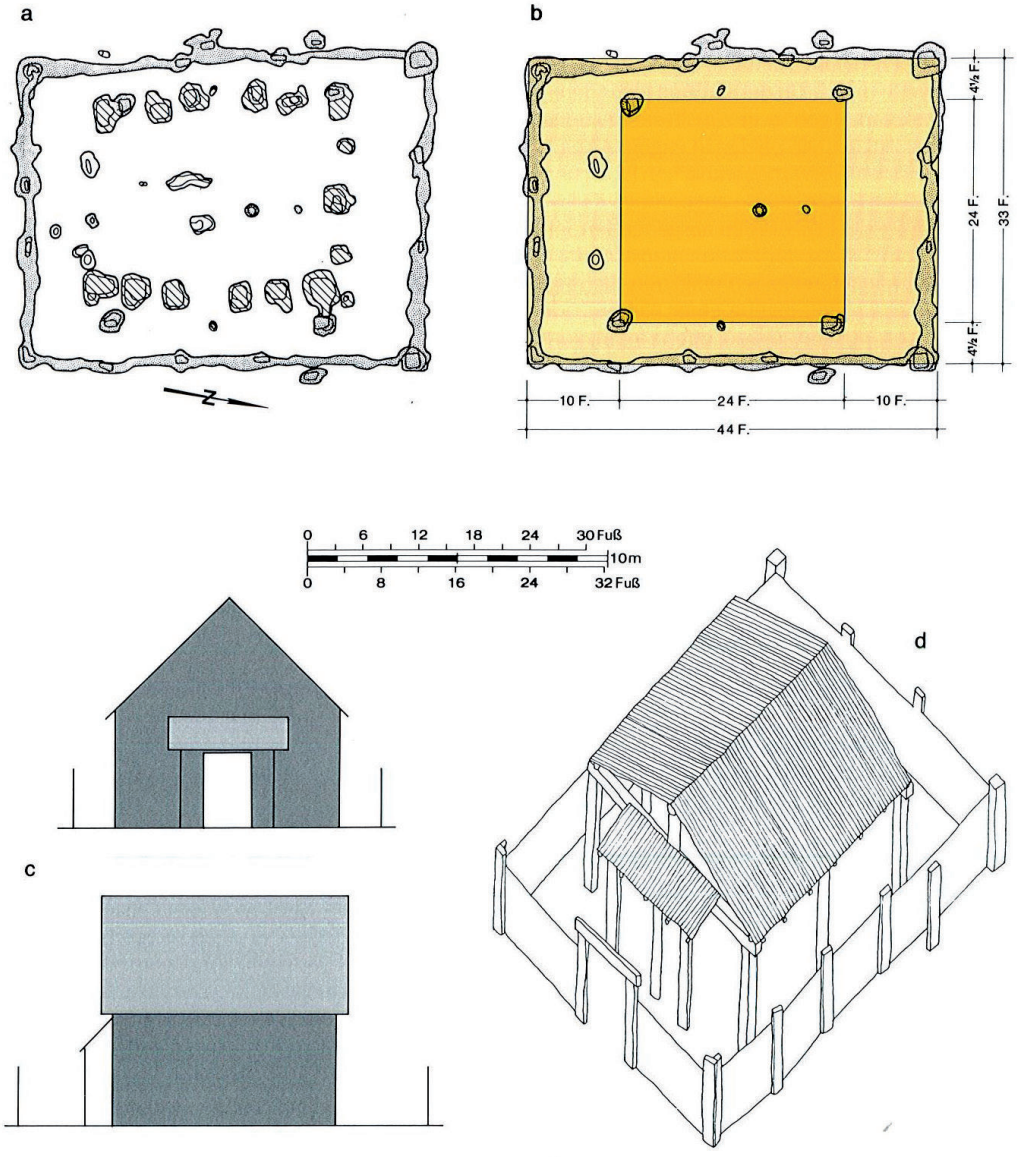


Figure 175. Plan toutes phases confondues, rapport métrologique et proposition de restitution de la première phase du bâtiment 0/87 d'après SCHUBERT 1995 : 172

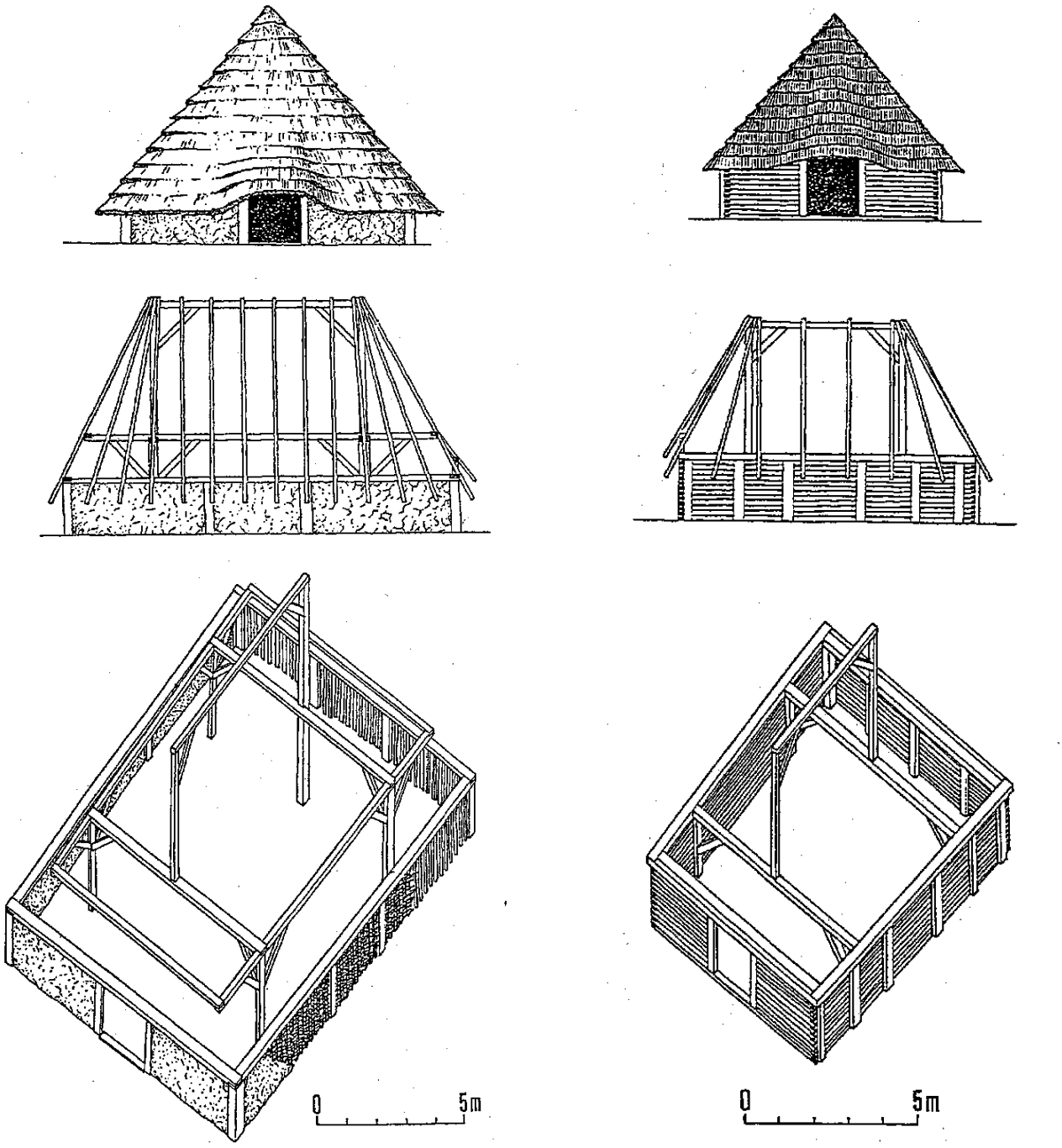


Figure 176. Restitution de la première (à gauche) et de la seconde (à droite) phase du bâtiment 0/87 d'après Drda dans VENCLOVA 998 : 261-262.

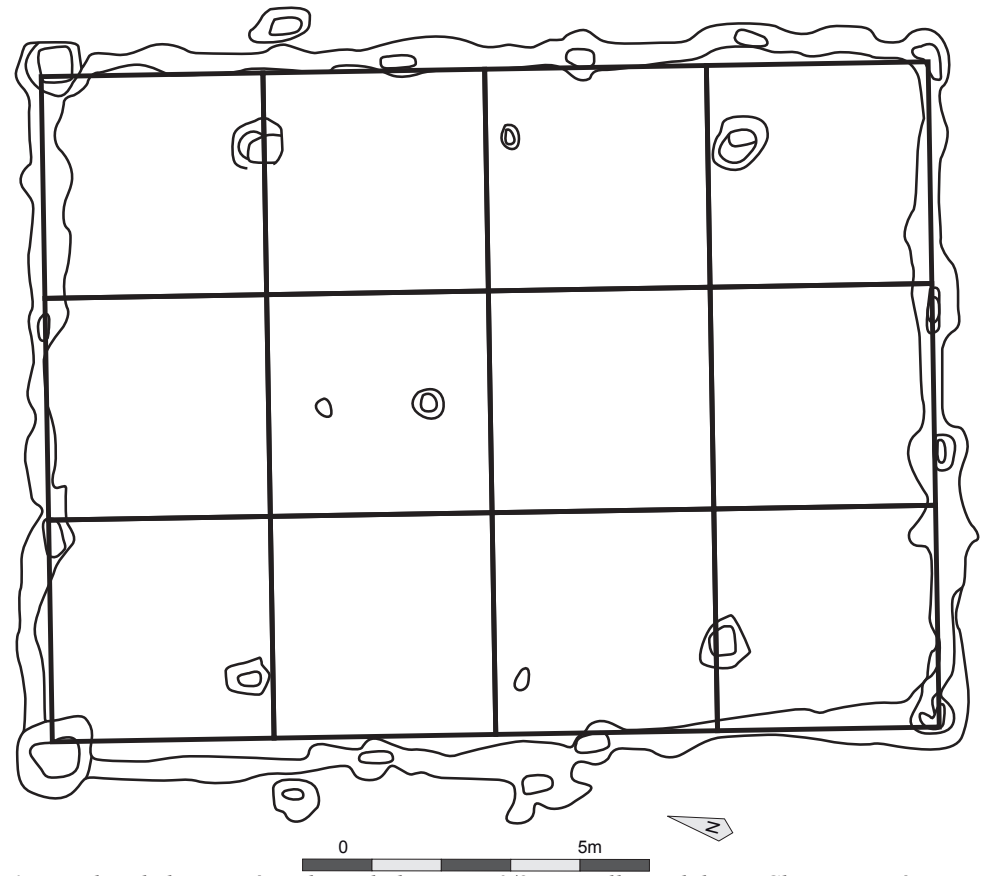


Figure 177. Plan de la première phase du bâtiment 0/87 et grille modulaire. Chaque carré mesure 3,25 m de côté.

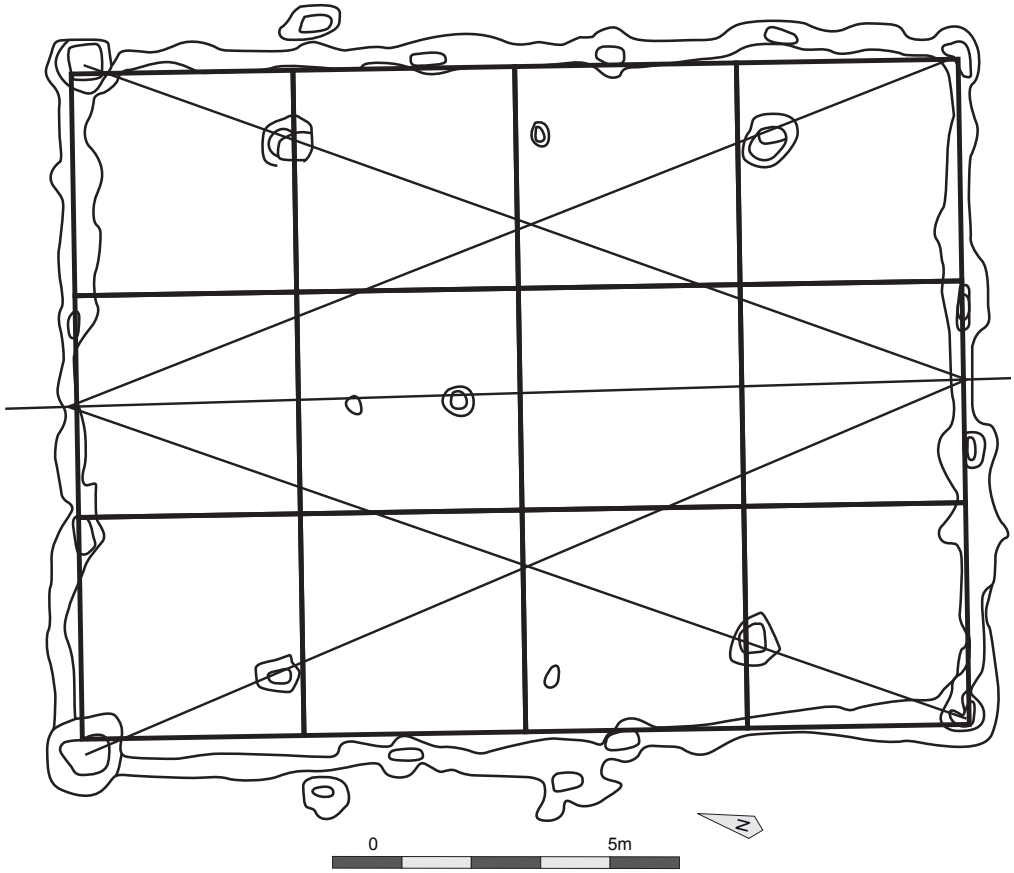


Figure 178. Plan de la première phase du bâtiment 0/87 et grille modulaire

influencée par la restitution d'une galerie périphérique entourant un petit bâtiment carré désormais abandonnée depuis la proposition de Petr Drda qui suggère de restituer un bâtiment à paroi déporté (VENCLOVA 1998 : 259-261). Il s'agit là de la solution la plus vraisemblable. En reprenant les mesures de Schubert (à savoir les limites extérieures des structures et non l'emplacement des poteaux), il est également possible d'appliquer un étalon d'une valeur de 0,3 m. Celui de 0,309 m utilisé par Franz Schubert n'est donc pas l'unique plus petit dénominateur commun potentiel pour ce bâtiment, mais celui prenant en considération l'emplacement précis des poteaux reste le plus pertinent.

La phase II

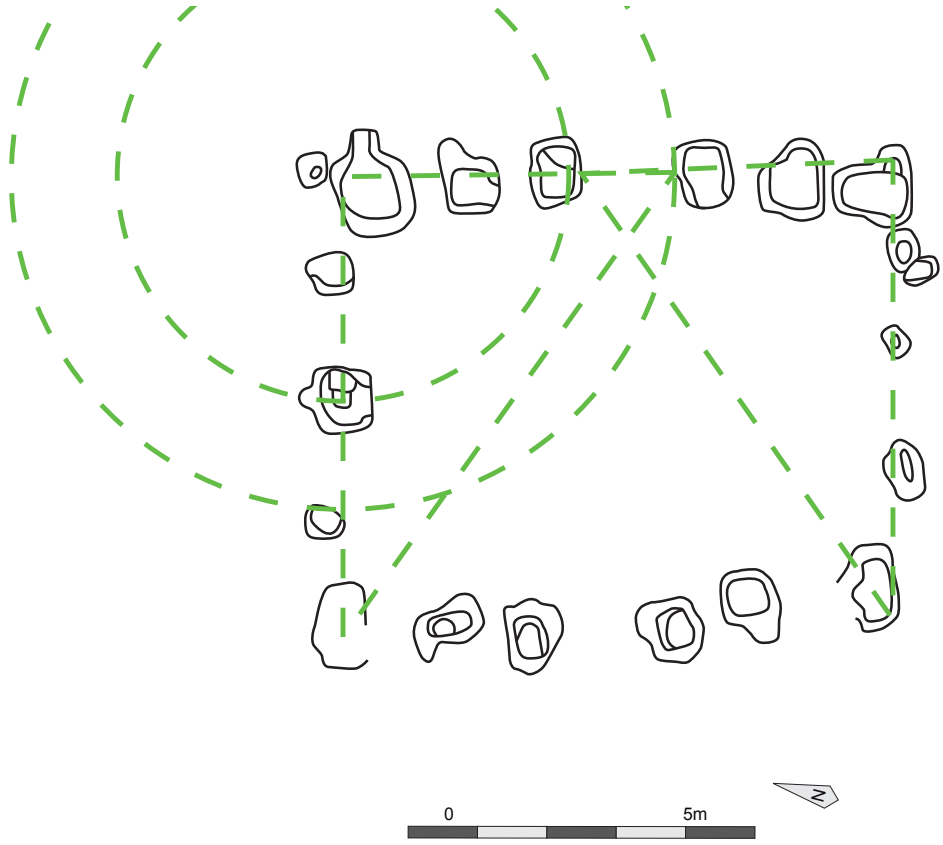


Figure 179. Plan de la seconde phase du bâtiment 0/87 et principe de construction à l'aide du théorème de Pythagore.

Cette phase n'a pas été traitée par Franz Schubert. Petr Drda propose d'y voir un bâtiment sur quinze poteaux avec une ouverture au sud (VENCLOVA 1998 : 261-262). Nous proposons de rattacher à cette phase certains poteaux non attribués auparavant. Ceux-ci viennent fermer le côté sud de l'édifice et nous suggérons l'emplacement des systèmes d'accès au centre des façades est et ouest, où un écart plus important entre les poteaux est visible.

Ce bâtiment mesure 6,5 m de large et 7,8 m de long. La façade ouest n'est pas tout à fait rectiligne et tranche avec le reste du bâtiment. L'espace compris entre les poteaux d'entrée mesure 1,62 m. Cette mesure se retrouve quatre fois dans la largeur du bâtiment et cinq fois dans sa

longueur. La distance entre le poteau d'angle et le début du système d'entrée est la même que la moitié de la largeur du bâtiment (3,24 m). Il est possible que ces éléments (et ce module de 3,24 m) aient pu servir dans la planification du bâtiment avec le théorème de Pythagore dans sa partie est (Figure 179). Par la suite, la partie ouest du bâtiment a été implantée en reliant les deux petits côtés. Une erreur de calcul ou d'implantation du poteau d'angle sud-ouest, où un petit côté trop court a pu produire la légère distorsion visible pour la façade ouest. Le même principe de construction a été constaté pour le bâtiment 3 du site de Riedlingen, Auf der Klinge.

Ces mesures peuvent correspondre avec deux plus petits dénominateurs communs : 0,325 et 0,26. Dans le premier cas, on obtient un bâtiment de 20 pieds de large et 24 pieds de long. Dans le second, l'édifice mesurerait 25 pieds de large et 30 pieds de long. L'espace entre les poteaux d'entrée mesure 1,62 m soit 5 pieds de 0,325 +/- 0,01 m.

2.8.3.2. Le bâtiment 7/81

Ce bâtiment se situe dans une zone située à l'extérieur de l'enclos et est attribué à la phase précédant la mise en place de ce dernier. Le secteur en question est particulièrement dense en structure et il est difficile de déterminer précisément les trous de poteaux en relation avec ce bâtiment et aucun phasage n'est proposé (VENCLOVA 1998 : 65-67 et 73-74). Deux phases au moins peuvent être identifiées, mais leur chronologie reste très floue. Une ligne de poteaux est-ouest peut constituer un premier état soit d'une palissade soit d'une portion de bâtiment (Figure 180). Un second état peut être identifié au travers de la présence d'un bâtiment à paroi déporté dont un trou de poteau aurait pu disparaître suite à des aménagements ultérieurs et un second se situerait en dehors des limites de fouilles (Figure 181). Notre étude portera sur ces éléments bien que leur caractère incertain affecte la pertinence de notre propos.

Les trous de poteaux de la palissade sont espacés de 1,5 m à l'exception des deux poteaux situés au centre de la portion connue dont l'espacement est de 2,6 m. Ces données sont trop succinctes pour pouvoir proposer un raisonnement métrologique.

Le bâtiment se présente sous la forme d'un édifice à parois déportées sur quatre poteaux porteurs. Deux d'entre eux ne sont toutefois pas connus. Il s'agirait d'un bâtiment de 4,8 m de côté avec au moins deux systèmes d'entrée au nord et au sud, large de 1,6 m. Il est possible d'y rattacher deux poteaux sur la façade ouest et un poteau de la façade est. Ces derniers peuvent faire partie de la paroi. Il est possible de planifier ce bâtiment à partir du principe de division du cercle (Figure 182). L'espacement utilisé pour diviser le cercle ayant pour rayon 4,8 m est de 1,6 m. En utilisant cet espace, il est possible de diviser un cercle en 19 portions égales, mais pour ce faire, l'espacement devrait mesurer 4,960404... m. Cette approximation peut expliquer le léger décalage de certains poteaux par rapport au modèle.

Les mesures précédentes nous renvoient vers un plus petit dénominateur commun d'une valeur de 0,32 m. Le bâtiment mesurerait 15 pieds de côté avec des entrées larges de 5 pieds. Cet

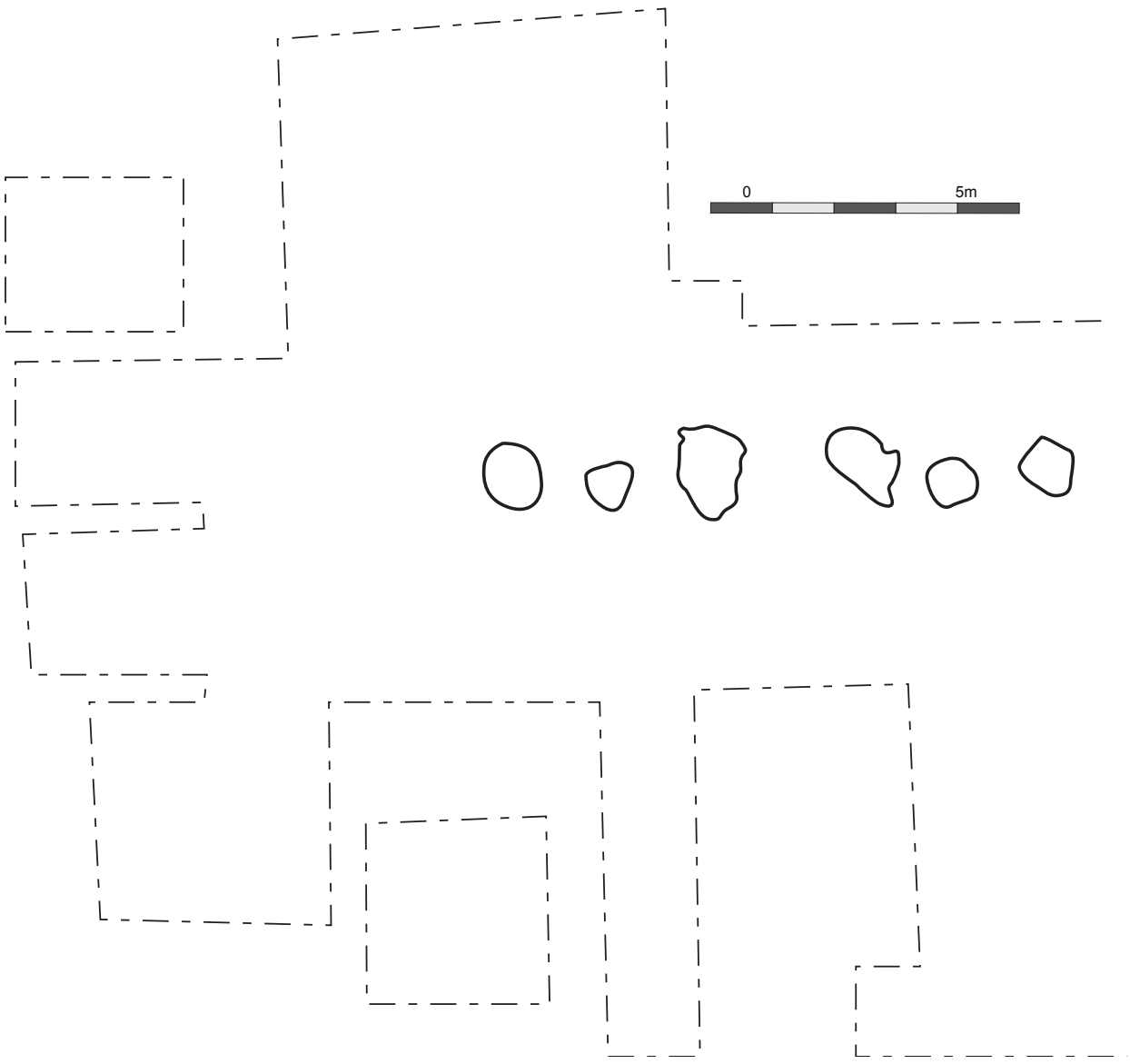


Figure 180. Plan du secteur 7/87, état avec une palissade.

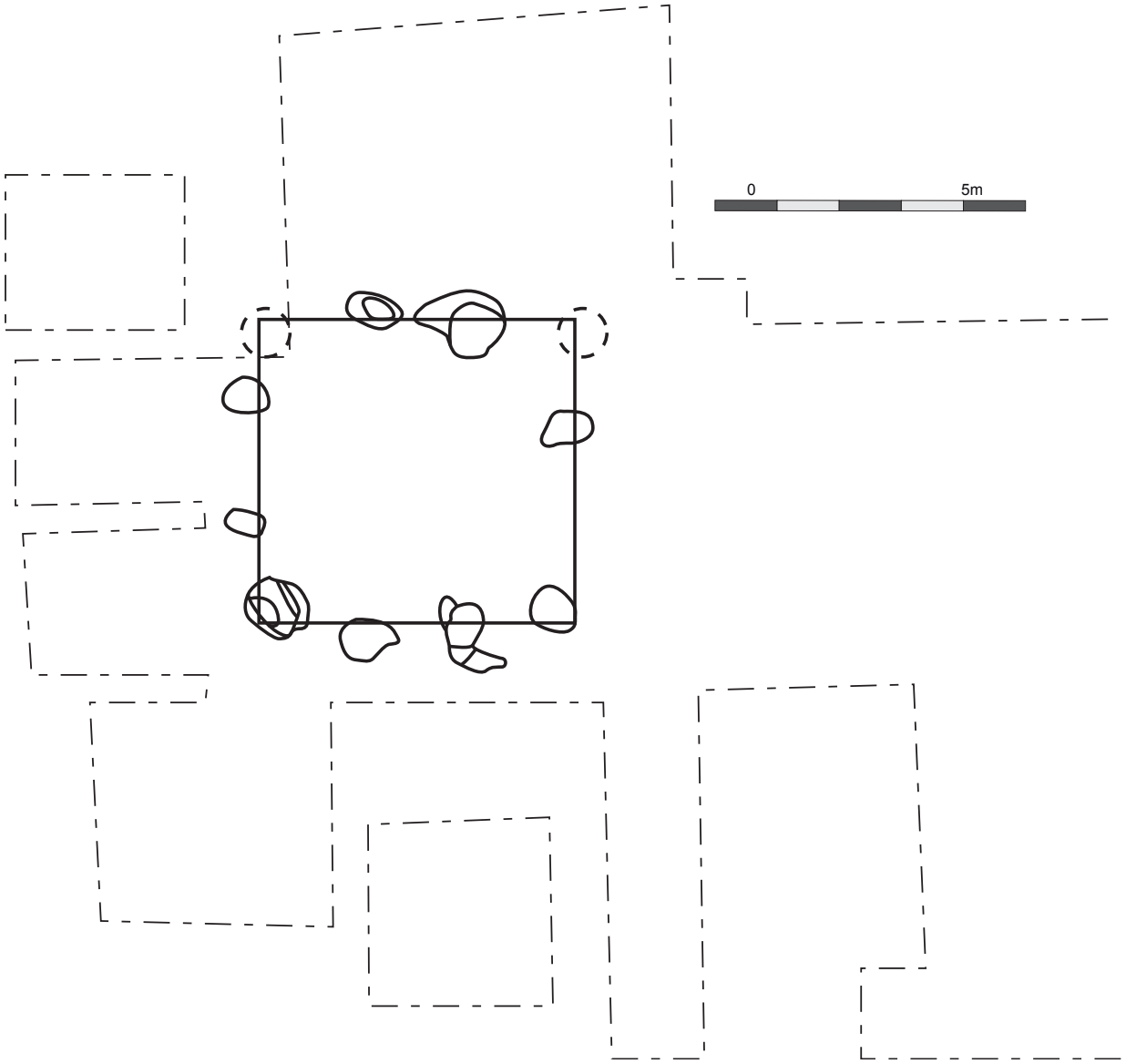


Figure 181. Plan du secteur 7/87, état avec le bâtiment à parois déportées.

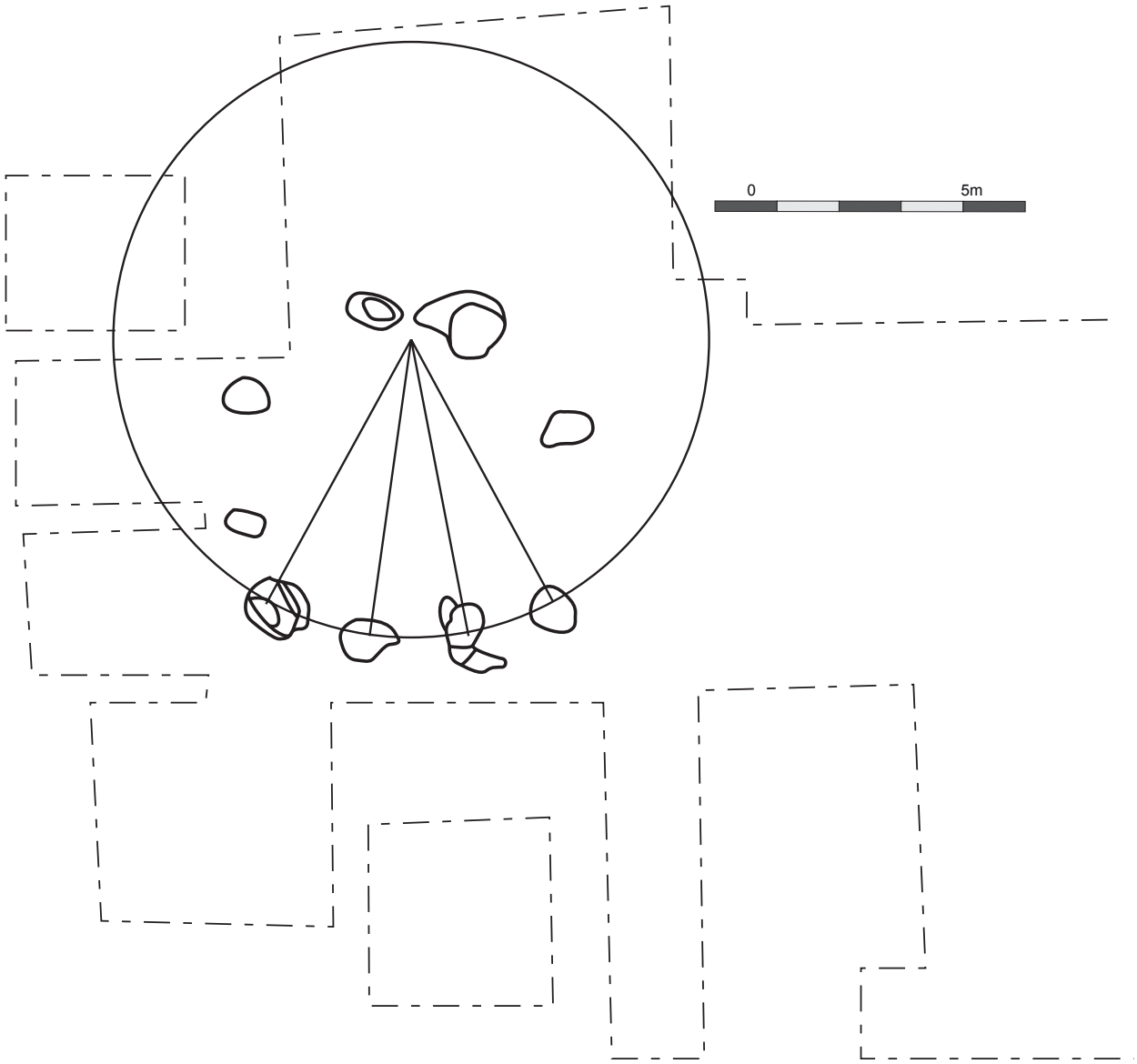


Figure 182. Plan du bâtiment 7/87 et principe de planification.

espacement de 5 pieds se retrouve également entre les poteaux porteurs et les poteaux d'entrée dans la partie sud de la construction et peut avoir servi dans la division du cercle (de 4,8 m de rayon soit 15 pieds) en 19 portions égales.

2.8.4. Conclusion

À ces structures, s'ajoutent sept constructions semi-enterrées sur lesquelles aucune relation métrologique ne peut être identifiée. Ces bâtiments se prêtent mal à ce type d'étude du fait de leur taille réduite et du peu de mesures pouvant être effectuées. De plus, ce type de structure ne nécessite pas une réflexion métrologique et/ou architecturale aussi poussée que les plus grands bâtiments au moment de leur construction.

Les plus petits dénominateurs communs identifiés se situent entre 0,30 et 0,325 m avec une exception à 0,26 (Figure 183). Les meilleurs résultats pour les bâtiments correspondent avec une valeur de 0,32 +/- 0,005 m présentant un ensemble assez homogène. La pertinence de ce résultat doit cependant être relativisée à cause du faible nombre de bâtiments connus pour le site, mais il remet tout de même en cause les réflexions de Franz Schubert sur un étalon unique à l'échelle de l'Europe celtique. Les techniques de planification, à l'inverse, sont également reconnues sur d'autres ensembles correspondant aux hypothèses développées par Franz Schubert.

Il est possible que le schéma de construction par division du cercle ait été utilisée à Mšecke Žehrovice, en particulier sur le plan d'un bâtiment du secteur 7/87. Cependant, le plan de ce bâtiment reste encore hypothétique et difficilement exploitable. Toutefois, ce site a livré deux plans de bâtiment parfaitement exploitables : les deux états de l'édifice 0/87. Dans sa première phase, l'édifice possède un rapport largeur/longueur de 3/4 indiquant l'utilisation d'un triplet pythagoricien. Le deuxième état de l'édifice a quant à lui pu être planifié à partir d'un principe similaire à celui utilisé pour le bâtiment 3 de Riedlingen.

Une question reste ouverte quant à l'appartenance du bâtiment 7/87 à la première phase du site. Ce dernier est rattaché à la phase artisanale (l'établissement ouvert de la première phase) suite à la découverte de fragments de sapropélite dans le comblement de certains de ces trous de poteaux et de tessons de céramique en prospection et donc hors contexte (VENCLOVA 1998 : 103 et 175-176). Tous ces éléments peuvent provenir de phases antérieures. Le mobilier est donc trop peu important pour donner des indications chronologiques précises. La tranchée de palissade l'entourant et s'ouvrant sur le bâtiment en question (créant ainsi un potentiel lien entre ces deux structures) suit la même orientation que l'enclos fossoyé. L'écart entre l'enclos et cette palissade est de 9 m soit 30 pieds de 0,30 m. Il s'agit du même étalon qui a pu servir pour la planification de l'enclos. À cela s'ajoute une similitude dans l'étalon de mesure. Cette similitude n'est en rien un argument convaincant, mais en la confrontant avec l'organisation générale du site il peut s'agir d'une piste permettant de rattacher certains éléments extérieurs de l'enclos à la même phase chronologique. Le site se composerait alors d'une partie enclose entourée par d'autres structures d'habitat comme c'est le cas par exemple à Riedlingen, Auf der Klinge (BOLLACHER 2009) ou

à Bopfingen, Flochberg (WIELAND 1999).

	0,26	0,265	0,27	0,275	0,28	0,285	0,29	0,295	0,3	0,305	0,31	0,315	0,32	0,325
Enclos									X					
Bâtiment 0/87 I									?		?			X
Bâtiment 0/87 II	?													X
Bâtiment 7/87													X	

Figure 183. Tableau récapitulatif des plus petits dénominateurs communs identifiés sur le site.

2.9. La Viereckschanze de Riedlingen.

2.9.1. Introduction

La Viereckschanze de Riedlingen, a pu être explorée sur l'ensemble de son étendue au sein d'un décapage de 6,75 hectares, bien que les structures nous concernant ici soient principalement regroupées à l'intérieur et aux abords immédiats de l'enclos. L'occupation principale du site est datée de La Tène C2 — La Tène D1. Une vingtaine de bâtiments, dont quatre présentent plusieurs phases de construction, a été fouillée.

2.9.2. L'enclos

L'enclos, de forme quadrangulaire, mesure 108 mètres de largeur (102 mètres pour la section sud) et 121,5 mètres de longueur. Il englobe une superficie de 0,8 hectare. Elle est délimitée par un fossé dont la profondeur conservée varie entre 0,6 et 2,7 mètres pour une largeur variant entre 2 et 9 mètres environ. Les portions les plus larges et les plus profondes correspondent aux sections nord et est du fossé, les autres ayant été plus sujettent à l'érosion. Ce fossé était très vraisemblablement suivi d'un talus massif présentant approximativement les mêmes dimensions. En prenant en compte la largeur du fossé et du talus et en la soustrayant à la superficie enclose totale, on obtient une superficie enclose effective restituée d'un peu plus de 0,5 hectare.

En appliquant une grille modulaire sur l'ensemble de l'emprise de l'enclos, c'est-à-dire, en prenant en compte la largeur du fossé, on constate que cet enclos peut être intégré dans deux systèmes modulaires permettant l'utilisation du triplet pythagoricien 3-4-5 en vue de planifier (et d'implanter) l'enclos.

Le premier implique l'utilisation d'un module de 27 m de côté (Figure 184). L'enclos mesure 4 modules de large pour 4,5 modules de long (121,5 sur 108 m). La portion sud du fossé est légèrement plus courte (102,6 m soit 380 pieds). Une partie de cette réduction peut être due à l'érosion ayant particulièrement affectée les couches supérieures et n'ayant épargné que le dernier mètre du fossé. Le second implique l'emploi de modules de 30 mètres de côté.

Dans le premier cas, un module comporte cent fois le plus petit dénominateur commun 0,27 m. Cette dimension peut être rapprochée de la valeur de 100 pieds d'une valeur de 0,27 m. On obtient

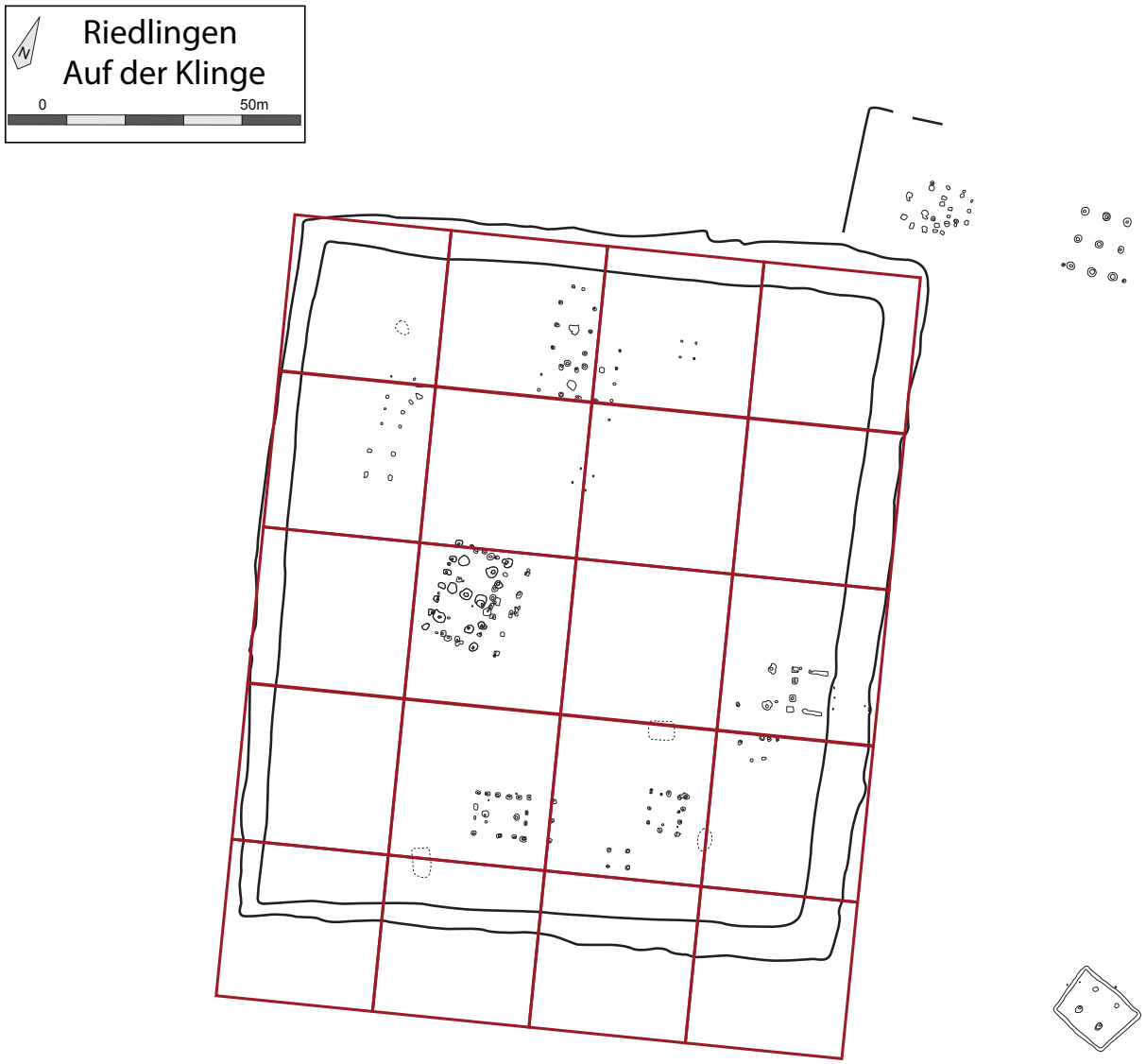


Figure 184. Plan général du site de Riedlingen, « Auf der Klinge ».

dès lors les dimensions suivantes : 450 sur 400 pieds avec une portion sud légèrement plus courte (380 pieds). Avec ce système de mesure, on obtient 180000 pieds² pour l'emprise au sol totale de l'enclos.

Le second indique l'utilisation d'un plus petit dénominateur commun d'une valeur de 0,30 m avec des modules de 30 mètres de côté, on constate que l'enclos mesure 405 par 360 pieds de côté et a une emprise au sol d'une valeur de 145800 pieds².

Pour la mise en œuvre de la planification, il faut toutefois remarquer que si le pied de 0,27 m offre des comptes ronds et donc faciles à mettre en œuvre et à calculer, cela ne fonctionne pas avec son surmultiple, la coudée de 0,405 m. L'enclos mesurerait 300 coudées de long pour 266,666... coudées de large. C'est le cas inverse pour le pied de 0,30 m dont l'utilisation du surmultiple (la coudée de 0,45 m) donne les dimensions suivantes pour l'enclos : 270 par 240 coudées. C'est pourquoi nous privilégions la première solution.

2.9.3. Les bâtiments :

Seize bâtiments feront l'objet de cette étude. Treize bâtiments sont situés à l'intérieur de l'enclos que nous avons évoqué précédemment et les trois bâtiments restants sont situés à l'extérieur de la délimitation, au nord-est et au sud-est du fossé périphérique. Nous évoquerons dans un premier temps les bâtiments de plus de six poteaux puis, dans un second temps, les édifices de moins de six poteaux.

2.9.3.1. Le bâtiment 1

La phase a

Trois phases ont été identifiées pour ce bâtiment. La première consiste en un bâtiment à parois déportées sur une structure porteuse de quatre poteaux, avec deux poteaux à l'est marquant l'emplacement d'une entrée. La structure porteuse couvre une superficie de 6,3 par 6,9 m, soit 43,47 m² au centre de laquelle un petit trou de poteau a pu être identifié. Il peut s'agir d'une réfection ultérieure. Les 4 poteaux à l'est sont espacés de 2,4 m et l'axe des poteaux de l'entrée est séparé de celui des poteaux porteurs est de 0,6 m.

Plusieurs principes de construction peuvent être envisagés dans le cas de ce bâtiment. Les distances étant assez longues, l'utilisation d'un triplet pythagoricien est possible sans pour autant que le calcul se fasse sur l'ensemble des distances (JENSENIUS 2001 : 100-101). On pourra également utiliser le principe de construction des carrés tournants (*roterte kvadrater*) présenté par Jensenius (JENSENIUS 2001 : 93-100) et dont une version simplifiée appelée « division du cercle » (*Kreisteilung*) figure dans la typologie de Schubert (SCHUBERT 1994 : Beilage 4) (Figure 185). En l'absence de l'emplacement précis des parois du bâtiment, il est difficile de formuler des hypothèses préférentielles. Concernant les poteaux porteurs toutefois, une technique

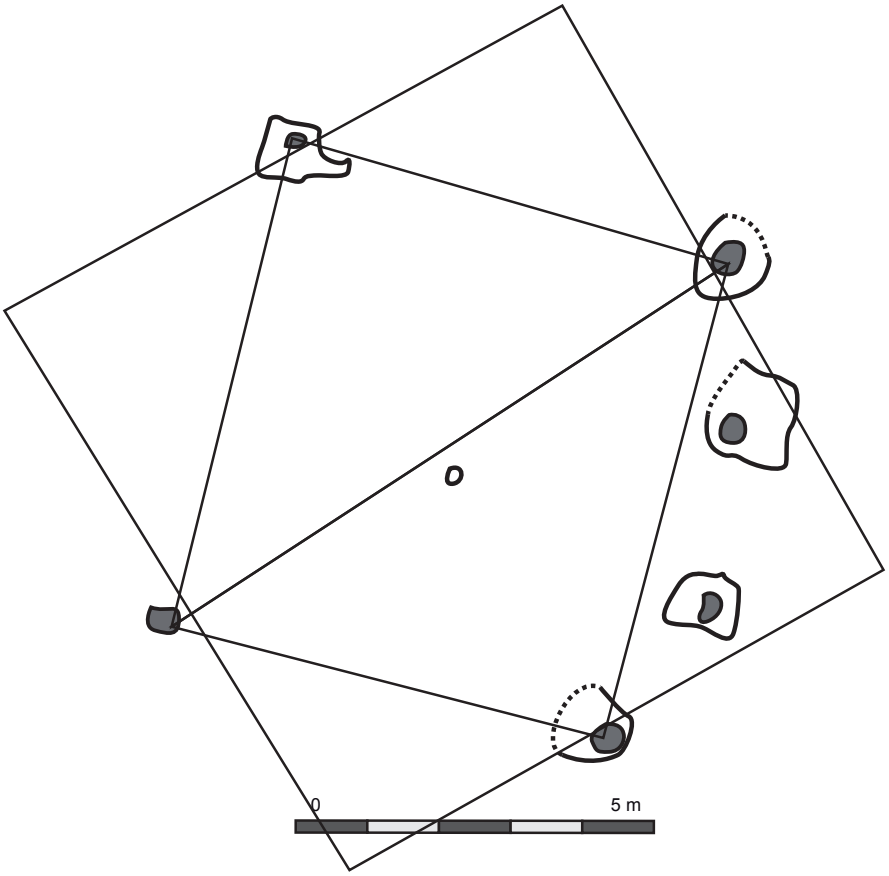


Figure 185. Planification par « roterte kvadrater » du bâtiment 1a.

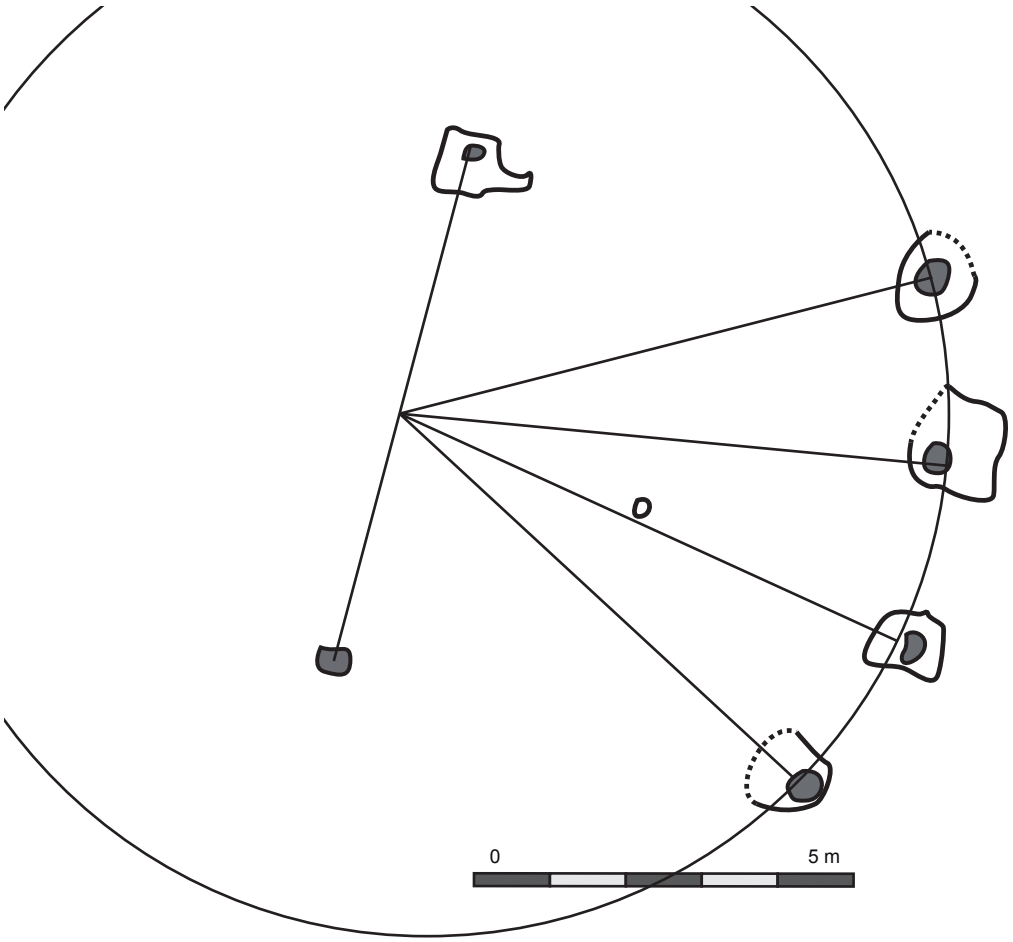


Figure 186. Planification du bâtiment 1a par division du cercle.

plus simple de division du cercle permettrait de les planifier assez facilement (Figure 186). Après avoir implanté les deux poteaux ouest du bâtiment, il suffit d'utiliser le centre du segment les reliant comme centre d'un cercle de 6,9 m de rayon, soit l'entraxe séparant les poteaux ouest des poteaux est. On observe dès lors que ce cercle passe par l'emplacement des 4 poteaux situés à l'est. Après avoir implanté soit le poteau nord-est soit le poteau sud-est, il suffit de reporter 3 fois la longueur 2,4 m sur le tracé du cercle pour obtenir les trois emplacements de poteaux manquants. Ce principe équivaut à une division d'un cercle en 18 portions égales. On observe toutefois un très léger décalage avec certains négatifs de poteaux. Celui-ci peut être dû au fait que pour diviser un cercle de 13,9 m de diamètre en 18 portions égales il faut que l'écart du compas mesure 2,409 m. L'approximation a donc pu engendrer ce léger décalage.

Le plus petit dénominateur commun applicable à ces mesures est 0,30 soit l'équivalent d'un pied. On obtient alors 21 pieds de largeur (6,3 m) sur 23 pieds de longueur (6,9 m) pour la structure porteuse. La distance entre les quatre poteaux à l'est équivaut à 8 pieds (2,4 m) et celle entre les axes des poteaux d'entrée et des poteaux porteurs à l'est équivaut à 2 pieds (0,6 m). Cette unité peut également expliquer le léger décalage de certains poteaux lors de la découpe du cercle. En effet, pour diviser un cercle de 46 pieds (13,9 m) de diamètre en 18 portions égales il faut un écart de compas correspondant à 8,03 pieds. Il est évident que cette mesure a été simplifiée à 8 pieds dans le cadre de cette planification. Nous ne connaissons pas l'emprise précise des parois, mais si cette distance est respectée on peut imaginer une emprise totale du bâtiment de 25 par 27 pieds soit 7,5 m sur 8,1 m ce qui donne une superficie de 60,75 m².

La phase b

La seconde phase du bâtiment 1 prend une forme totalement différente. Il s'agit cette fois d'un bâtiment à cinq nefs longé à l'est par une ligne de trois poteaux marquant l'emplacement soit d'un appentis comme le suggère l'auteur (BOLLACHER 2009 : 32) soit d'une petite palissade. La structure porteuse est constituée de sept poteaux. Une paire dans la partie nord, une seconde dans la partie sud et une tierce au centre du bâtiment. Les petits côtés présentent chacun cinq poteaux tandis que le côté ouest dispose de sept poteaux et le côté est de huit poteaux (poteaux d'angles inclus). Le bâtiment mesure 15,6 m de long pour 9,1 m de large sans compter les trois poteaux orientaux. Ces derniers se situent entre 3,7 et 4,3 m plus à l'est des autres structures et sont espacés de 8 et 7,5 m les uns des autres. Les entraits sont particulièrement réguliers et mesurent 5,2 m de longueur. Au niveau de la tierce centrale, les poteaux sont distants de 2,6 m les uns des autres. L'absence de nombreux négatifs de poteaux rend dans certains cas ces mesures approximatives.

Ce bâtiment a pu être planifié à partir du report de sa largeur pour créer un triangle équilatéral dont le sommet passe par le poteau central. Les deux autres côtés du triangle forment les diagonales du rectangle matérialisant l'emprise du bâtiment. Ces diagonales valent deux fois la largeur du bâtiment (18,2 m). On obtient un rapport longueur/largeur d'une valeur de $1/\sqrt{3}$ (d'après le théorème de Pythagore, si la largeur est égale à 1 et que l'hypoténuse est égale à 2 alors la longueur

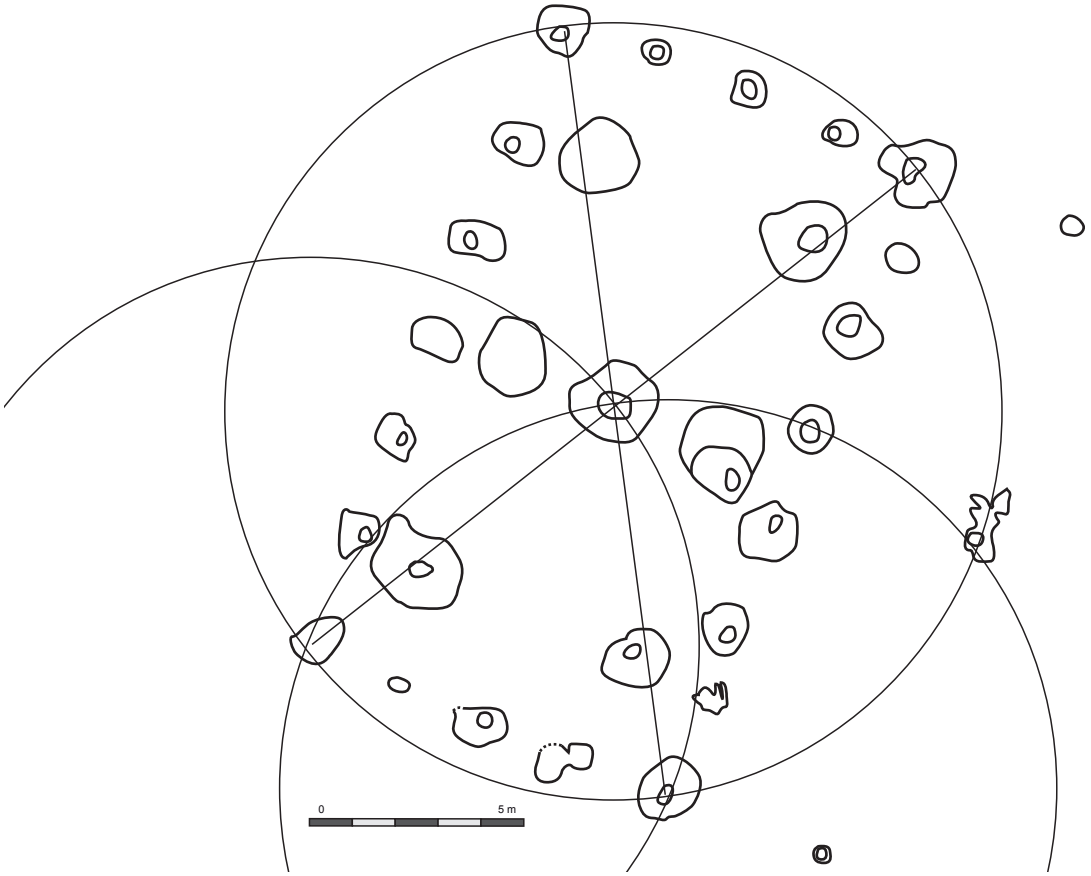


Figure 187. Planification du bâtiment 1 b par division du cercle.

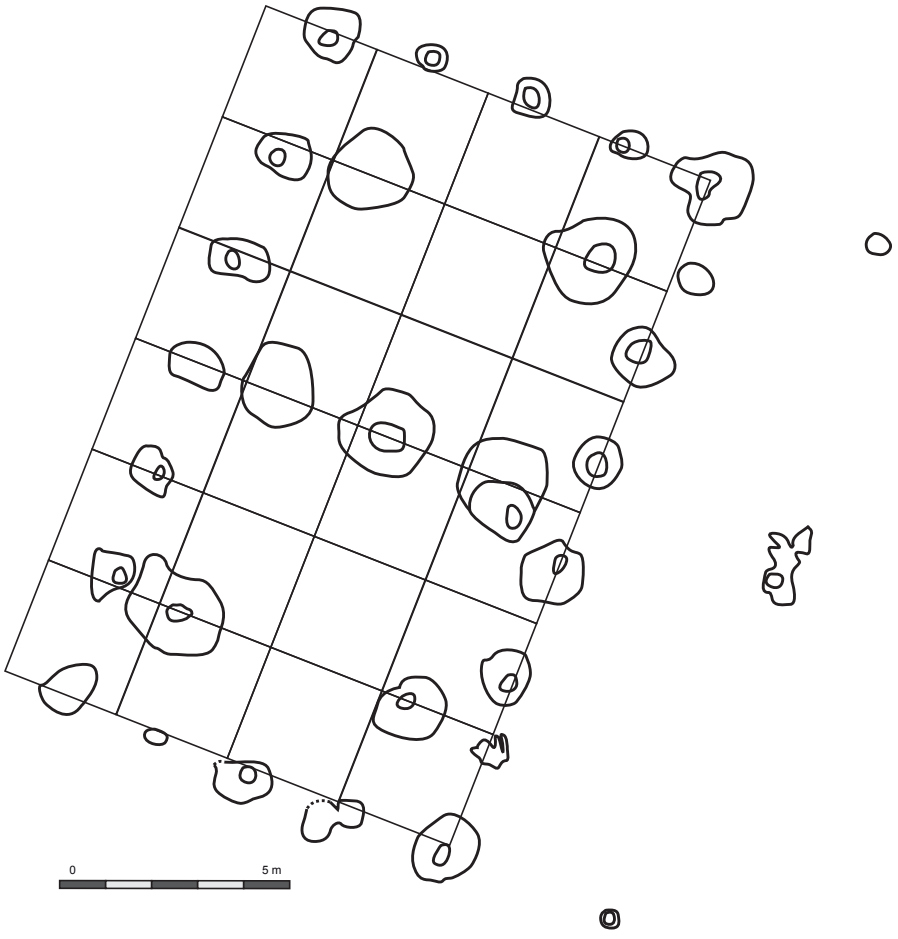


Figure 188. Plan du bâtiment 1 b avec sa grille modulaire. Chaque carré mesure 2,6 m de côté.

est égale à √3). Dans le cas présent on a une largeur de 9,1 m pour une diagonale de 18,2 m ce qui donne une longueur de 15,7905... m qui, si on enlève les approximations dues aux mesures et à la construction, se rapprochent très bien des 15,6 m proposés plus haut (Figure 187). Cette technique n'est pas sans rappeler le schéma de planification par division du cercle de F. Schubert constaté à Manching (SCHUBERT 1944 : Beilage 4). Il est intéressant de constater que les deux paires de poteaux porteurs au nord et au sud figurent sur le tracé des diagonales. Ces poteaux sont distants de leurs poteaux d'angles respectifs de 2,6 m.

Mettons de côté les trois poteaux orientaux dont l'appartenance au bâtiment n'est pas certaine du fait de leur faible rôle dans l'architecture de l'édifice et de leurs dimensions extrêmement réduites. Il s'agit plus vraisemblablement des vestiges d'une palissade dont on remarquera l'alignement similaire avec le bâtiment 1 b, mais dont la contemporanéité ne peut être démontrée. Les dimensions que nous évoquions précédemment ont toutes comme plus petit dénominateur commun la valeur de 0,26 m que nous pouvons assimiler à la valeur d'un pied. Le bâtiment mesurerait ainsi l'équivalent de 35 pieds de largeur pour 60 pieds de longueur avec des entraits de 20 pieds, les poteaux composant la tierce centrale étant séparés par 10 pieds chacun (Figure 188). En admettant que le principe de planification évoqué plus haut ait pu être utilisé dans ce cas, on a une largeur de 35 pieds pour une diagonale de 70 pieds ce qui donne une longueur de 60,621... pieds. Encore une fois, si on enlève les approximations dues aux mesures et à la construction, se rapprochent très bien des 60 pieds de longueur proposés plus haut.

La phase c

La phase c diverge très peu de la phase précédente d'après l'auteur. Seuls les trois poteaux centraux de chaque petit côté sont remplacés par deux poteaux en plus des deux poteaux du centre de la façade est, remplacés par un seul poteau. La palissade à l'est du bâtiment comporte cette fois cinq poteaux espacés de 3,5 m. La portion de palissade conservée est légèrement plus courte que la longueur totale du bâtiment.

Au vu du très faible nombre de changements constaté par rapport à la phase précédente, il pourrait s'agir d'une phase de réfection et nous n'avons pas à revenir sur les aspects métrologiques et sur la planification du bâtiment. Toutefois, une autre possibilité, qu'il est intéressant de développer, s'offre à nous.

Une autre possibilité de restitution

La question de la nécessité de la présence d'autant de poteaux porteurs au sein de la phase b doit être posée. Il serait possible de séparer certains de ces éléments en des phases distinctes. En observant le schéma de construction de la phase b, il apparaît que le poteau central joue le rôle principal et que, malgré leur implantation cohérente d'un point de vue géométrique, les autres poteaux semblent jouer un rôle bien moins important. En attribuant ces derniers à une

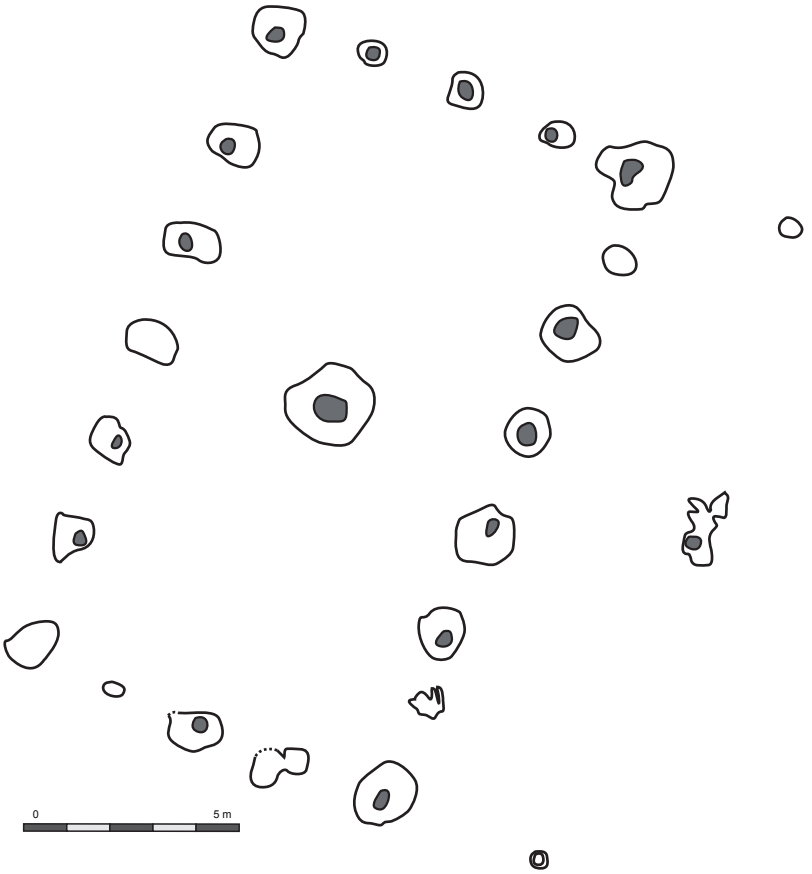


Figure 189. Nouvelle proposition d'interprétation pour le bâtiment 1 b.

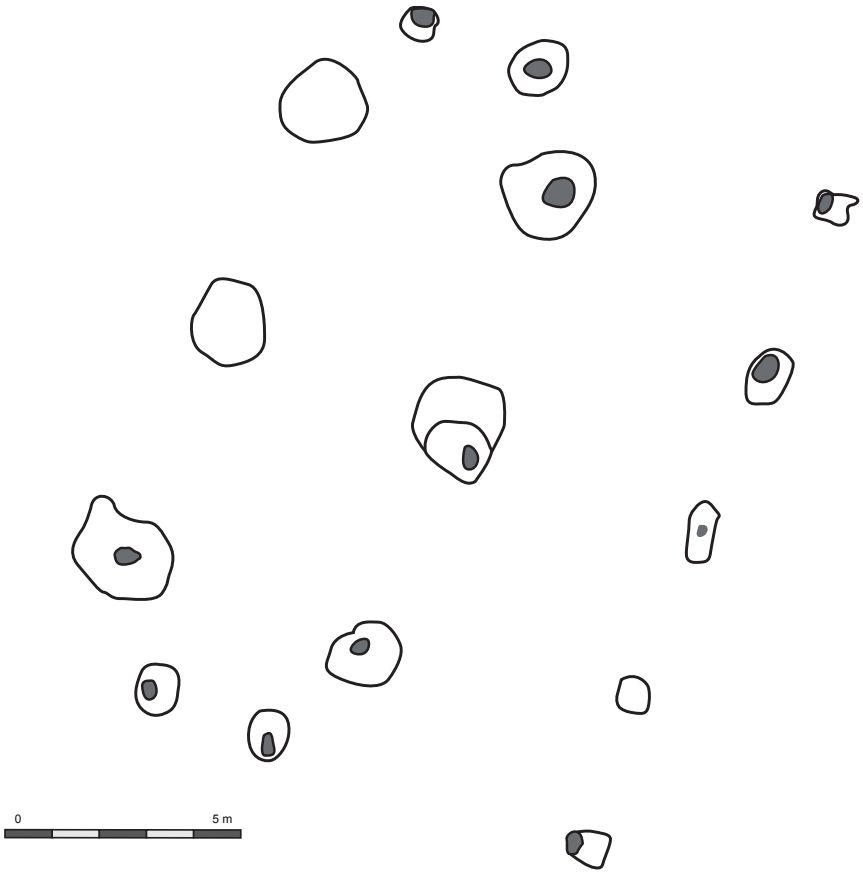


Figure 190. Nouvelle proposition d'interprétation pour le bâtiment 1c.

phase différente, on obtiendrait, dans un premier temps, un bâtiment rectangulaire à deux nefs, la poutre faitière étant maintenue par l'alignement de poteaux central (Figure 189). Dans un second temps on pourrait alors restituer un bâtiment avec parois déportées sur 6 poteaux porteurs et avec l'emplacement de deux entrées matérialisé par les paires de trous de poteaux au centre de la façade nord et sud (Figure 190). Ces dispositifs d'entrée mesurent 2,6 m de large. Soit 10 pieds de 0,26 m déjà identifiés lors de la phase précédente. Il reste difficile de savoir à quelle phase correspondent les trous de poteaux marquant l'emplacement de la paroi du bâtiment. Nous proposons toutefois d'attribuer les trous de poteaux périphériques préférentiellement à la première phase, à savoir le bâtiment à deux nefs, étant donné que ce type de construction nécessite un meilleur ancrage des poteaux périphériques qui participent pleinement à la portée de la charpente et que ces trous de poteaux sont assez profonds.

La première phase n'est pas sans rappeler le plan (certes atrophié) des longs bâtiments de Manching dont le principe de planification est le même (SCHUBERT 1994 : Beilage 17). Le second rappelle les bâtiments à parois déportées tels que nous pouvons en trouver sur les sites d'Acy-Romance (BOCQUILLON 2012 : 54) ou de Batilly-en-Gâtinais (FICHTL 2013 : 153). Dans ce cas, un simple arpentage à partir de la grille modulaire peut suffire à bien implanter l'emplacement des poteaux.

Ce type de plan se rapproche fortement d'au moins une des phases du bâtiment 2.

2.9.3.2. Le bâtiment 2

La phase a

La première phase de ce bâtiment se présente sous la forme d'un édifice à parois déportées avec six poteaux porteurs et deux systèmes d'entrée marqués par deux paires de trous de poteaux au nord et au sud. Le bâtiment mesure 13,9 m de longueur et sa structure porteuse mesure entre 5,6 et 5,8 m de large. Le dispositif d'entrée au nord est large de 1,6 m tandis que celui au sud est large de 2,7 m. Chaque paire de poteaux porteurs est espacée de 3,9 m.

Bien que le plan de ce bâtiment soit en tout point identique à celui que nous proposons pour la dernière phase du bâtiment 1, celui-ci présente bien plus d'irrégularités. Il est, dès lors, difficile de définir un plus petit dénominateur commun au sein de cette phase. Celui qui semble le plus pertinent est d'une valeur de 0,27 m. La structure porteuse mesurait 20 pieds de large (cette mesure fluctue légèrement en fonction des paires de poteaux prises en compte) et 30 pieds de long, l'ensemble du bâtiment mesurerait 50 pieds de longueur (Figure 191).

La phase b

Cette phase se présente sous la forme d'un bâtiment sur six poteaux, auquel l'auteur ajoute deux très petits trous de poteaux à l'ouest ainsi qu'une palissade formée de cinq poteaux dont

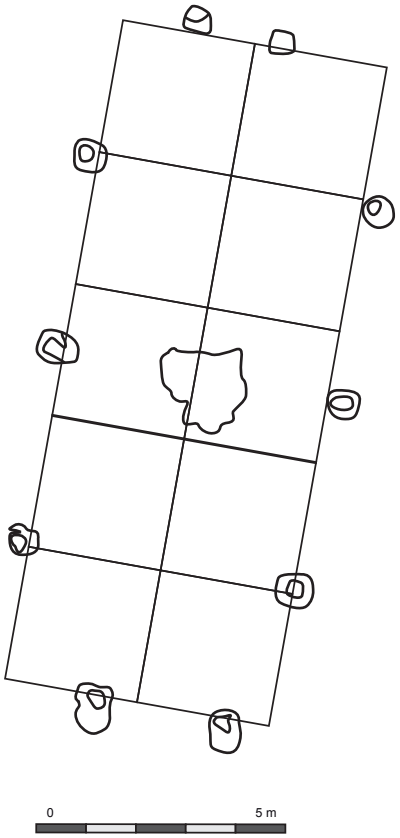


Figure 191. Plan du bâtiment 2a avec sa grille modulaire. Chaque carré mesure 2,7 m de côté.

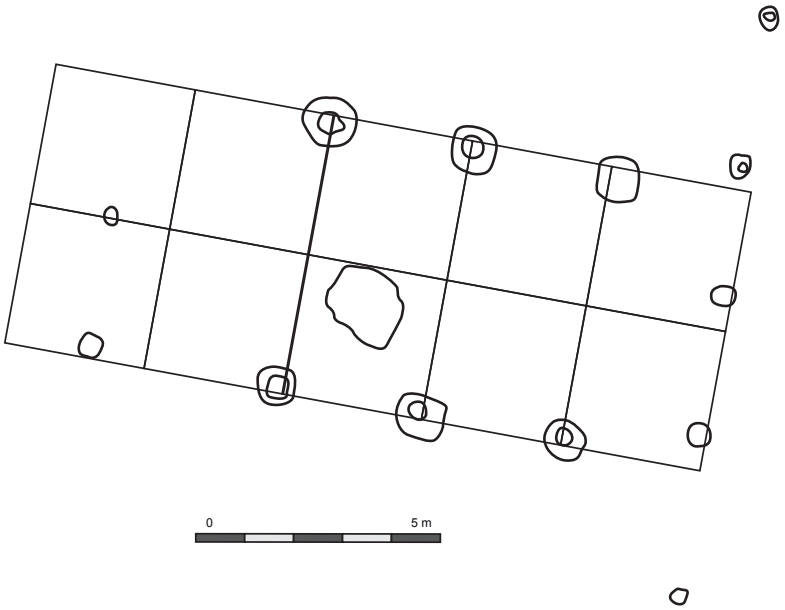


Figure 192. Plan du bâtiment 2 b avec sa grille modulaire. Chaque carré mesure 2,6 m de côté

l'espacement varie entre 2,6 et 3,3 m. Nous écarterons les poteaux est, car ils ne font très probablement pas partie de cet ensemble. En effet, leur emplacement ne correspond pas avec l'axe du bâtiment et leur coupe témoigne de leur degré d'érosion. Ce bâtiment mesure 6,3 m de longueur et 5,7 m de largeur. Deux plus petits dénominateurs communs prennent le dessus : 0,315 et 0,3. Dans le premier cas le bâtiment mesurerait 18 pieds sur 20 pieds tandis que dans le second on aurait 19 par 21 pieds (Figure 192). L'absence d'autres éléments constitutifs du bâtiment nous empêche à ce jour de proposer d'autres solutions métrologiques.

2.9.3.3. Le bâtiment 3

Ce bâtiment mesure 6,9 m de largeur pour 8,7 m de longueur. Les deux poteaux internes assurant le maintien de la charpente sont espacés de 5,4 m. La rangée de trois poteaux à l'ouest du bâtiment lui ferait atteindre 13 m de longueur. Il est toutefois plus vraisemblable qu'il s'agisse d'une portion de palissade. Elle se situe à 4,3 m de la façade ouest du bâtiment et ses poteaux sont espacés de 3,5 m.

Tous les poteaux de la façade sud n'ont à priori pas pu être perçus il est donc difficile de se baser sur cette section du bâtiment pour en déterminer un principe de planification. Cependant, les autres façades peuvent nous aiguiller. Les petits côtés mesurent précisément le double de la distance entre un poteau d'angle et un poteau central de la façade nord soit 3,45 m ou 11,5 pieds. On observe la présence de deux triangles rectangles. Ces triangles ont un rapport largeur/longueur de 1/2. Dans ce type de triangle, l'hypoténuse présente un rapport de √5 et il faut constater que les poteaux porteurs internes sont placés au milieu des hypoténuses (Figure 193). Cette technique de planification, appelée Section d'Or (*Gyldne Snitt*, JENSENIUS 2001 : 91-94) peut servir à la planification de rectangle d'Or, d'où son nom. Dans le cas présent elle rentre en jeu dans la planification de la moitié du bâtiment. La seconde partie peut ensuite être reproduite par symétrie prenant pour axe de référence la droite passant par les intersections des cercles. Il s'agit d'un principe géométrique assez poussé que l'on retrouve dans l'énigme de la division d'un carré en cinq parties égales, déjà connues au cours de l'Antiquité, et reposant sur les propriétés des triangles rectangles et sur le Théorème de Pythagore.

Le plus petit dénominateur commun applicable à ces mesures est 0,30. Les distances peuvent donc s'exprimer de la façon suivante : 23 pieds de largeur (soit le double de la distance entre un poteau d'angle et un poteau central de la façade nord, c'est-à-dire 11,5 pieds) pour 29 pieds de longueur et 18 pieds pour l'écart entre les deux poteaux centraux (Figure 194).

2.9.3.4. Le bâtiment 6

La phase a

La première phase présente un plan presque carré de 5,1 m sur 5,2 m soit une superficie

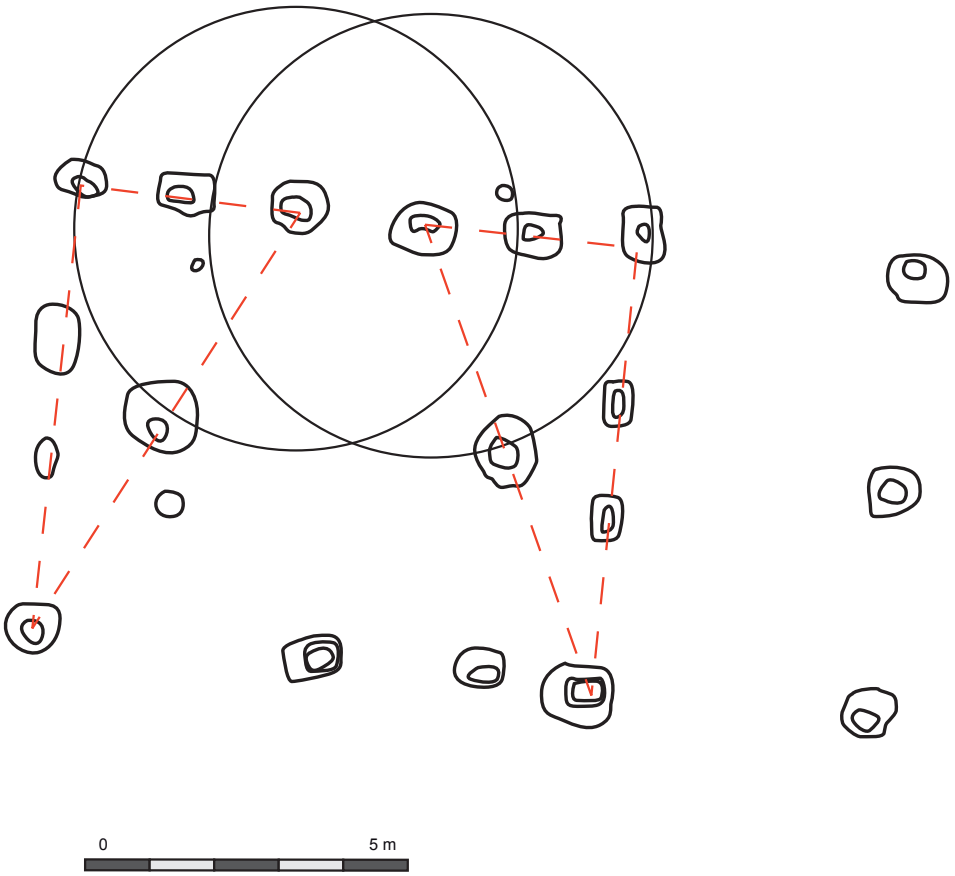


Figure 193. Planification du bâtiment 3.

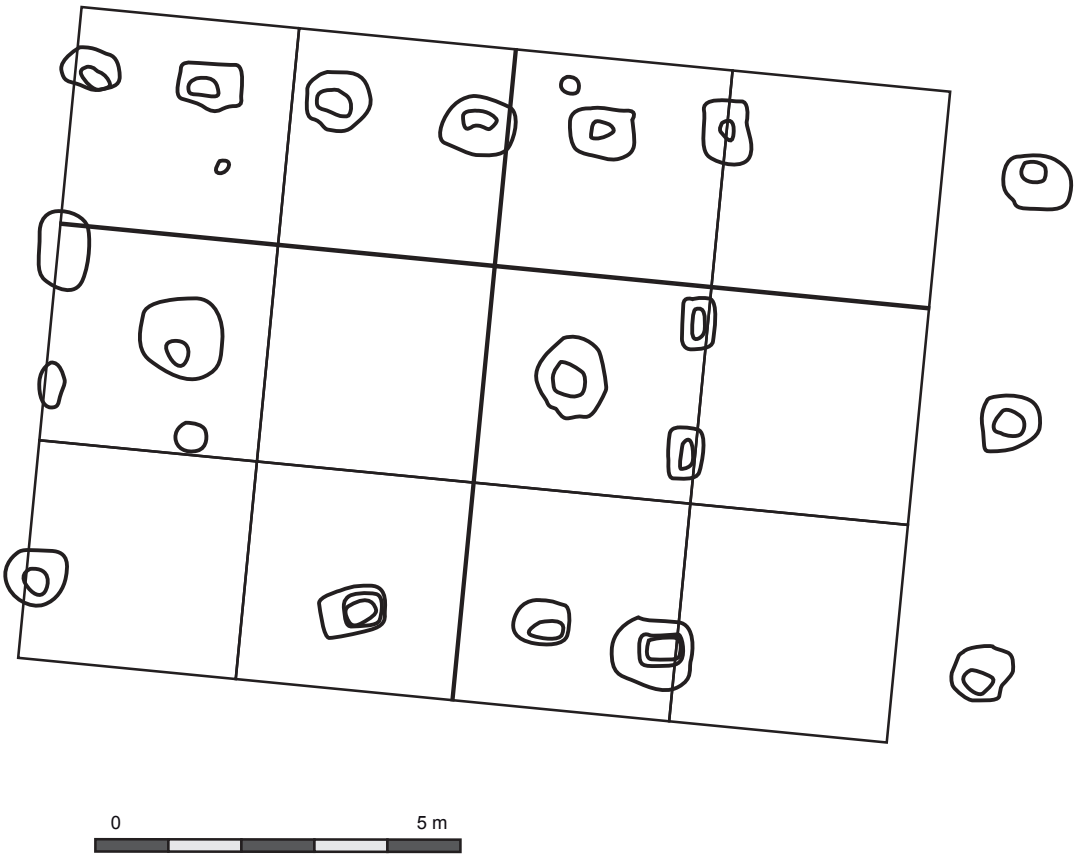


Figure 194. Plan du bâtiment 3 avec sa grille modulaire se fondant sur un carré de 3 m de côté.

de 26,5 m². Les trous de poteaux sont de faible dimension. Deux possibilités de restitution de l'élévation sont envisageables. La première consisterait en une charpente supportant une toiture à quatre pans dont la charge se répartit sur tout le pourtour du bâtiment. La seconde consiste en une toiture à deux pans avec une faîtière maintenue par les poteaux situés au milieu de la façade ouest et de la façade est. Plusieurs plus petits dénominateurs communs sont possibles dans le cas présent. La sobriété du plan réduit la possibilité d'utiliser d'un plus grand nombre de mesures pour une identification d'étalon plus précise. Les possibilités de plus petits dénominateurs communs sont 0,26 ; 0,32 et 0,34. L'édifice mesurerait donc 20 pieds de côté dans le cas de l'utilisation du premier étalon, 16 pieds dans le second et 15 pieds dans le troisième (Figure 195).

La phase b

La seconde phase n'est pas connue dans sa totalité. Il est également possible qu'il ne s'agisse pas d'un bâtiment, mais plutôt de palissades. Cela pourrait expliquer l'irrégularité de formes et de profondeurs des trous de poteaux et des négatifs.

2.9.3.5. Le bâtiment 9

Le bâtiment 9 est un édifice à parois déportées sur une structure porteuse de quatre poteaux et avec deux poteaux au sud marquant l'emplacement d'une entrée. L'emprise des bâtiments 9 et 10 se recoupe, mais l'absence de liaison stratigraphique ne permet pas de donner une chronologie relative entre ces deux constructions. L'auteur considère le bâtiment 9 comme antérieur à l'établissement enclos. La structure porteuse couvre une superficie de 6,4 m de côté, soit 41,6 m². Les poteaux de l'entrée sont espacés de 2,25 m et se situent à 3,2 m au sud de la structure porteuse. La longueur totale du bâtiment est donc d'au moins 9,6 m. Nous ne connaissons pas l'emprise précise du bâtiment étant donné l'absence des vestiges des tranchées de fondation de parois.

Au vu des dimensions et du plan du bâtiment, la simple utilisation d'une grille modulaire se fondant sur un module de 3,2 m de côté ou de triplets pythagoriciens a pu servir à la planification. Il se différencie en se sens de la phase a du bâtiment 1. La principale différence vient du plan carré du bâtiment 9 et d'un éloignement plus important des poteaux d'entrée par rapport aux poteaux porteurs, augmentant ainsi également considérablement la surface au sol potentielle de l'édifice. Le plus petit dénominateur commun applicable à ces mesures est 0,32 m. On obtient alors 20 pieds de côté pour la structure porteuse. L'espacement des poteaux d'entrée au sud équivaut à 7 pieds. Ces derniers sont situés à 10 pieds au sud de la structure porteuse. Nous ne connaissons pas l'emprise précise des parois, mais si la distance entre le système d'entrée et la structure porteuse est respectée on peut restituer une emprise totale du bâtiment de 40 pieds de côté soit 12,8 m ce qui donne une superficie de 163,84 m² (Figure 196).

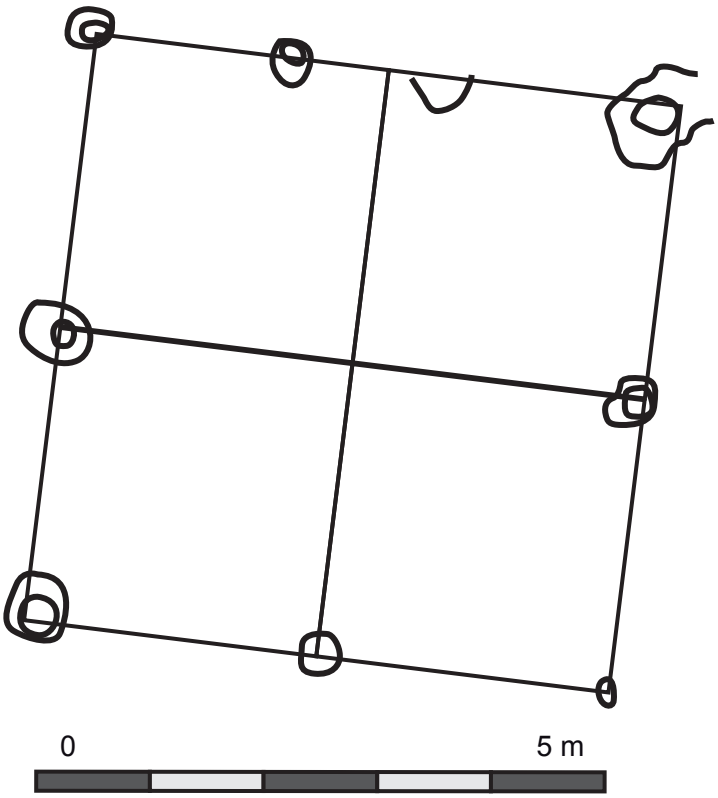


Figure 195. Plan du bâtiment 6a avec sa grille modulaire se fondant sur un carré de 2,6 m de côté.

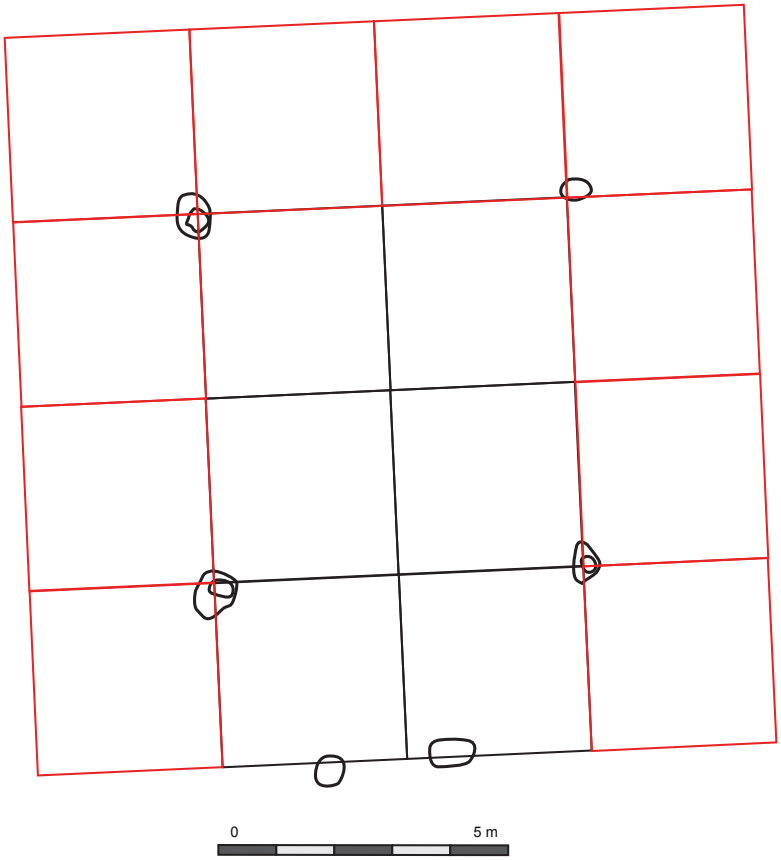


Figure 196. Plan du bâtiment 9 avec sa grille modulaire. Chaque carré mesure 3,2 m de côté.

2.9.3.6. Le bâtiment 10

Le bâtiment 10 correspond à la porte monumentale donnant accès à l'enclos. Ce bâtiment mesure 6,5 m de large et 9,75 m de long. Il est vraisemblablement précédé d'un pont permettant le franchissement du fossé et matérialisé par de petits trous de poteaux. Le bâtiment est orienté est-ouest et se caractérise par la présence de deux poteaux au centre de son emprise et de deux tranchées de fondation dans sa partie est, toute deux longues de 3,25 m.

La distance entre les poteaux ouest et les tranchées de fondation de la paroi est égale à l'espacement entre ces deux poteaux, c'est-à-dire à la largeur du bâtiment. En traçant un cercle de rayon 6,5 m et ayant pour centre deux poteaux à l'ouest et le milieu des tranchées de fondation des

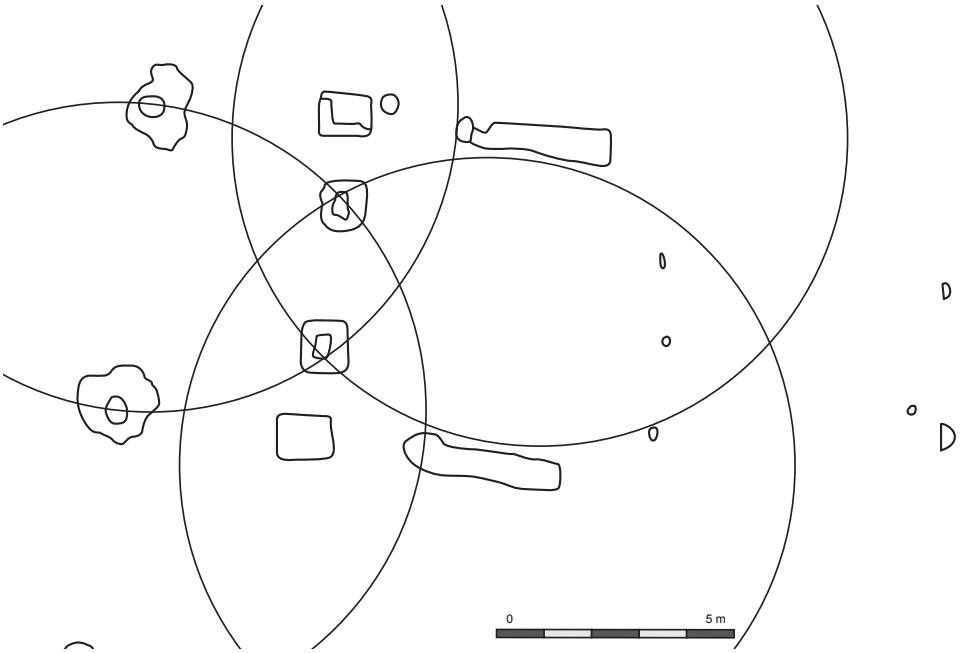


Figure 197. Planification du bâtiment 10.

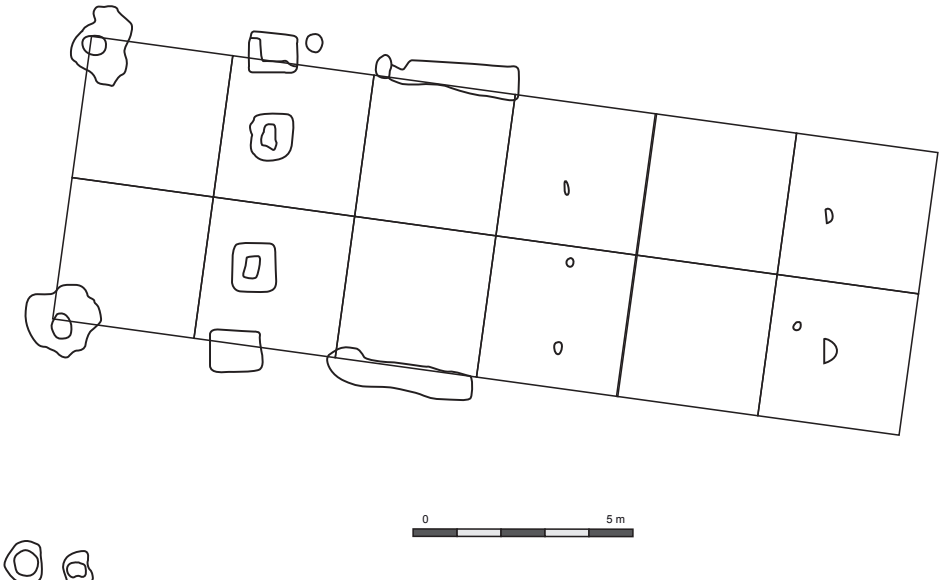


Figure 198. Plan du bâtiment 10 avec sa grille modulaire. Chaque carré mesure 3,25 m de côté.

parois, on remarque que les cercles ainsi tracés se croisent à l'emplacement des poteaux centraux du bâtiment (Figure 197). Il peut ici s'agir d'une technique qui a pu servir dans la planification du bâtiment.

Trois plus petits dénominateurs communs sont applicables dans ce cas : 0,25 ; 0,26 et 0,325. Dans le premier cas, les dimensions du bâtiment peuvent s'exprimer tel que sa largeur mesure 26 pieds sur 39 pieds de longueur. Avec une valeur de 0,26, on obtient 37,5 pieds de long pour 25 pieds de large. Avec un étalon de 0,325 m, les dimensions du bâtiment sont de 20 pieds de large et 30 pieds de long (Figure 198).

2.9.3.7. Le bâtiment 16

Le bâtiment 16 est un bâtiment à parois déportées dont la structure porteuse est constituée de 4 poteaux formant un rectangle de 4 m de long, 3,5 m de large à l'ouest et 3,8 m de large à l'est soit une superficie de 15 m². Deux poteaux situés à 1 m à l'est de la structure porteuse matérialisent l'emplacement de l'entrée. Celle-ci est large de 1,5 m ce qui est également l'espace compris entre chaque poteau dans la partie est de l'édifice. Il est possible de proposer les mêmes hypothèses quant aux techniques de planification utilisées dans le cas du bâtiment 1a (Figure 199).

Ces dimensions ont pour dénominateur commun 0,25. La structure porteuse aurait pour dimension 16 pieds de long pour 14 pieds de large. L'entrée serait large de 6 pieds et située à 4 pieds des poteaux porteurs. Le plan de ce bâtiment est très proche du plan du bâtiment 1 dans sa première phase malgré ses dimensions bien plus réduites. Il est possible de restituer les dimensions de l'édifice complet, à savoir 22 pieds de large (5,5 m) et 22 pieds de long (6 m) au vu de l'implantation des systèmes d'entrée, et ce, malgré l'absence de traces de tranchées de fondation de paroi. Le bâtiment couvrirait ainsi une surface au sol de 33 m². Ces propositions reposent sur la similitude du plan en l'absence des vestiges de tranchées de fondation de parois et de négatifs de poteaux. Les poteaux d'entrée sont également douteux à la fois au niveau de leur plan ainsi que de leur profil.

2.9.3.8. Le bâtiment 18

La phase a

Dans cette première phase, le bâtiment 18 est un édifice à parois déportées dont la structure porteuse est constituée de quatre poteaux formant un rectangle de 6 m de long et 3,9 m de large soit une superficie de 23,4 m². Deux poteaux situés à 0,9 m au sud de la structure porteuse matérialisent l'emplacement d'une entrée large de 2,25 m, ce qui est également l'espace comprit entre chaque poteau dans la partie sud du bâtiment. Un possible second système d'entrée, large de 1,35 m, se situe à 1,5 m à l'est de la structure porteuse. Toutes ces mesures nous amènent à un dénominateur commun d'une valeur de 0,30. Dans pareil cas, la structure porteuse aurait pour dimension 20

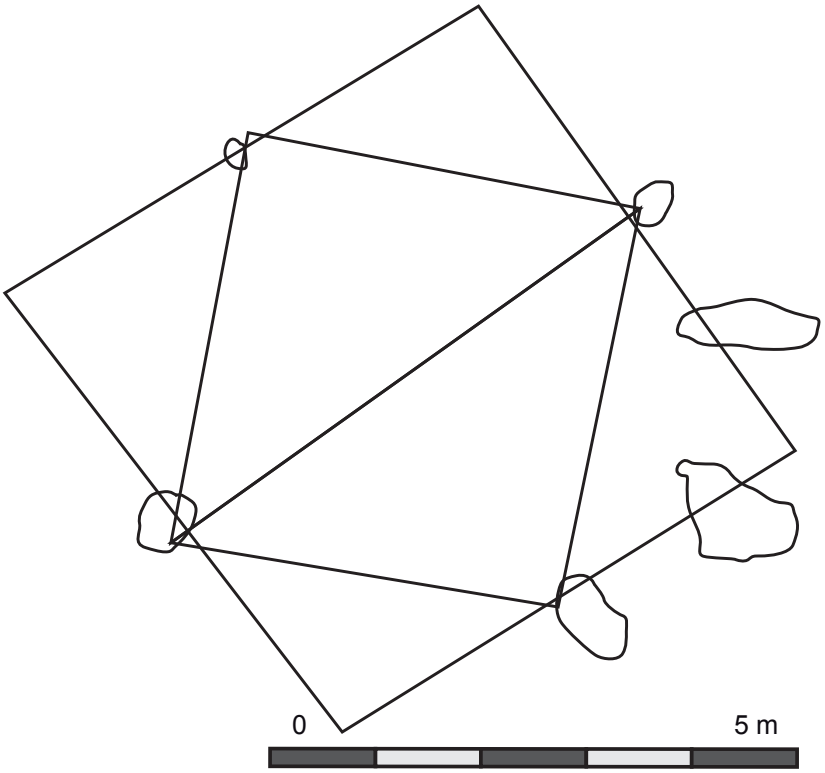


Figure 199. Schéma de planification possible du bâtiment 16.

pieds de long pour 13 pieds de large. L'entrée sud serait large de 7,5 pieds et située à 3 pieds des poteaux porteurs. L'entrée est serait large de 4,5 pieds et située à 5 pieds des poteaux porteurs (Figure 200). Le plan de ce bâtiment est très proche du plan du bâtiment 1 dans sa première phase et du bâtiment 16. Là encore, il est possible de proposer les mêmes hypothèses quant aux techniques de planification utilisées (Figure 201). À cela s'ajoute également la présence d'un même plus petit dénominateur commun dans la phase a du bâtiment 1 et la phase a du bâtiment 18.

Malgré l'absence des tranchées de fondation de paroi, il est possible de restituer un bâtiment mesurant environ 5,7 m (19 pieds) de large pour 9 m (30 pieds) de long soit une superficie de 51,3 m².

Le trou de poteau situé au nord-est du bâtiment, ainsi que les deux trous de poteaux au sud-est de la construction n'ont pas été pris en compte dans le plan de l'édifice. Il n'est pas certain que le premier fasse partie du même ensemble. Quant aux suivants, ils font vraisemblablement partie d'une palissade venant rejoindre le bâtiment et dont aucune autre trace n'a subsisté.

La phase b

La seconde phase du bâtiment 18 reprend le plan d'un édifice à parois déportées avec une structure porteuse de quatre poteaux longue de 5,4 m et large de 4,5 m. Les quatre poteaux au sud de la structure porteuse marquent l'emplacement de la paroi. Les deux poteaux du milieu sont

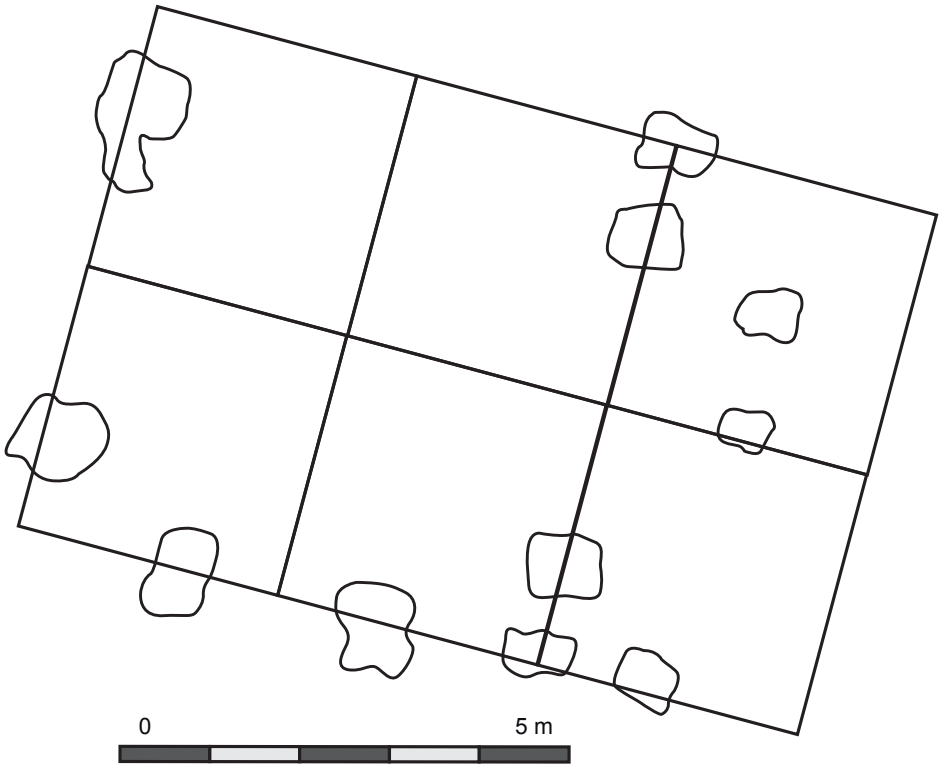


Figure 200. Plan du bâtiment 18a avec sa grille modulaire. Chaque carré mesure 3 m de côté.

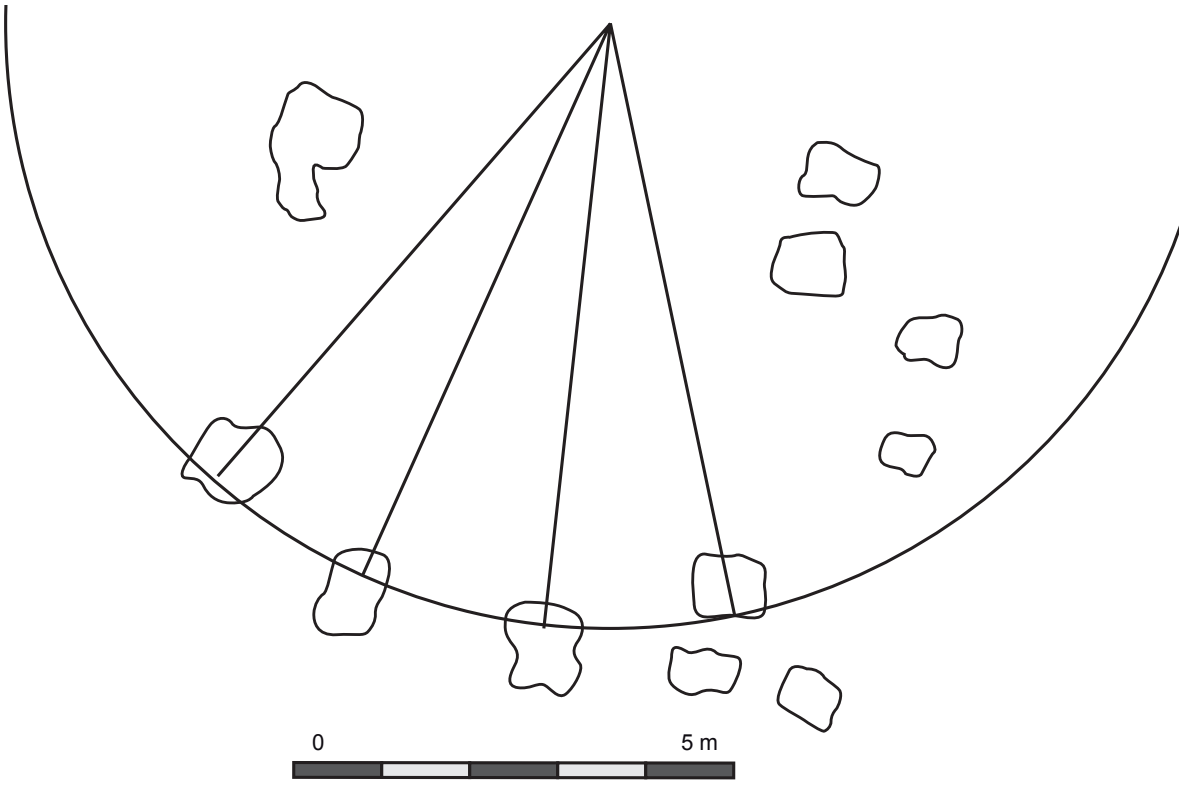


Figure 201. Schéma de planification du bâtiment 18a.

espacés de 2,4 m et peuvent mettre en évidence un système d'entré. Cette ligne de poteaux au sud est située à 0,64 m de la structure porteuse. Une ligne de trois poteaux au nord, à 0,72 m de la structure porteuse peut également matérialiser la paroi. À l'est enfin, une dernière ligne de trois poteaux située à 1,5 m de la structure porteuse peut être interprétée comme les vestiges d'une paroi ou d'une palissade. En effet, ces poteaux ne sont pas totalement alignés avec les autres éléments du bâtiment.

Encore une fois les mêmes techniques de construction que les bâtiments 1 (phase a), 16 et 18 (phase a) peuvent être appliqués lors de la planification (Figure 202). La présence des poteaux de la paroi nord nous permet de voir qu'il est également possible d'utiliser le centre de ce segment (ici le poteau 527) pour centre du cercle qui sera par la suite divisé pour marquer l'emplacement des poteaux porteurs sud et des poteaux d'entrée. Ce lien géométrique nous enjoint à considérer les alignements sud et nord de poteaux comme faisant partie de l'ensemble architectural malgré les disparités constatées au niveau des mesures.

Toutes les mesures de ce bâtiment ont pour dénominateur commun 0,30. La structure porteuse mesurerait 18 pieds sur 15 pieds. L'entrée est large de 8 pieds. L'écartement entre la structure porteuse et les parois ne fonctionne pas très bien avec ce système (2,133333... pieds au sud et 2,4 pieds au nord). Cela peut résulter d'une approximation au moment de la construction (volontaire ou non). On peut également se poser la question de la contemporanéité de ces structures. La ligne de poteaux à l'est, se situe à 5 pieds de la structure porteuse.

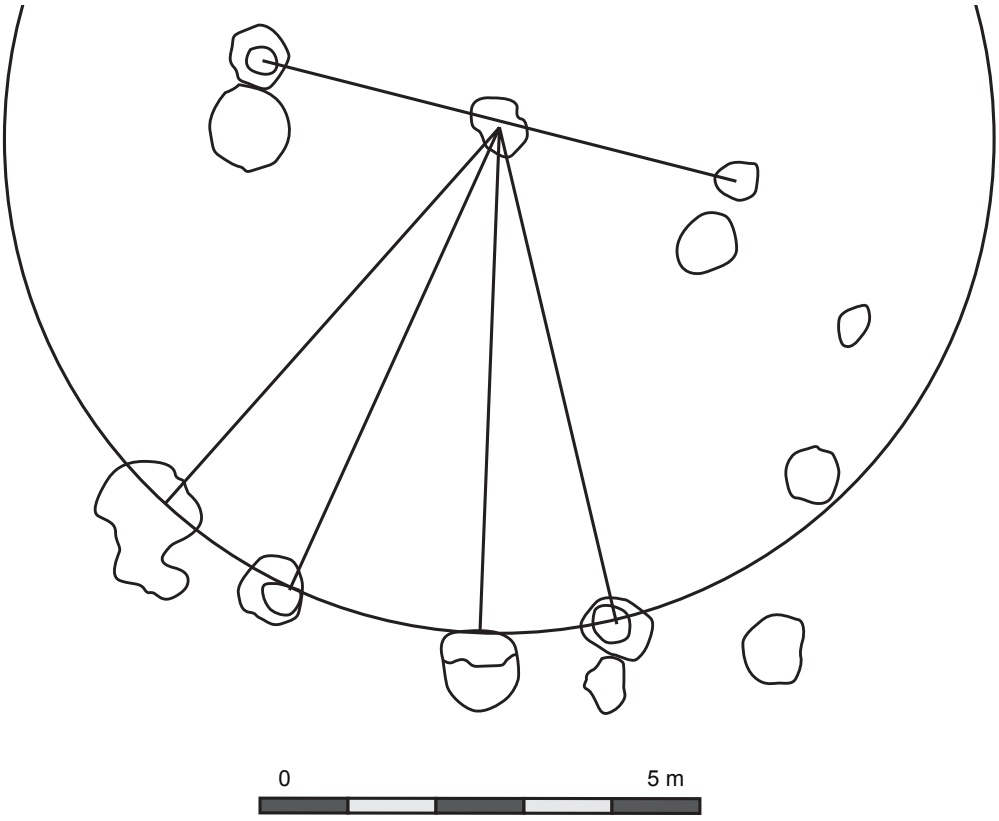


Figure 202. Schéma de planification du bâtiment 18 b.

2.9.3.9. Le bâtiment 19

Le bâtiment 19 repose sur neuf poteaux et présente un plan rectangulaire. Il s'agit probablement d'un grand édifice destiné au stockage. Il se situe à l'extérieur de l'enclos, au nord-est de celui-ci et semble s'intégrer dans une palissade matérialisée par les deux petits trous de poteaux situés aux sud-ouest (distant de 1,28 m) et au sud-est (distant de 1,92 m) du bâtiment. Cette petite portion de palissade est située dans la continuité des petits trous de poteaux au sud-est du bâtiment 18 et pourrait donc former un même ensemble. Il mesure 7,6 m de large pour une longueur de 9,6 m et occupe une surface d'environ 73 m². Les tierces de poteaux orientées nord/sud sont espacées de 3,8 m tandis que les tierces orientées est/ouest sont espacées de 4,8 m. Le plan de ce bâtiment présente une très grande régularité.

Le plus petit dénominateur commun le plus pertinent à l'ensemble de ces mesures est 0,32. La construction mesurerait ainsi 30 pieds de long pour 23,75 pieds de large. Les tierces est-ouest sont espacées de 15 pieds et les tierces nord-sud de 11,875 pieds (soit 11 pieds et 14 digits). Les poteaux de palissade se situent à 4 pieds du bâtiment pour le poteau ouest et 6 pieds pour le poteau à l'est. La très grande régularité des mesures et du plan du bâtiment laisse présager l'utilisation d'une grille modulaire lors la planification du bâtiment.

2.9.3.10. Le bâtiment 20

Le bâtiment 20 se situe au sud-est de l'enclos. Il est constitué de quatre poteaux centraux formant un carré de 4,8 m de côté, et d'une tranchée de fondation de forme trapézoïdale dont les côtés est et ouest mesurent 9 m de long, le côté nord 12 m et le côté sud 10,5 m. Le plus petit dénominateur commun à ces mesures est 0,30. Les dimensions exprimées à partir de cet étalon sont 16 pieds de côté pour la structure centrale, 30 pieds pour les portions est et ouest de la tranchée de fondation, 35 pieds pour la portion sud et 40 pieds pour la portion nord (Figure 203). Ce plan trapézoïdal est régulier et semble donc tout à fait volontaire.

2.9.3.11. Les bâtiments 15, 12 et 13, 7 et 14

Tous ces bâtiments sont des édifices de petites dimensions sur quatre poteaux et sont interprétés comme des greniers (Figure 204). Le faible nombre de mesures pouvant être prises ainsi que les petites dimensions des constructions rendent ces données moins pertinentes que celles obtenues sur des bâtiments ou des structures plus vastes et/ou plus complexes.

Les bâtiments 12 et 13 ont des plans tout à fait superposables. Ils mesurent tous deux 2,7 m sur 2,6. Il est difficile de déterminer un plus petit dénominateur commun uniquement sur la base de deux mesures (les possibilités se situent entre 0,25 et 0,27 et entre 0,30 et 0,325). Il est toutefois intéressant de noter que les deux plans sont tout à fait similaires. Cependant, il est impossible d'être certain de la contemporanéité de ces bâtiments.

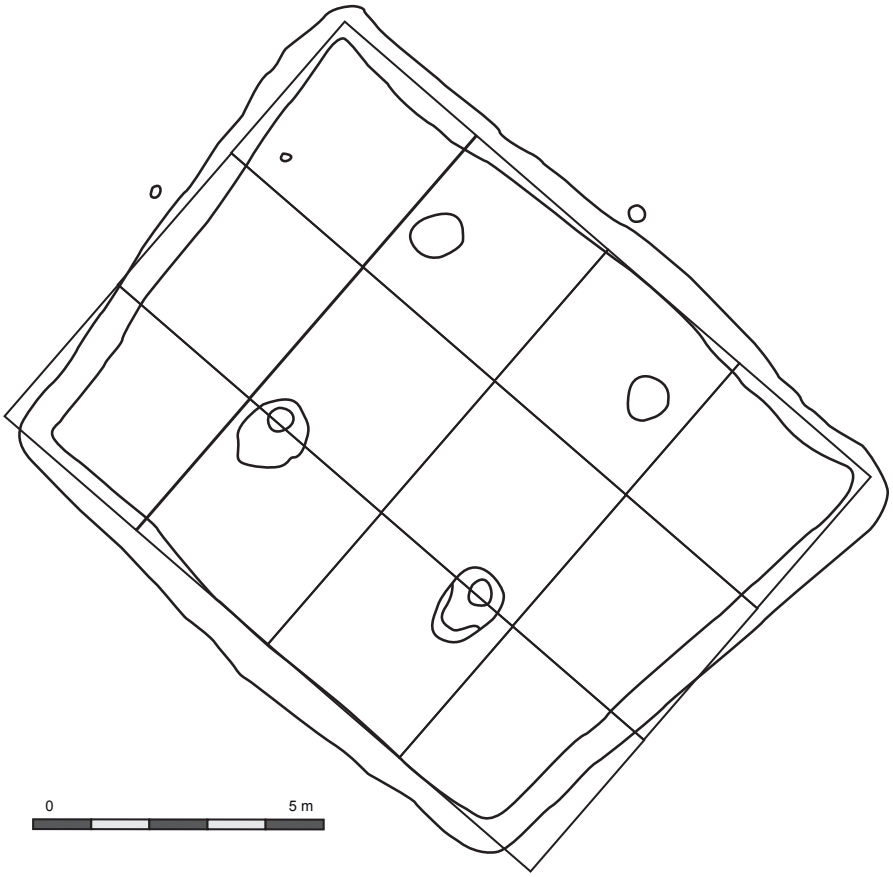


Figure 203. Le bâtiment 20 avec sa grille modulaire. Chaque carré mesure 3 m de côté.

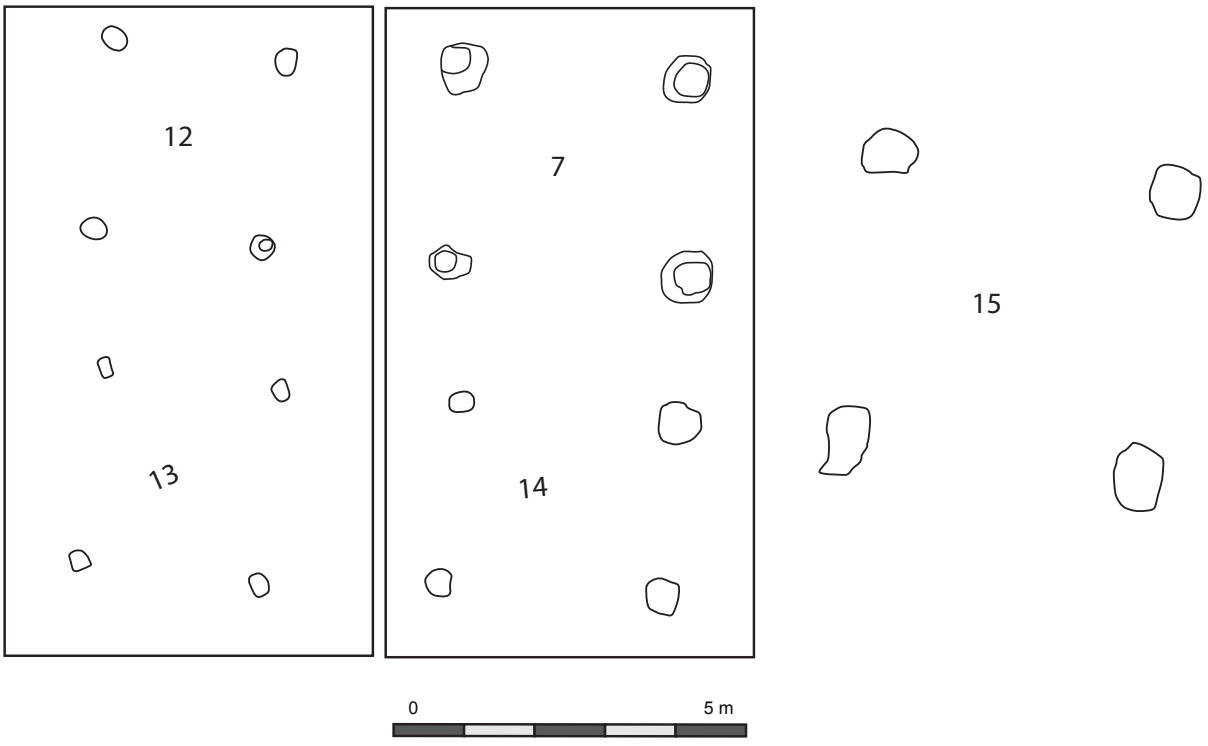


Figure 204. Les petits bâtiments sur quatre poteaux.

Le même cas de figure se présente pour les bâtiments 7 et 14. Ces édifices mesurent 2,7 m sur 3,2 m donnant ainsi les mêmes possibilités de plus petit dénominateur commun.

Le bâtiment 15, quant à lui, mesure 4 m de côté. On perçoit, une fois de plus les mêmes possibilités de plus petit dénominateur commun.

2.9.4. Conclusion

Trois groupes de plus petits dénominateurs communs ont pu être identifiés pour le site de Riedlingen « Auf der Klinge » (Figure 205). Le premier, regroupe les bâtiments 16, 10, 1 b et c, 6 a et 2 a et a pour dénominateur commun une valeur de 0,26 m +/- 0,01. Le second groupe réunit les bâtiments ayant pour plus petit dénominateur commun 0,30 m. Il s'agit des bâtiments 20, 1a, 2 b, 3, 18 a et b. Le dernier groupe comprend les bâtiments 9 et 19 qui ont pour dénominateur commun 0,32. Il est également possible d'ajouter à cet ensemble les bâtiments 2 b, 6a et 10 dont les proportions peuvent aussi s'exprimer à partir de 0,32 m +/— 0,005 ou encore 0,34 m pour le bâtiment 6a. Dans le cas de cet établissement, il a été possible de constater l'utilisation d'un même étalon dans deux cas de reconstructions de bâtiments (les bâtiments 1b et 1c, et les bâtiments 18a et 18 b). Il reste toutefois difficile de déterminer s'il s'agit ici d'un choix volontaire. Même si aucune valeur précise n'a pu être identifiée pour les petits bâtiments sur 4 poteaux (les bâtiments 7, 12, 13, 14 et 15), il faut tout de même remarquer que leurs plus petits dénominateurs communs potentiels se trouvent dans les mêmes tranches de valeurs. Il faut également relever la superposition parfaite des plans des petits bâtiments sur quatre poteaux 12 et 13 ainsi que les plans des édifices 7 et 14. L'enclos, quant à lui, a pu être planifié à partir de deux plus petits dénominateurs communs : 0,27 m qui pourrait faciliter la mise en œuvre de l'enclos et 0,30 m qui pourrait en faciliter les calculs.

L'établissement de Riedlingen offre également une variété de techniques de planification rigoureuses à l'échelle des bâtiments. La plupart des bâtiments ont pu être planifiés à partir de la répétition d'un module défini créant un rapport largeur/longueur variant d'un édifice à l'autre en fonction du plan recherché. Le bâtiment 20, de plan trapézoïdal régulier, présente un rapport largeur/longueur de 3/4 à partir d'un module de 3 m de côté. On retrouve également des rapports de 2/3 en particulier sur le bâtiment 10. Ce dernier a également pu être planifié par report de distance au compas. Les bâtiments 1 b et 3 dénotent l'utilisation des propriétés des triangles. Dans le premier, l'implantation des trous de poteaux a pu être déterminée grâce au report de triangles équilatéraux et aux reports de distance au compas. Dans le second cas, le bâtiment a pu être planifié à moitié en utilisant un triangle de rapport 1/2 avant de reproduire cette démarche par symétrie axiale sur un axe matérialisé par le schéma de planification. Cet exercice rappelle la solution de l'énigme de la division d'un carré en cinq parties égales qui repose essentiellement sur les propriétés des triangles et sur le Théorème de Pythagore. Les bâtiments 1a, 18a et 18 b témoignent quant à eux de la possibilité de la planification de bâtiment à parois déportées grâce à la division du cercle en parts égales afin de déterminer l'emplacement des poteaux porteurs et des poteaux d'entrée. Ce

		0,25	0,255	0,26	0,265	0,27	0,275	0,28	0,285	0,29	0,295	0,3	0,305	0,31	0,315	0,32	0,325	0,33	0,335	0,34	0,345
Bâtiment 16		X																			
Bâtiment 10		X		X													X				
Bâtiment 1	Phase b			X																	
Bâtiment 1	Phase c			X																	
Bâtiment 6	Phase a			X												X				X	
Bâtiment 2	Phase a					X															
Enclos						X						X									
Bâtiment 20												X									
Bâtiment 1	Phase a											X									
Bâtiment 2	Phase b											X			X						
Bâtiment 3												X									
Bâtiment 18	Phase a											X									
Bâtiment 18	Phase b											X									
Bâtiment 9																X					
Bâtiment 19																X					
Bâtiment 7		?	?	?	?	?						?	?	?	?	?	?				
Bâtiment 12		?	?	?	?	?						?	?	?	?	?	?				
Bâtiment 13		?	?	?	?	?						?	?	?	?	?	?				
Bâtiment 14		?	?	?	?	?						?	?	?	?	?	?				
Bâtiment 15		?	?	?	?	?						?	?	?	?	?	?				
Bâtiment 6	Phase b																				

Figure 205. Tableau récapitulatif des petits dénominateurs communs identifiés sur le site de Riedlingen, « Auf der Klinge ».

principe géométrique a également pu être perçu sur le bâtiment A de Ehningen.

Dans le cas des habitats ruraux de types « enclos emboîtés », les droites passant par l'un des angles de l'enclos principal et par l'emplacement de la porte y donnant accès, conditionnent dans certains cas la forme et les dimensions des enclos secondaires. Le rôle de ces droites passant par les portes avait pu être mis en évidence sur plusieurs établissements ruraux du terroir de Batilly-en-Gâtinais (CONY, WASSONG 2014). Malgré l'absence d'un enclos périphérique, une telle approche peut être effectuée dans le cas présent. En traçant la droite passant par l'angle nord-ouest de l'enclos et l'emplacement de la porte du site de Riedlingen nous constatons ici que le bâtiment 20 est parfaitement aligné sur cet axe et en épouse l'orientation (Figure 206). La fonction de ce bâtiment reste floue. L'auteur tend à l'interpréter comme un édifice cultuel ou une sépulture monumentale malgré l'absence de fosses dépotoirs et de tombe. Il est vrai que le monument en question est atypique dans le paysage architectural du site et une telle fonction est envisageable. Quoi qu'il en soit, l'enclos et le bâtiment 20 sont liés dans l'organisation du site par une relation géométrique dont la signification nous échappe. Il pourrait s'agir d'une volonté d'ostentation d'un ensemble de construction mettant en avant dans un premier temps un monument cultuel ou construit à la mémoire d'un défunt qui aurait pu jouer un rôle dans l'acquisition et/ou l'exploitation des terres liées à l'établissement rural qui comporte lui aussi une grande part de monumentalité.

Cette volonté de monumentalisation transparaît également dans le soin apporté dans la construction de plusieurs bâtiments et dont le schéma technique est vraisemblablement le même (en particulier pour les bâtiments 1a, 18 a et b et 16), et tout particulièrement pour le bâtiment 1. Ce dernier occupe une position centrale dans l'enclos et est aligné avec la porte monumentale. Il est également possible que ce bâtiment apparaisse entre deux sections de palissades, orientées nord-sud et divisant l'enclos en deux, et dont les vestiges sont perceptibles à l'est des bâtiments 2 b et 3. Les choix techniques et le soin apporté à cet édifice sont donc tout à fait justifiés par son emplacement.

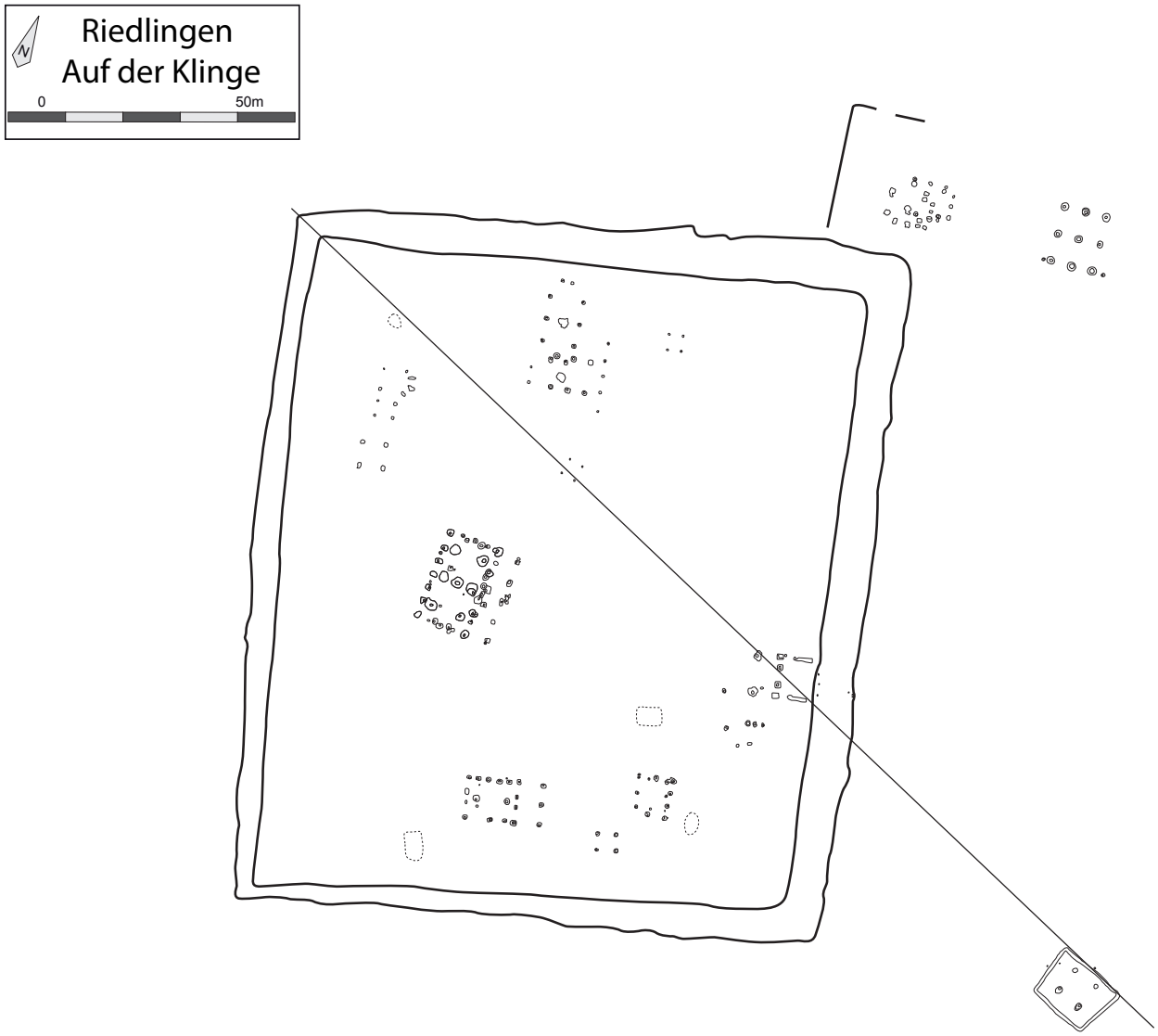


Figure 206. Plan général du site de Riedlingen, « Auf der Klinge » avec l'axe directeur.

2.10. A propos de quelques sites de Gaule méridionale

2.10.1. Introduction

La Gaule méridionale présente des formes architecturales et urbaines particulières dont la manifestation la plus flagrante est la construction sur murs porteurs en pierre qui se développe à partir de la seconde moitié du VIe siècle avant notre ère. Nous traiterons ici de trois sites : le Verduron, l'oppidum d'Entremont et Lattara. Ces trois sites, comme la majeure partie des sites méridionaux fouillés sur une grande superficie, ont d'ores et déjà fait l'objet d'analyses métrologiques. Nous utiliserons ici ces travaux, dont les conclusions de qualité sont systématiquement présentées comme provisoires par leurs auteurs respectifs, pour base de notre développement.

2.10.2. Le Verduron

Cet habitat fortifié est localisé au nord de Marseille et est daté du dernier quart du IIIe siècle avant notre ère et été fouillé en totalité sur sa superficie de 1100 m² en deux grandes étapes. Dans un premier temps par Stanislas Clastrier entre 1905 et 1911 puis par Loup Bernard entre 1999 et 2005. C'est à cette occasion qu'une analyse modulaire du site a été publiée en collaboration avec Alain Badie (BADIE et BERNARD 2008). Cette analyse est facilitée par l'absence de phases de réaménagements. Cela est vraisemblablement dû à la très courte durée de vie de l'établissement. Nous reprendrons ici les principaux résultats de cette analyse sur laquelle il est inutile de revenir avant d'approfondir quelques considérations.

Le site se compose d'un mur d'enceinte avec un espace de plan carré dans sa partie nord : la tour. Une ouverture de 1,85 m de largeur se situe au sud. Le bastion est divisé en quatre pièces. Vingt-et-une pièces longent le mur d'enceinte. Au centre de l'établissement se situe un îlot composé de onze pièces. La superficie des pièces est sensiblement la même (14,76 m² en moyenne) à l'exception de deux d'entre elles (A et B sur le plan qui mesurent respectivement 17,57 et 21 m²). La grande régularité du plan et des dimensions des éléments qui le constituent, autant les pièces que la voirie laissent présager l'utilisation d'un module dans la planification et la mise en place de ce site, et ce, malgré une forte pente.

Les pièces mesurent entre 3,8 et 4,2 m de long et 3,3 et 3,7 m de large. Les voies de passages, quant à elle, mesurent 1,8 m à l'est, 1,7 à l'ouest et 3,5 m au sud soit deux fois la moyenne de la largeur des deux rues précédentes.

Un module d'une valeur de 3,95 m est proposé sur la base des mesures effectuées sur le site et au vu de la répétition de cette distance dans l'ensemble de l'édifice. Cette valeur pourrait avoir un plus petit dénominateur commun d'une valeur avoisinant 0,40 m soit environ deux empans (2 x 0,20 m) (BERNARD à paraître). Les données issues des fouilles et de l'analyse architecturale et métrologique a permis de définir l'ordre des principales étapes de construction du site.

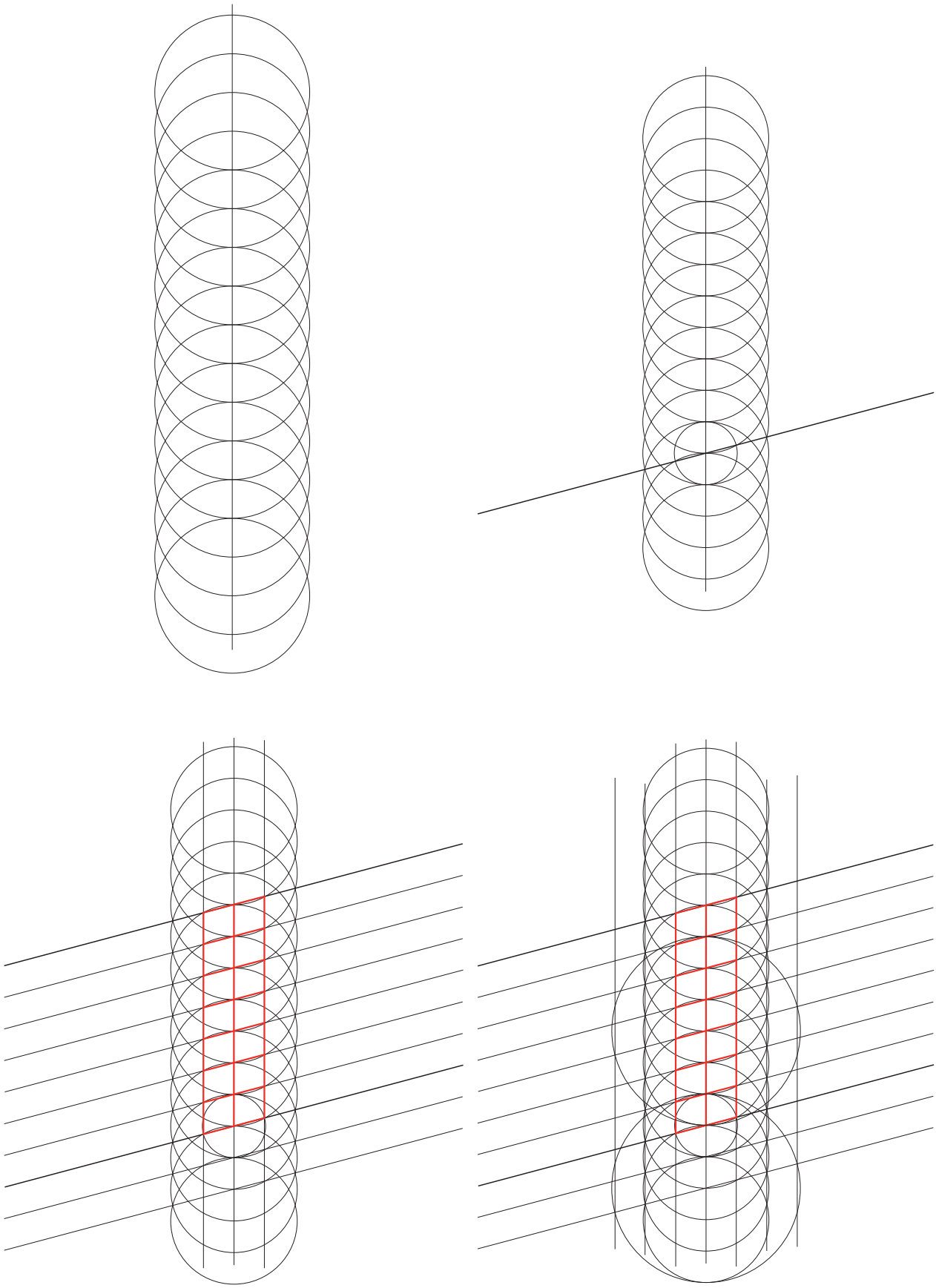


Figure 207. Etapes 1 à 4 de planification du site du Verduron.

Dans un premier temps, c'est le mur M1, au centre de l'îlot qui constitue l'épine dorsale du site qui est implanté. Puis, les murs d'enceinte M2 et M3, parallèles à M1 sont mis en place à trois modules de part et d'autre de ce dernier. S'en suivent trois actions dont l'ordre n'a pas pu être déterminés. L'implantation approximative des murs M4 et M5 au nord ainsi que du bastion, l'implantation des entraxes des murs des pièces espacés d'un module et l'implantation du mur M6 qui détermine la limite méridionale de l'établissement. La dernière étape consiste en la mise en place des longueurs internes des pièces (d'une valeur d'un module) à partir des murs M2 et M3 ou M1.

Tous ces éléments renvoient à une planification et un arpentage fait en amont de la construction du site. Il s'agit ici, au vu de l'adaptation aux contraintes topographiques d'un plan extrêmement rigoureux et géométrique, d'un exemple remarquable qui permet de voir la différence entre la conception et la construction d'un édifice. Observons le schéma de planification géométrique théorique de cet établissement qui tient en une dizaine d'étapes. (Figure 207 à Figure 209)

Dans un premier temps, on trace la droite passant au milieu de la longueur de l'édifice (ce qui deviendra le mur M1). Cette droite constitue l'épine dorsale de la construction. Une série de cercles ayant pour diamètre quatre longueurs et pour centre l'intersection entre les cercles et la droite fondatrice. Quatorze cercles sont nécessaires ici.

On trace alors un cercle de deux modules de diamètre qui marque la largeur de l'îlot central. Les cercles d'un diamètre de quatre modules génèrent, dans leurs enchevêtrements trois croisements que nous appellerons par souci de clarté intersections supérieures, intermédiaires et inférieures. Les premiers sont les intersections les plus éloignées de la droite fondatrice et les derniers sont les plus proches. En reliant deux intersections supérieures, il est possible d'obtenir l'angle que présente le mur méridional du site. Cette opération est répétée jusqu'à obtention d'une longueur satisfaisante pour l'édifice.

On trace les deux tangentes du cercle de deux modules de diamètre et parallèle à la droite fondatrice. Puis on trace deux cercles de 6 modules de diamètre. L'intersection entre ces cercles et une droite oblique donne les points d'ancrage pour les droites (parallèle à la droite fondatrice) qui formeront la limite extérieure du complexe architectural. On relie alors les intersections intermédiaires qui sont face à face entre elles. Celles-ci forment les limites des cellules d'habitation périphériques sauf pour la partie méridionale, construite à partir d'une ligne oblique.

La construction de la tour est plus complexe. On trace un premier cercle de 6 modules de diamètre partant de l'extrémité interne de la dernière cellule ouest. Celui-ci recoupe la droite reliant les intersections inférieures ouest. Ce point sert de centre à un second cercle de 6 modules de diamètre. Ce dernier recoupe le dernier cercle de 4 modules de diamètre tracé au cours de la première étape. On utilise ce point pour tracer un troisième cercle de 6 modules de diamètre. Un dernier cercle est alors ajouté en prenant pour centre l'intersection entre le premier cercle et le mur est du bâtiment. On relie ensuite les points d'intersection de ces quatre cercles. Ils forment la

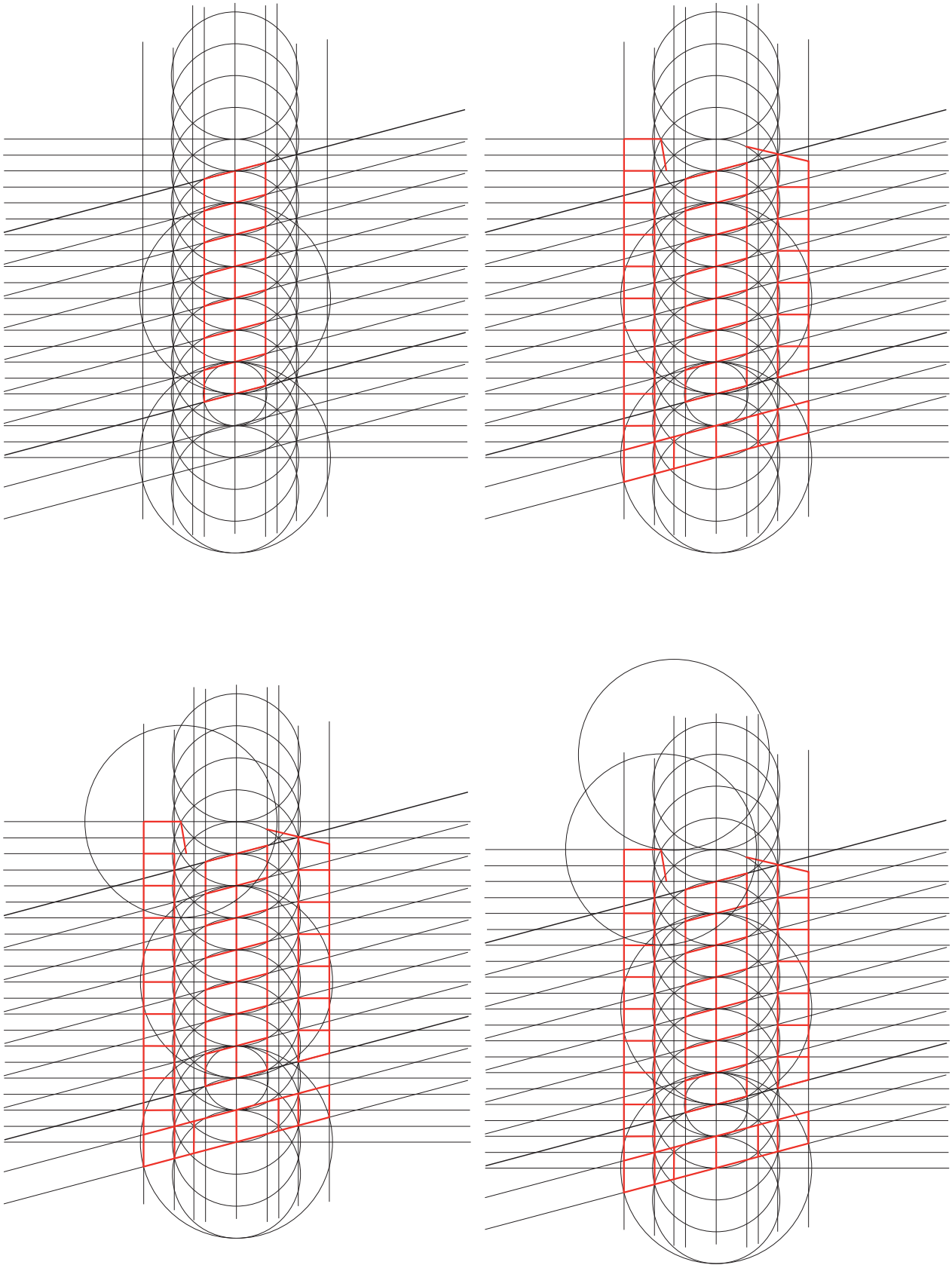


Figure 208. Etapes 5 à 8 de planification du site du Verduron.

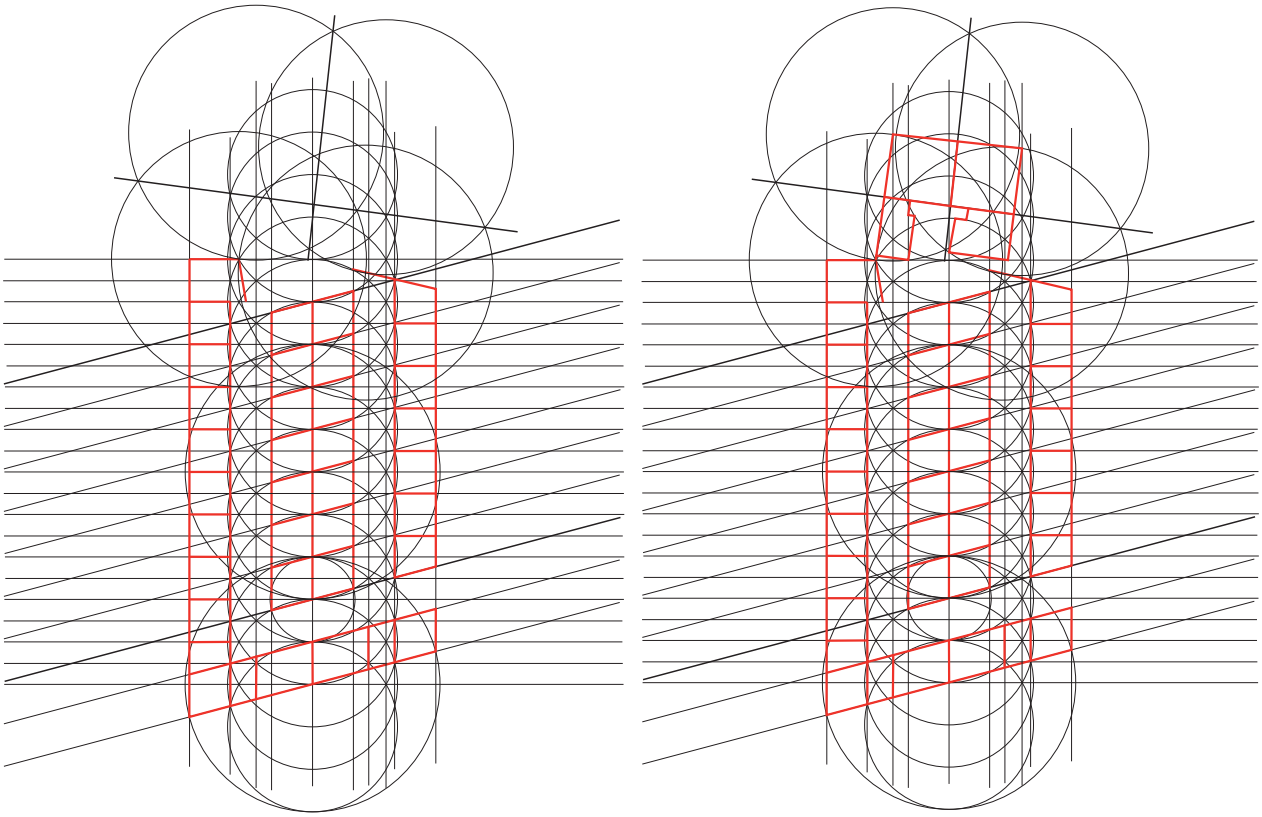


Figure 209. Etapes 9 à 10 de planification du site du Verduron.

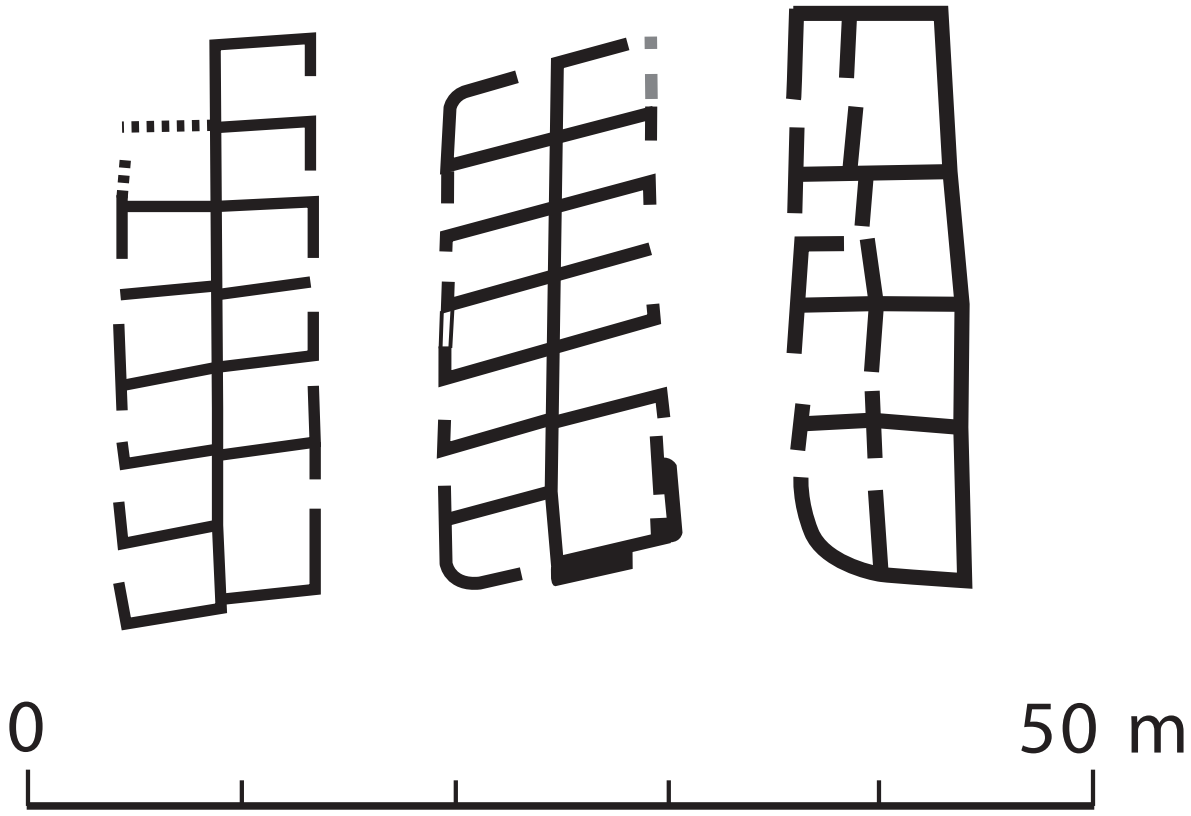


Figure 210. Comparaison entre les plan de l'îlot central du Verduron, l'îlot 15 d'Entremont et l'îlot 16 de Lattara.

partition de la structure quadrangulaire qui deviendra le bastion au nord du complexe, alors que les centres des différents cercles constituent les points d'ancrage de son contour.

Ce schéma de construction montre le lien entre tous les éléments du point de vue géométrique. Ces liens sont préservés lors de l'application sur le terrain, malgré leur adaptation à la topographie, ce qui laisse présager d'un réajustement très rapide d'un plan prêt bien en amont, soit une fois les contraintes identifiées soit dès le début de l'implantation ou de la phase de préparation

Cette forme architecturale n'est pas isolée et il faut mettre en avant la forte similitude avec l'îlot 15 de l'oppidum d'Entremont daté du IIe siècle avant notre ère (Figure 210). Dans une moindre mesure, le plan de l'îlot 16 de Lattara présente lui aussi quelques similitudes et daterait de la première moitié du IIe siècle (PY 2003 : 401). Il convient désormais de passer en revue ces deux sites afin de percevoir les potentiels liens entre ces différents établissements.

2.10.3. Entremont

Le site d'Entremont est un oppidum de 3,5 hectares. Il est occupé entre le IIIe et le Ier siècle avant notre ère avant un abandon au profit de la colonie romaine d'Aquae Sextiae (Aix-en-Provence). La première phase du site (l'enceinte 1) se limite à 9000 m². L'ensemble du site présente une organisation générale extrêmement régulière. Nous suivrons l'évolution chronologique du site dans notre propos. Ce site avait fait l'objet d'une première analyse par Henri Tréziny (TREZINY 1989) dont nous allons reprendre les résultats maintenant avant d'introduire de nouvelles réflexions.

À partir de l'organisation de la ville basse et en particulier de l'îlot 10, Henri Tréziny propose un module de 12 m de côté. Celui-ci se retrouve deux fois dans la largeur de l'îlot en question. Toutefois, nous ne connaissons pas la longueur de cet îlot, faute d'une exploration suffisante, ce qui limite l'hypothèse ainsi formulée. Il semblerait que l'ensemble de la ville basse, selon l'auteur, soit constitué de façon théorique de carrés légèrement déformés de 24 m, soit deux modules, de côté.

En ce qui concerne la ville haute, on retrouve le même entraxe entre les tours que pour celles de la ville basse soit environ 26,8 m. Cette valeur se retrouve aussi approximativement dans l'entraxe des rues des deux villes (27 m). L'auteur propose alors un plan orthogonal sous la forme d'un carré « en faisant abstraction de la topographie du plateau » qui induit selon lui la déformation du plan général et des différents îlots. Les dimensions de ces derniers sont extrêmement variables (il est à noter que seul le plan de l'îlot 15 est connu en totalité...) avec une largeur allant de 9 à 11,6 m et variant parfois au sein même de l'îlot. C'est le cas pour l'îlot 15 dont la largeur passe de 10 m à l'est à 10,8 m à l'ouest. En prenant en compte la largeur de deux îlots avec la rue qui les sépare, on obtient une longueur de 24 m qui correspond également à la longueur moyenne des îlots. On retrouve alors ici cette organisation en carré de 24 m de côté. La largeur des pièces de chaque îlot est de 3,29 m en moyenne pour une longueur moyenne de 4,97 m (soit un rapport 3/2).

De ces rapports et mesures, l'auteur propose un plus petit dénominateur commun d'une valeur

de 0,28 +/- 0,05 m s'appliquant à la fois à la ville haute et à la ville basse.

Nous tenterons ici d'exposer une autre possibilité de planification. La topographie du plateau joue-t-elle véritablement un rôle aussi déformant dans le cas d'Entremont et en particulier de sa partie haute ? Le dénivelé dans cette partie est inférieur à 5 m (soit une pente d'environ 2,8°). Se pourrait-il que ce plan parallélépipédique ait été voulu dès le départ ? La question se pose d'autant plus que l'enceinte de la ville haute suit assez bien une courbe de niveau et que l'on retrouve la même déformation avec des angles de même valeur sur le site du Verduron (Figure 210) alors que la pente y est beaucoup plus forte (15°).

Chaque cellule peut être divisée en deux triangles isocèles de base 3,5 m et de 4,9 m de côté soit respectivement la largeur et la longueur des cellules (Figure 211). Il est possible de construire ces quadrilatères par la diagonale, dont la valeur est égale à la longueur, en déplaçant alternativement un cordeau par exemple d'une distance égale à la largeur d'une cellule. Ce principe fonctionne d'autant que les angles rencontrés sur le site correspondent soit à la valeur d'un angle à la base soit à l'angle à la base auquel on ajoute l'angle au sommet du triangle isocèle en question (soit 70° environ pour l'angle à la base et 110° environ pour l'angle à la base auquel on ajoute l'angle au sommet qui vaut 40°). Au cours de l'application, il ne s'agit pas de mesurer l'angle, mais ici la mesure de cet angle nous permet de proposer l'hypothèse d'un report de distance par translation avec un outil comme la corde à nœuds. Le même procédé s'applique à l'enceinte de la ville haute (Figure 212) où l'on retrouve la même valeur d'angle dans son coin nord. Le plan complet de l'enceinte 1 n'étant pas connu nous ne nous hasarderons pas à aller plus avant dans cette hypothèse.

Ce principe ne marche pas pour la ville basse où les angles ne sont pas aussi marqués. Le module et le plus petit dénominateur commun restent les mêmes et ne remettent pas en cause l'hypothèse d'Henri Tréziny. Mais il peut s'agir de deux techniques d'arpentage différentes qui sont ici identifiées avec un même plan d'origine. Ces deux techniques peuvent aussi témoigner des deux phases d'aménagement du plateau à savoir la ville haute puis la ville basse. Dans tous les cas pour confirmer ces hypothèses nous avons besoin d'une meilleure connaissance des plans des îlots dont la majeure partie n'est connue que partiellement à l'heure actuelle.

Quoi qu'il en soit, pour l'oppidum d'Entremont nous nous trouvons en présence d'un site présentant une organisation préconçue et d'une régularité hors norme à la fois du point de vue de l'architecture que de la métrologie, fondée sur un plus petit dénominateur commun à tout l'établissement à quelques approximations près et avec des principes géométriques récurrents.

2.10.4. Lattara

Penchons nous désormais sur le cas de Lattara dont la forme d'urbanisme se rapproche de celle d'Entremont avec quelques caractéristiques locales en plus d'une longue durée d'occupation selon un plan d'urbanisme dont les fondements sont mis en place dès le Veme siècle avant notre ère. Il s'agit d'un site portuaire dont la superficie enclose atteint 3,5 ha, fondé aux alentours de 500 avant

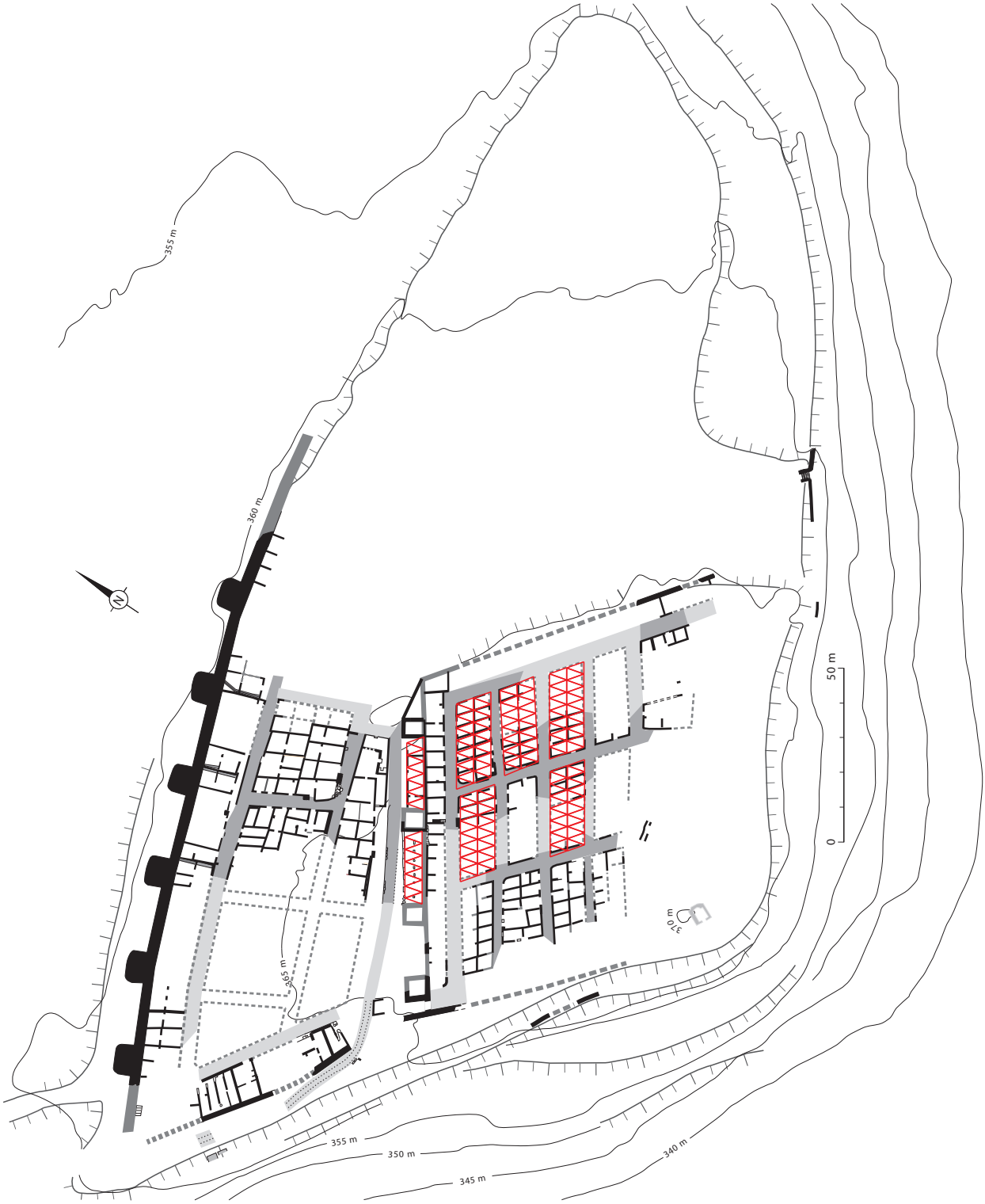


Figure 211. Plan général d'Entremont et planification par la diagonale des cellules.

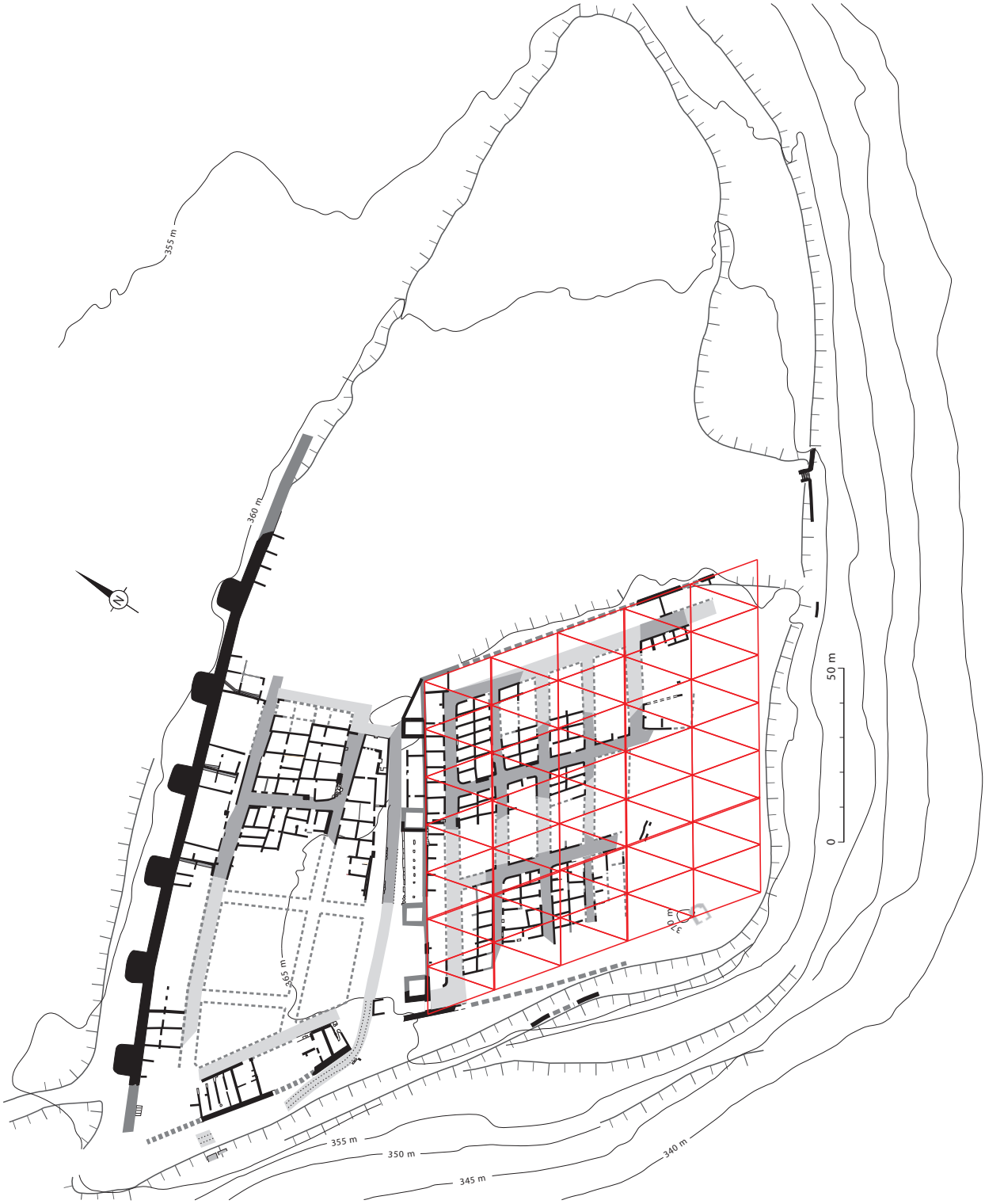


Figure 212. Plan général d'Entremont et planification par la diagonale de l'emprise de l'enceinte 1. Pour ne pas surcharger le plan, chaque diagonale correspond ici à 4 fois la longueur de la diagonale d'une cellule.

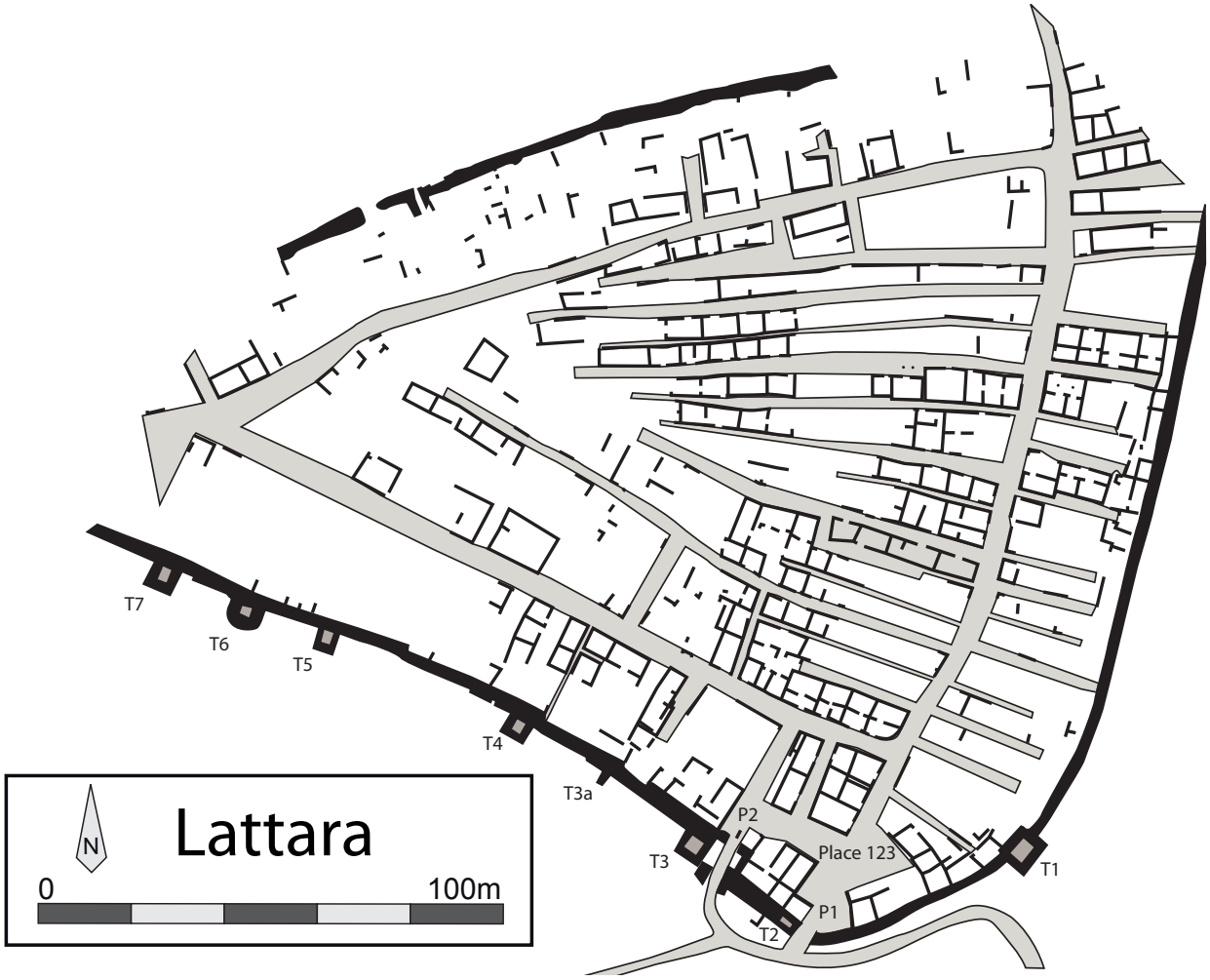


Figure 213. Plan général de Lattara au cours de l'âge du Fer.

notre ère et qui perdurera jusqu'au Ier siècle de notre ère. Il s'agit d'un établissement comportant des traces d'installations étrusques, grecques, indigènes et enfin italiques ont été perçues lors des fouilles.

La ville fortifiée présente un plan triangulaire avec trois axes principaux auxquelles se greffent des ruelles plus étroites. Cet ensemble régulier exclut la possibilité d'une planification empirique (PY 2003). La méconnaissance des horizons les plus anciens ne permet pas d'évaluer le degré général d'organisation et si une métrologie rigoureuse y fut appliqué. Aussi les considérations métrologiques concerneront principalement les IIIe, IIe et I er siècles avant notre ère.

Dans son article de 1996 (GARCIA 1996 : 19-22, Figure 214), Dominique Garcia met en avant la grande régularité des largeurs des îlots d'habitation, et ce, malgré une typologie variable (îlots longilignes avec une seule cellule dans la lageur, variante à deux cellules dans la largeur, îlots larges avec des murs de refend transversaux et les îlots barlongs adossés au rempart). La largeur maximale des cellules est de 4,7 m en moyenne (+/- 0,3 m) (comprenant des murs de 0,6 m d'épaisseur). Dans le cas des îlots présentant une largeur de 8,2 m, la seconde partie de l'îlot mesure 3,5 m. Cette extension vient probablement se mettre en place sur un espace non construit appartenant d'ores et déjà à la maisonnée qui possède la cellule sans empiéter sur le

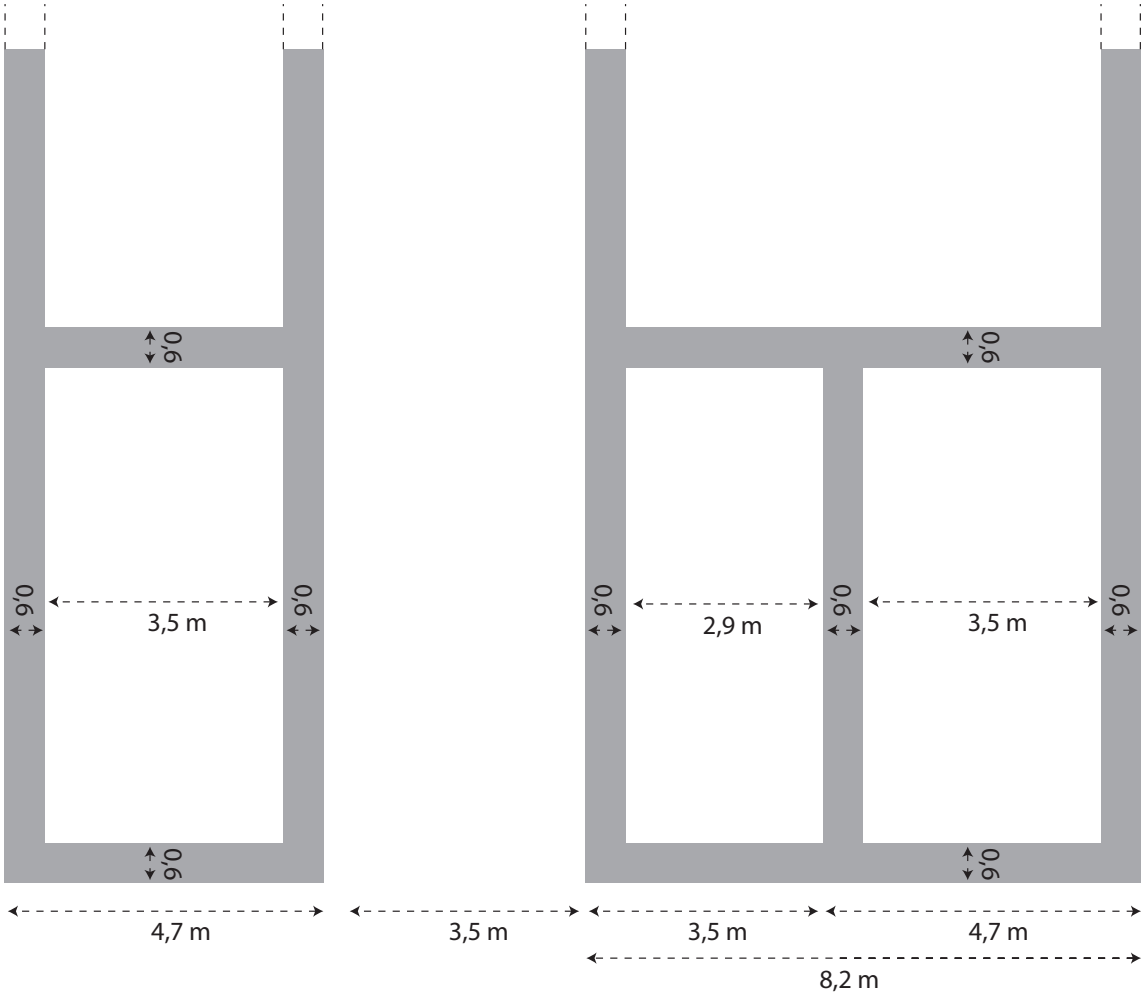


Figure 214. Organisation théorique des îlots de Lattes (GARCIA 1996 : 20)

domaine public qu'est la rue. Ces constatations poussent l'auteur à proposer l'existence de lots prédéfinis attribués aux Lattois et se basant sur un étalon (le terme module serait plus approprié ici) d'une valeur de 3,5 m. Ce module serait également applicable aux éléments publics comme les rues et ruelles. Toutefois les grandes variations de largeur au sein de celles-ci rendent impossible toute affirmation allant dans ce sens. Aucun rapport métrologique n'est identifiable au sein du rempart. L'auteur complète par la suite cette étude (GARCIA 1999 et 2014 : 181-186) et propose l'utilisation d'un module et 3,5 m de large et 5,25 m de long pour les cellules du site. Ces mesures correspondraient à 10 pieds de 0,35 m sur 10 coudées de 0,525 m. Ajoutons ici que la coudée de 0,525 m est le surmultiple du pied de 0,35 m (1 coudée vaut 1,5 pied). On peut donc parler ici d'un module et 10 sur 15 pieds de 0,35 m.

Nous ne reviendrons pas ici sur l'étude métrologique faite de façon tout à fait convaincante par Dominique Garcia sur les îlots et la voirie. Nous traiterons ici de la place 123 qui se situe à l'entrée méridionale du site, des entrées, ainsi que du plan de la ville fortifiée dans son ensemble. Ces éléments plus larges peuvent en effet mettre en avant un plan d'urbanisme général. D'après Dominique Garcia (GARCIA 2014 : 186), « l'organisation "géométrique" des agglomérations protohistoriques n'est pas à rechercher dans le plan d'ensemble, mais dans l'unité de base de cet

espace : la “maison” ». Pourtant, des indices d’un plan d’urbanisme général peuvent également être perçus et montrent dans ce cas une réflexion urbanistique plus développée. La ville protohistorique n’est pas une simple juxtaposition d’éléments standardisés. Dans certains cas (nous avons pu le voir au travers de sites étudiés précédemment), ces éléments s’intègrent dans un espace défini, délimité et normé. Il s’agit de voir si le site de Lattara peut entrer dans cette catégorie en exploitant le plan général du site et les éléments publics autres que les rues et ruelles.

Si l’épaisseur du rempart est assez variable et ne permet pas l’identification de critères métrologiques, il n’en est pas de même pour l’espacement entre les tours qui le rythment. En effet, nos mesures montrent que ces dernières (dont les plans ne sont que partiels dans chaque cas) sont espacées de distances variables, comprises entre 12,2 et 17,5 m, mais présentant un rapport métrologique commun.

L’espace séparant les tours T7 et T6 mesure 12,2 m (soit environ trois fois et demie 3,5 m), celui entre les tours T6 et T5, 12,3 m (soit environ trois fois et demie 3,5 m), entre T4 et T3a, 17,5 m (soit cinq fois 3,5 m), entre T3a et T3, 16 m en restituant une largeur de 6 m pour la tour T3a (la largeur moyenne des tours) (soit environ quatre fois et demie 3,5 m ce qui donnerait en théorie 15,75 m), entre T3 et T2, 19,6 m (soit 5,6 fois 3,5 m) et entre T2 et T1, 47 m (soit 10 fois 4,7 m).

L’espace entre T2 et T1 correspond à 10 fois la largeur maximale moyenne des cellules. En utilisant le pied de 0,35 m identifié par Dominique Garcia on peut exprimer les distances entre les autres tours de la façon suivante : T7 — T6 et T6 — T5, 35 pieds ; T4 — T3a, 50 pieds ; T3a — T3, 45 pieds ; T3 — T2, 56 pieds. Il est à noter que dans ces cas, l’expression de ces distances avec la coudée de 0,525 m (surmultiple du pied de 0,35 m) renvoie à des nombres avec des développements décimaux de 1/3 à l’exception de la distance T3a — T3 (respectivement 23,333... ; 33,333... ; 37,333...). Bien que l’usage des fractions soit attesté pour les populations antiques, l’utilisation ici du pied de 0,35 m comme plus petit dénominateur commun est une solution plus aisée.

En dehors de la tour T1 érigée en relation avec le rempart primitif (fin du VIème et début du Vème siècle) et intégrée aux réfections ultérieures (PY 2009 : 33-34), les tours sont toutes érigées dans la seconde moitié du IVème siècle (PY 2009 : 83-90). Le bastion T2 correspond à un aménagement en lien avec la porte P1 dont la mise en place est contemporaine de la tour T1. Cet écart chronologique peut être une des raisons de l’identification de deux modules dans le rythme des tours du rempart malgré un lien métrologique entre les deux valeurs identifié dans l’urbanisme intra-muros. Le premier, 4,7 m, a été utilisé au cours de la phase d’aménagement primitive. S’en suivent, presque deux siècles sans projet de réfection de grande ampleur avant l’installation des tours suivantes se basant sur un système métrologique lié, mais avec un module de 3,5 m. Ce lien entre les deux modules et leurs utilisations à la fois au sein des cellules et des aménagements défensifs montrent clairement la persistance des étalons de mesure au cours du temps à l’échelle d’un site.

On retrouve le même cas de figure dans la largeur des ouvertures méridionales du site. La

première, P1, mise à place dès l'état primitif du rempart mesure 4,5 m de large. Cette mesure se rapproche des 4,7 m identifiés précédemment. La seconde, P2, mesure quant à elle 2,9 m de large, soit la largeur hors murs des pièces aménagées en avant des premières cellules construites dans certains îlots.

La place 123, qui se situe au nord de la porte P1 n'est pas en reste. Nous évoquons ici ses dimensions dans son état le plus récent. Ces dimensions témoignent du respect à la fois de la place publique comme aménagement et d'une norme métrologique persistante au cours du temps. À son extrémité nord, celle-ci mesure 16,5 m de large tandis qu'à son extrémité sud elle mesure 8,2 m pour une longueur totale de 16,3 m. On retrouve ici dans les dimensions de la place 123 la largeur des îlots doubles (8,2 m) et approximativement deux fois cette valeur dans la longueur et le côté nord de l'aménagement. Ces éléments montrent que les aménagements publics de ce type ont été réalisés avec un étalon identique. Ce plan a été mis en place très tôt, dès le début de l'installation, et a été respecté dans ses grandes lignes jusqu'à la fin de l'occupation en s'appliquant à l'ensemble du site que ce soit aux îlots comme aux installations publiques. Cela renforce l'hypothèse de la découpe d'un terrain en lots de dimensions définies qui sont par la suite allouées à des fonctions spécifiques (militaire, délimitation, habitation) puis à des propriétaires et/ou maître d'œuvre qui seront en charge d'exploiter le lot attribué.

2.11. Une géométrie sacrée dans les sanctuaires celtiques ?

2.11.1. Introduction

Les chiffres et par extension les proportions ont pu revêtir des connotations symboliques importantes dans certaines doctrines de l'Antiquité. C'est le cas par exemple du pythagorisme, école de pensée souvent rattachée à la philosophie des druides et dans laquelle la géométrie peut revêtir un caractère sacrée (BRUNAUX 2006 et 2015). En théorie, il est possible de retrouver ce symbolisme dans des édifices ayant une fonction rituelle. L'architecte antique Vitruve évoque également des mesures et des proportions réservées aux édifices religieux (*De architectura*, III). Ces préceptes ne sont toutefois que très rarement appliqués dans les constructions. À travers une sélection d'édifices et de complexes rituels, nous verrons ici si une géométrie sacrée est appliquée dans le monde celtique.

2.11.2. Les installations cultuelles de Roseldorf Sandberg

Ce site est une agglomération ouverte couvrant une superficie de 25 ha. Il est occupé de La Tène A à La Tène D1 et présente les traces d'une forte activité agricole et économique. La grande majorité des structures mises au jour sont des bâtiments semi-enterrés. Trois aménagements cultuels ont également été mis en évidence. Il s'agit d'enclos quadrangulaires de taille variable, au centre desquels des fosses ayant recueilli divers types de dépôts (objets métalliques, restes fauniques ou humains) ont pu être fouillées. Ces trois aménagements semblent avoir été en fonction en même temps et durant toute la période d'occupation du site (les datations restent toutefois encore assez

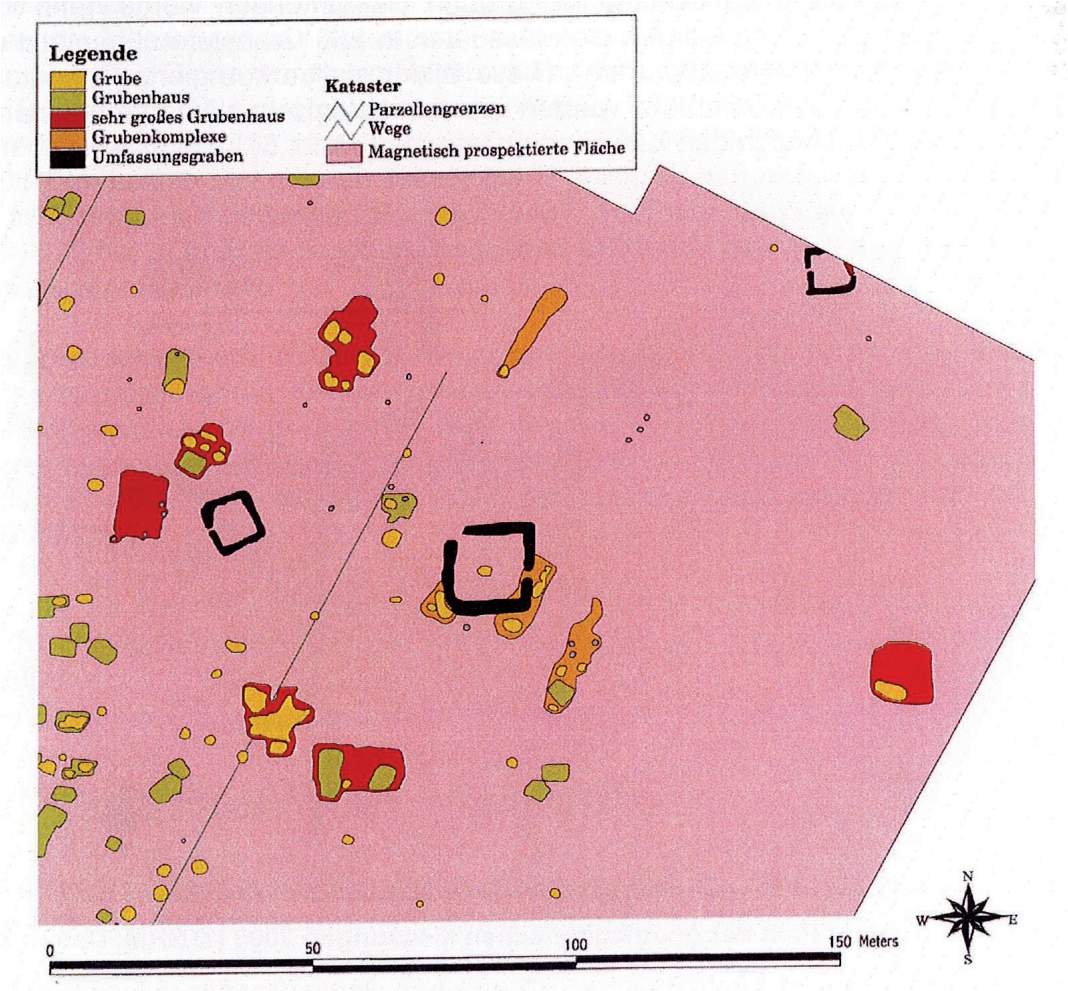


Figure 215. Extrait du plan général de Roseldorf, Sandberg centré sur le quartier à vocation cultuelle (HOLZER 2009).

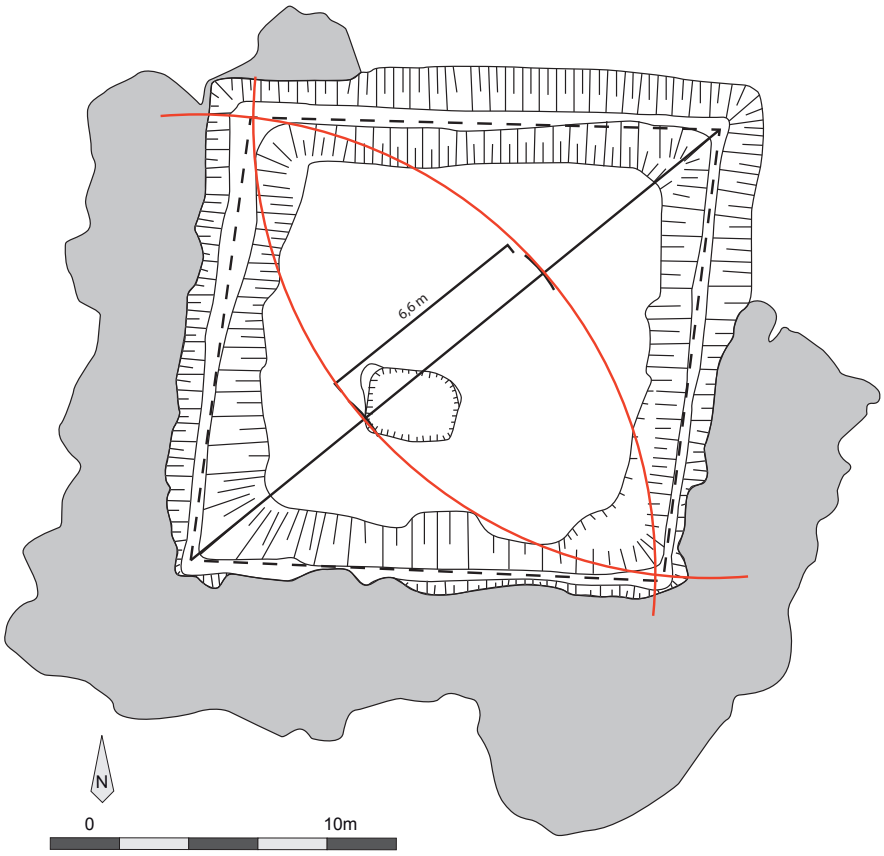


Figure 216. Plan de l'objet 1 (enclos) et 5 (fosse) et technique de planification.

imprécises) (Figure 215).

2.11.2.1. Les objets 1 et 5

Il s'agit d'un enclos quadrangulaire (objet 1) et d'une fosse (objet 5) qui se situe en son centre. Une partie de l'enclos a été perturbé par des structures plus récentes, mais le plan reste tout à fait exploitable. Les mesures sont prises à partir du centre du fossé étant donné que les limites extérieures ne sont pas connues sur tous les côtés de l'édifice.

L'enclos mesure 13,5 m au nord, 13,1 m à l'est, 13,7 m au sud et 13,3 m à l'ouest. Cet aménagement présente donc des dimensions assez régulières et très proches. La diagonale sud-ouest/nord-est mesure 19,8 m et la diagonale nord-ouest/sud-est mesure 18 m. La fosse centrale se situe sur le trajet de la diagonale sud-ouest/nord-est, à 8,1 m de l'angle sud-ouest et 11,7 m de l'angle nord-est.

La valeur de la diagonale sud-ouest/nord-est (19,8 m) peut être obtenue en répétant 1,5 fois la longueur 13,2 m. Cette valeur est très proche des dimensions des côtés de l'enclos. On peut alors proposer l'hypothèse de l'utilisation d'un module de 6,6 m se retrouvant deux fois sur les côtés de l'enclos et trois fois dans la diagonale. Cet ensemble a pu être planifié par la diagonale la plus longue en reportant la distance de deux modules depuis chaque extrémité du segment pour obtenir le quadrilatère désiré (Figure 216).

Le plus petit dénominateur commun à ces mesures est 0,30 m. On obtient alors les dimensions suivantes : un module de 22 pieds de long, une diagonale de 66 pieds, et des côtés de 44 pieds (en théorie, en pratique on observe une marge d'erreur de +/- 1,66666... pieds). La seconde diagonale mesure quant à elle 60 pieds de long.

La superficie enclose correspond à environ 180 m². Avec les approximations dues vraisemblablement à la réalisation et aux choix des points de mesures, on obtient un léger décalage des côtés de l'enclos, induisant une valeur qui bien qu'approchante, n'est pas tout à fait celle que nous évoquons (178,2 m²). 1 pied² équivaut à 0,09 m², on obtient alors 2000 pieds². Il est possible que dans le cas de la construction de cet ensemble, une superficie enclose précise était recherchée conditionnant le plan de l'édifice lors de sa construction.

2.11.2.2. L'objet 12

Il s'agit d'un enclos quadrangulaire délimité par un fossé de 1 m de large en moyenne et profond de 0,5 m, dans lequel quatre fosses dépotoirs formant un plan carré ont été fouillés. L'enclos mesure 7,9 m au nord, 8,2 m à l'est, 8 m au sud et 9,3 m à l'ouest. Les diagonales mesurent toutes deux 11,9 m. Le quadrilatère formé par les quatre fosses à l'intérieur de l'enclos mesure 1,9 m de long et 1,6 m de large.

Dans ce cas également, la planification par la diagonale est possible à partir d'un module

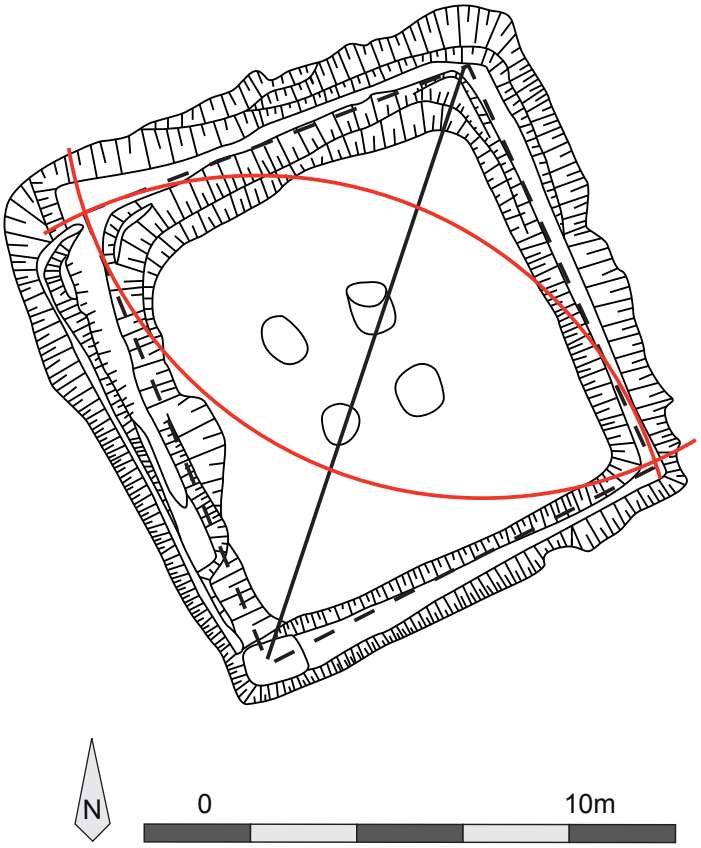


Figure 217. Plan de l'objet 12 et technique de planification.

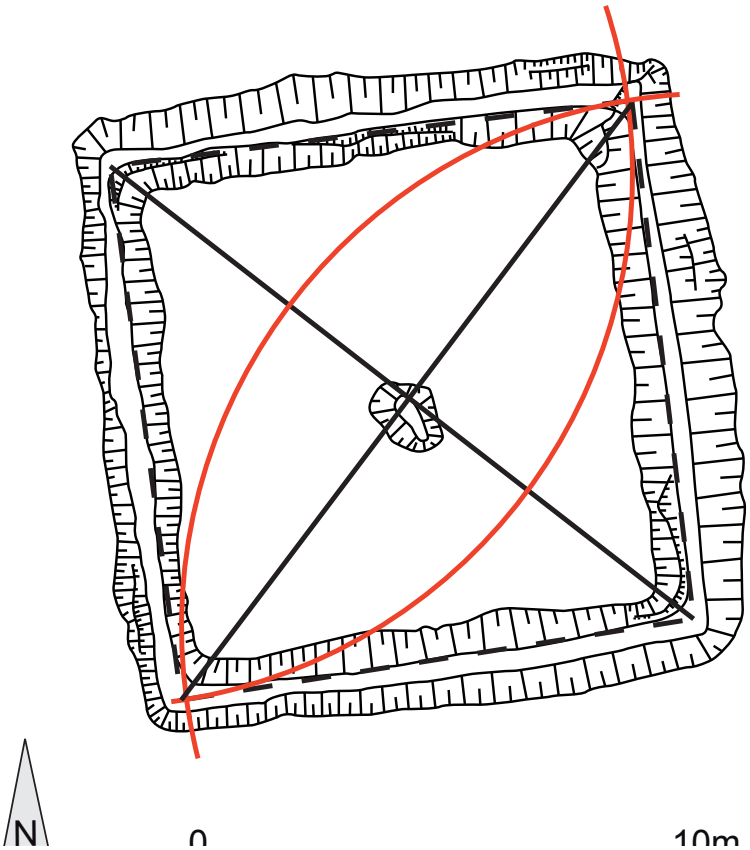


Figure 218. Plan de l'objet 12 et technique de planification.

de 3,95 m. Ce module multiplié par 3 donne la longueur des diagonales soit 11,9 m (en réalité 11,85 m). En le multipliant par 2 on obtient 7,9 m soit la mesure du côté nord de l'enclos (Figure 217).

Deux des quatre fosses se situent sur le trajet de la diagonale nord-sud. En dehors de ce rapport géométrique, aucun rapport métrologique n'a pu être constaté entre l'enclos et les fosses.

Le plus petit dénominateur commun à ces mesures est 0,30 +/- 0,05 m. On obtient dès lors les dimensions suivantes : un module de 13 pieds, des diagonales de 39 ou 40 pieds et des côtés de 26 ou 31 pieds.

L'enclos englobe une superficie de 69,38539... m². Avec 1 pied² valant 0,09 m², on obtient une surface de 770, 94885... pieds². Cette valeur très proche d'un chiffre rond va dans le sens de l'hypothèse formulée pour l'objet 1 et proposant la recherche d'une certaine superficie enclose conditionnant par la suite la planification de l'ensemble.

Aucun rapport métrologique n'a pu être identifié dans l'agencement des fosses.

2.11.2.3. L'objet 13

Cet enclos de plan quadrangulaire est délimité par un fossé de 1 m de large en moyenne et profond de 0,5 m tout comme le fossé de l'objet 12. Au centre de cet aménagement une fosse dépotoir a été découverte. L'enclos mesure 7,5 m de côté avec des diagonales de 10,5 m. La fosse centrale se situe exactement au centre de la structure, au croisement entre les deux diagonales. Là encore la planification par la diagonale est possible. Le module utilisé ici vaut 3,5 m. On le retrouve trois fois dans la diagonale et deux fois avec une marge d'erreur dans les côtés de l'enclos (Figure 218).

Le plus petit dénominateur commun de ces mesures est 0,30 m. On obtient un enclos mesurant 25 pieds de côtés et 35 pieds dans ses diagonales. La superficie enclose par cet ensemble est de 56,25 m². Avec 1 pied ² valant 0,09 m² on obtient une surface de 625 pieds². Dans ce cas on s'éloigne d'un chiffre rond pour la superficie de l'enclos, mais il s'agit toujours d'un résultat non relativement simple à obtenir et mesurer. Toutefois la régularité se trouve dans les proportions et les dimensions de l'infrastructure.

2.11.2.4. Conclusion

Ces trois ensembles cultuels de Roseldorf ont pu être planifiés selon une technique identique et un étalon de 0,30 m. Ils font à l'évidence partie d'un projet architectural cohérent effectué avec une norme stable. Une question reste désormais en suspens. S'agit-il du seul quartier de l'agglomération présentant de telles normes ou bien s'appliquaient-elles à l'ensemble du site ? Si leur utilisation se limite à ce complexe, est-ce parce qu'il s'agit d'un espace destiné aux cultes et/ou parce qu'il s'agit d'un même projet d'aménagement ? Malheureusement, en l'état actuel,

la documentation concernant les autres structures du site n'atteint pas la qualité suffisante pour permettre ce type d'étude. Il est donc impossible de corréler ces résultats avec l'étude des autres infrastructures de l'agglomération.

2.11.3. Gournay-sur-Aronde

La fouille de l'espace cultuel de l'oppidum de Gournay-sur-Aronde a eu lieu entre 1975 et 1984. Cet aménagement est fondé à La Tène B2 et est utilisé jusqu'à la fin du Ier siècle avant notre ère avant une période de hiatus qui prendra fin au IVe siècle de notre ère quand un fanum sera construit. Le sanctuaire a connu six phases de réaménagements. Les quatre premières phases sont délimitées par un fossé englobant une superficie de 1200 m². Nous nous attarderons particulièrement sur les aménagements intérieurs. L'enclos en lui-même n'est pas entièrement connu et les études métrologiques le concernant ne sont pas pertinentes.

2.11.3.1. Phase I

Au cours de la phase I, le fossé délimite l'espace sacré et cinq trous de poteaux et deux fosses formant deux alignements perpendiculaires sont présents à l'intérieur de cet espace (Figure 219). Cet aménagement, bien qu'extrêmement simple, présente une très grande régularité. La distance séparant les poteaux P2 et L est égale à la distance entre P3 et L', soit 10,2 m. L'entraxe LL' mesure 3,75 m. L'espace entre P1 et L et entre P1 et L' mesure 3,9 m. La distance séparant les deux fosses est de 3 m. La fosse A se situe à 10,2 m du trou de poteaux P1.

La distance séparant les poteaux P1 (ou P3) du croisement entre les segments [P1P3] et [P1fosseD] (que nous appellerons X) est de 12 m. La distance entre la fosse D et X est de 9,3 m et entre la fosse D et le poteau P3 (ou P1) est de 15,3 m. LX et L'X mesure 1,8 m.

Le seul plus petit dénominateur commun à l'ensemble de ces mesures est 0,3 m. En utilisant un module de 3 m (soit 10 pieds), on retrouve 4 modules entre P1 (ou P3) et X, 3 modules (31 pieds plus précisément) entre la fosse D et X et 5 modules (51 pieds) entre la fosse D et P1 (ou P3). On retrouve ici le triplet pythagoricien 3-4-5 malgré une unité supplémentaire sur deux des côtés. Les segment [LX] et [L'X] mesure 6 pieds. La fosse A se situe à 34 pieds du poteau P1. Les distances [P1L] et [P1L'] mesurent 13 pieds et [LL'] 12,5 pieds.

2.11.3.2. Phase II

Au cours de la phase II, le fossé est boisé et plusieurs fosses sont creusées. La plus grande de ces fosses se trouve au centre et neuf fosses l'entourent au nord, à l'ouest et au sud. Une palissade double le fossé à l'extérieur de l'aire sacrée. Une partie des poteaux de la phase I était potentiellement toujours en fonction au cours de cette phase qui présente la même orientation.

L'emplacement des fosses est là encore très régulier. Jean-Louis Brunaux y voit une planification rigoureuse (BRUNAUX 1985 : 89-90). Les fosses périphériques se situent toutes à 3,5 +/-0.02 m

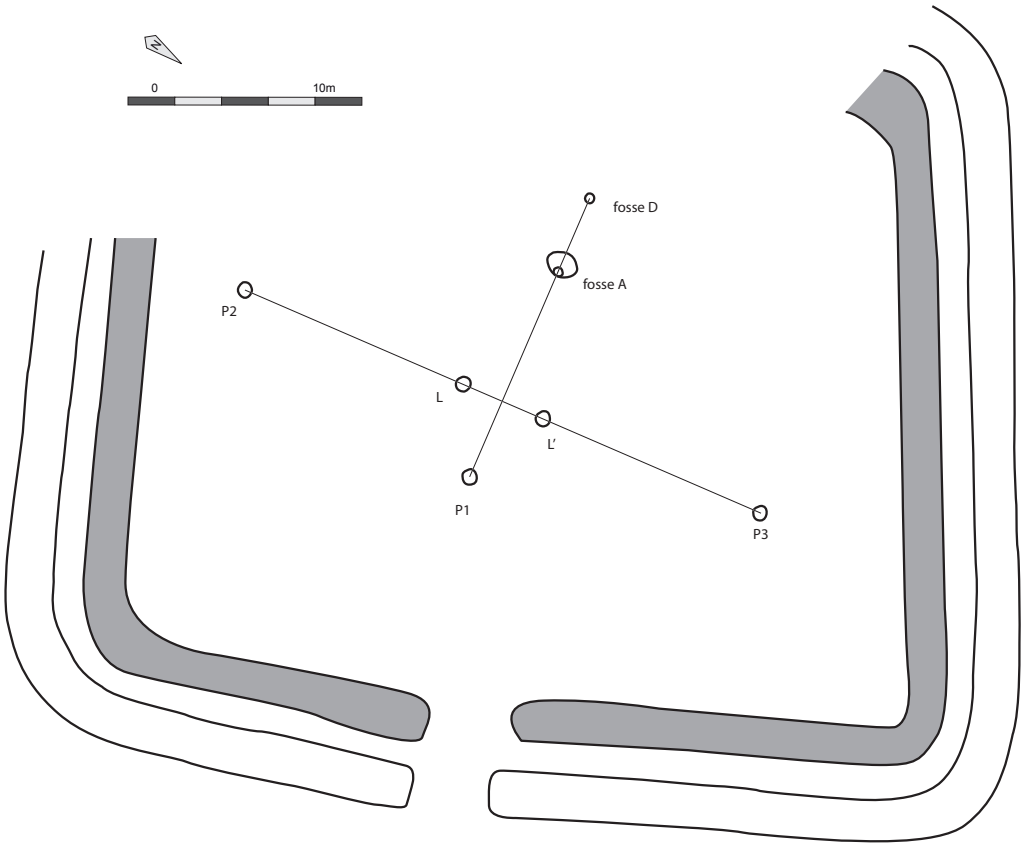


Figure 219. Plan du sanctuaire de Gournay-sur-Aronde, phase I et alignement des poteaux.

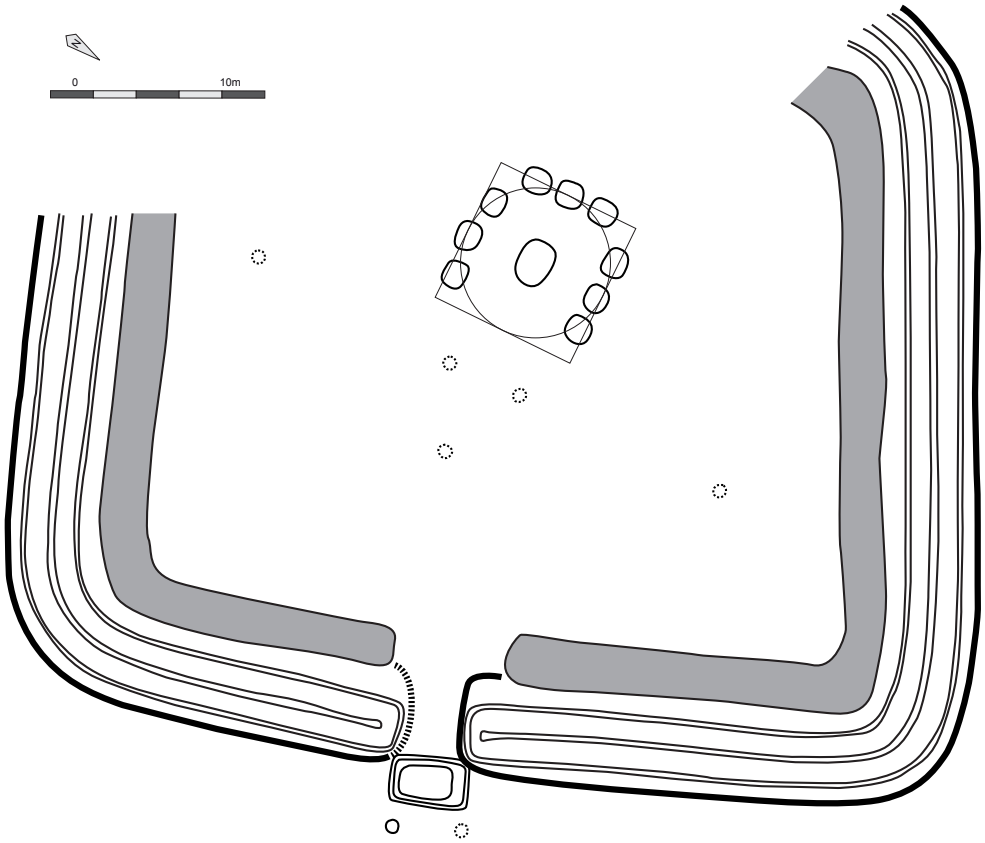


Figure 220. Plan du sanctuaire de Gournay-sur-Aronde, phase II et rapport géométrique. Le carré mesure 7 m de côté et le cercle 7 m de diamètre.

de la fosse centrale. L'espace séparant chacune des fosses est de 70 cm soit dix fois moins que le diamètre de la structure (7 m) (Figure 220). L'utilisation d'un plus petit dénominateur commun d'une valeur de 0,35 m est la plus probable dans ce cas. La structure mesurerait alors 20 pieds de large et les fosses périphériques seraient séparées les unes des autres de 2 pieds et à 10 pieds de la fosse centrale.

2.11.3.3. Phase III

Au cours de la phase III, un fossé périphérique est creusé en avant de la palissade et un bâtiment de plan semi-circulaire est édifié au-dessus de la fosse centrale, encore en fonction à cette époque. Le plan de ce bâtiment tranche par son organisation bien moins rigoureuse par rapport à l'organisation des fosses de la phase II. Le bâtiment est constitué de 11 trous de poteaux dont 4 bien alignés constituent la façade est. L'espacement entre les poteaux varie entre 1,5 et 2,3 m. L'ensemble de la construction mesure 7 m de long et 6 m de large. Malgré cette irrégularité, on constate qu'il est possible de caler le même schéma de planification sur ce bâtiment que celui ayant pu être utilisé lors de la phase précédente (Figure 221). Seuls les poteaux de la façade est ne rentrent pas dans ce schéma. Autre différence notable, le point central de ce schéma ne se situe pas au centre de la fosse centrale, mais à son extrémité ouest. La variabilité des mesures empêche ici l'identification d'un plus petit dénominateur commun.

2.11.3.4. Phase IV

Durant cette phase, la fosse centrale utilisée durant les deux aménagements précédents et l'édifice est reconstruit avec un plan quadrangulaire. De plus l'entrée de l'enclos est désormais matérialisée par deux poteaux distants de 5,1 m. Deux poteaux se situent de part et d'autre de la façade est du bâtiment à 7,2 m de celui-ci. Ce dernier mesure 5,7 m au sud, 6,2 m à l'est, 6 m au nord et 6,4 m à l'ouest. Au sein de chaque façade, la distance séparant les poteaux est variable. Il est possible d'utiliser un module de 1,5 m dans ce cas. On retrouve ce module quatre fois dans les longueurs du bâtiment (4x1, 5 donnant 6 m soit la moyenne des longueurs des quatre côtés de l'édifice), trois fois dans l'espace séparant les deux poteaux d'entrée de l'enclos et cinq fois entre le bâtiment et les poteaux isolés au nord et au sud (Figure 222). Ce module permet l'utilisation du 3-4-5 dans la planification des angles droits du bâtiment qui, malgré des dimensions inégales, mais très proches sur chacun de ses côtés, présente un aspect assez régulier. Le plus petit dénominateur commun à ces mesures est 0,30 m. On aurait alors l'utilisation d'un module de 5 pieds sur un bâtiment mesurant environ 20 pieds de côtés. L'entrée mesure 17 pieds et les poteaux nord et sud se situent à 24 pieds du bâtiment.

2.11.3.5. Phase V

Cette phase correspond à un réaménagement de la seconde moitié du Ier siècle avant notre ère. L'enclos des phases précédentes est comblé et le nouveau sanctuaire se présente sous la forme

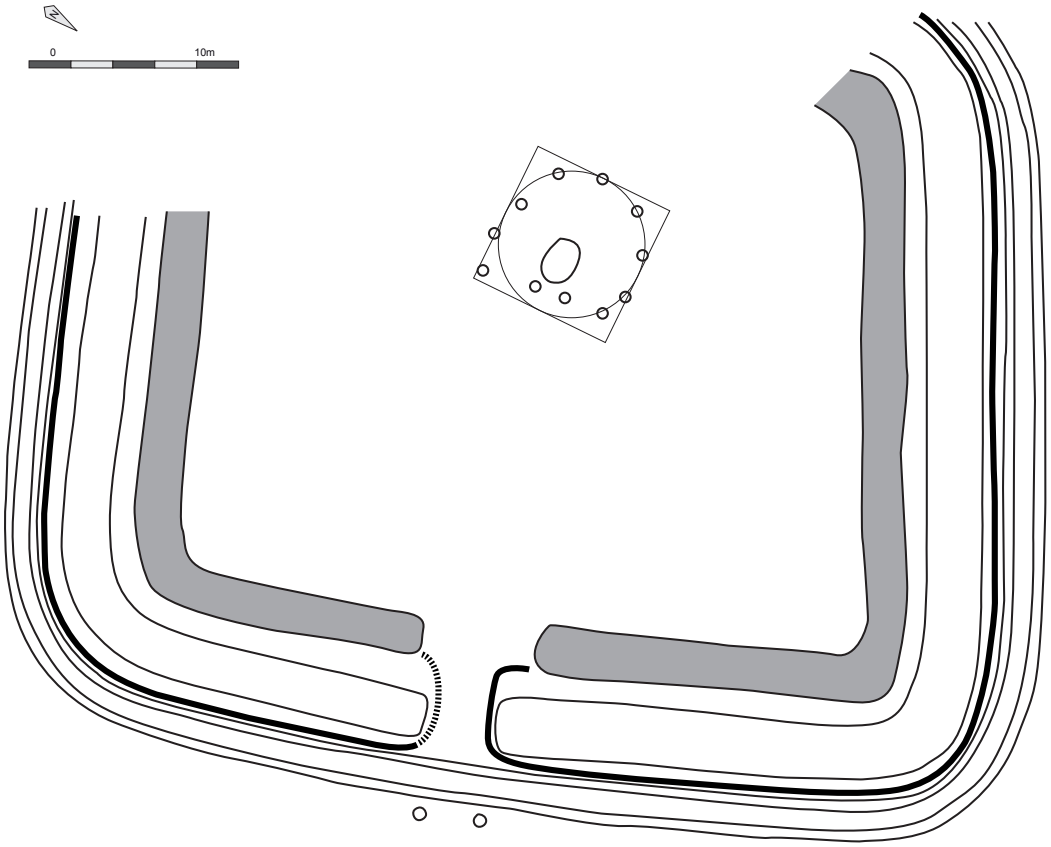


Figure 221. Plan du sanctuaire de Gournay-sur-Aronde, phase III et rapport géométrique identiques à ceux de la phase précédente.

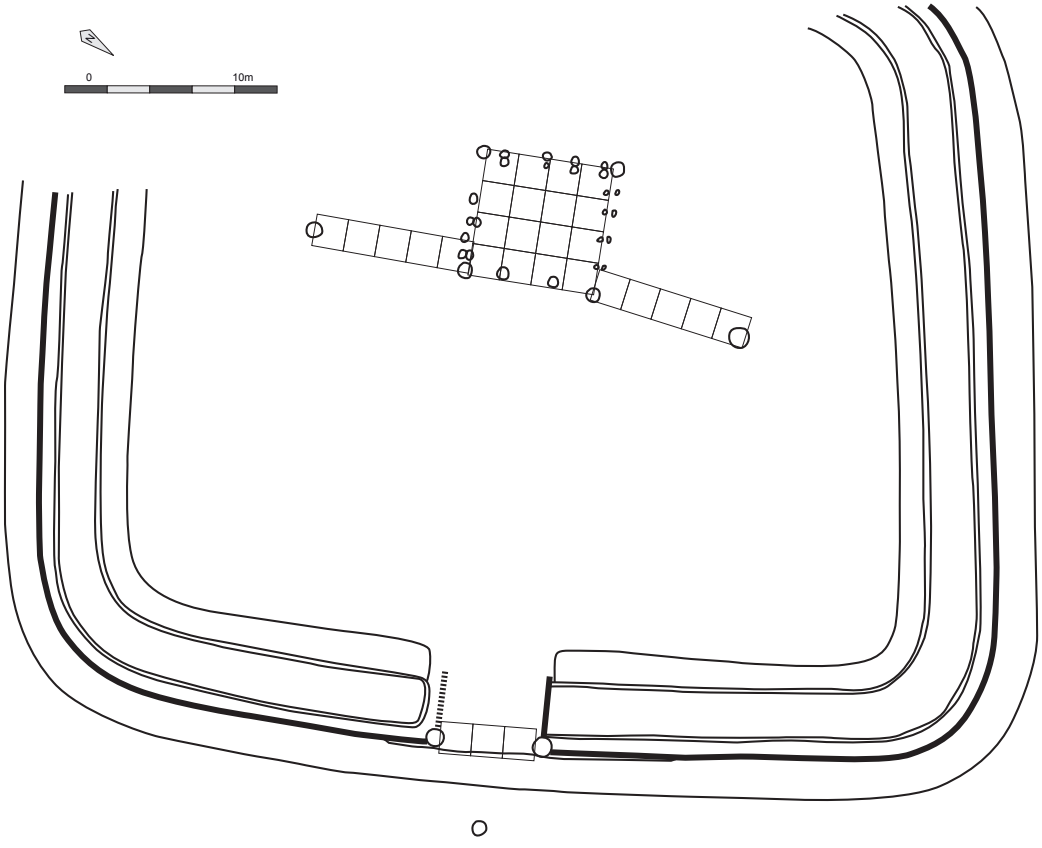


Figure 222. Plan du sanctuaire de Gournay-sur-Aronde, phase IV et grille modulaire. Chaque carré mesure 1,5 m de côté.

d'une sorte de fanum dont le centre repose sur un soubassement en pierre (dont seule une portion est conservée) et dont la galerie est en bois. On retrouve également des couloirs de palissades et des fossés parallèles dont l'espacement varie de 1,4 à 3,1 m. La portion de sablière conservée mesure 4,1 m de large et 6,8 m de long. La structure sur poteaux l'entourant mesure 8,1 m au sud, 8,9 m à l'est, 6,8 m au nord et 9,7 m à l'ouest. L'espacement entre les poteaux est encore une fois très variable et va de 1,2 à 3 m. Il est intéressant de constater que la longueur du côté nord correspond à la longueur de la sablière. En utilisant un module de 2,5 m (+/-0,2 m) il est possible de planifier la structure supportée par les poteaux. On retrouve ce module trois fois dans la façade sud (3 fois 2,7 m), quatre fois dans la façade ouest (4 fois 2,425 m) trois fois et demie dans la façade nord (3,5 fois 2,542857... m) et 2,75 fois dans la façade est (2,75 fois 2,472727... m). Cette dernière proportion fonctionne également dans la longueur de la structure sur sablière et une fois et demie dans sa largeur (1,5 fois 2,73333... m). Les diagonales de la structure sur poteaux mesurent 11,4 et 12,3 m soit quatre fois et demie 2,5111111... m et 5 fois 2,46 m. La diagonale conservée de la structure sur sablière mesure 7,9 m soit 3 fois 2,63333... m.

Les plus petits dénominateurs communs correspondant à de telles mesures sont 0,25 m, 0,27 m et 0,30 m. L'imprécision de la définition du module nous empêche une réflexion plus précise. Cette imprécision peut être due à une approximation ou une confusion lors de la construction, accentuée par l'état des vestiges et l'imprécision des mesures.

2.11.3.6. Phase VI

Au cours de la dernière phase (la phase VI), datant du IVe siècle de notre ère, le temple prend la forme d'un véritable fanum et l'espace ne semble plus délimité par un fossé quelconque. La sablière externe du fanum mesure 0,8 m de large et la structure dans sa totalité mesure 13,6 m (12 m sans l'épaisseur du mur) de large. Sa longueur totale n'est pas connue. La sablière interne est légèrement plus large : 1,10 m. La structure mesure quant à elle 9 m de long (6,8 m sans le mur) et 7,5 m (5,1 m sans le mur) de large. En utilisant un module de 1,7 m, il est possible de retrouver cette distance trois fois dans la largeur interne de la structure centrale et quatre fois dans la longueur interne de cette même structure rappelant ainsi le 3-4-5 (Figure 223). Cette mesure se retrouve également huit fois dans la largeur de la structure périphérique (Figure 224). Ce module peut être divisé en 5 pieds de 0,34 m dont le surmultiple est la coudée de 0,51 m.

2.11.3.7. Conclusion

L'étude métrologique et géométrique de ce sanctuaire au travers de ces différentes phases présente un faciès aussi variable que la forme du sanctuaire. Seules les phases II et II semblent présenter un lien géométrique tandis que les autres phases sont plus variables. Les plus petits dénominateurs communs varient à chaque état en même temps que les techniques employées. Si l'organisation générale et le rôle du sanctuaire persistent au cours du temps, il n'en est rien pour les techniques de planification et les étalons utilisés au même titre que de l'architecture qui malgré

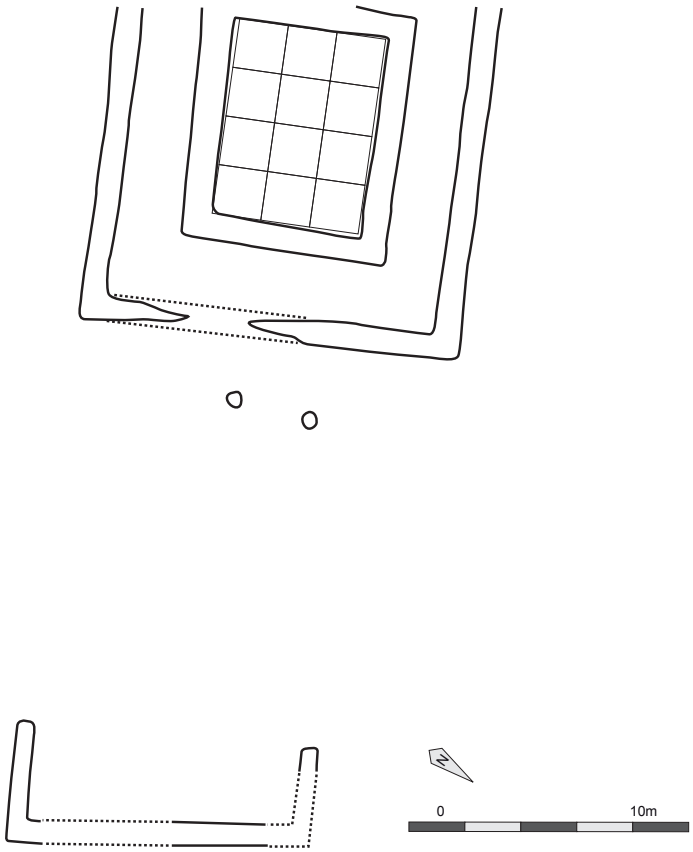


Figure 223. Plan du sanctuaire de Gournay-sur-Aronde, phase VI et grille modulaire sur la structure centrale. Chaque carré mesure 1,7 m de côté.

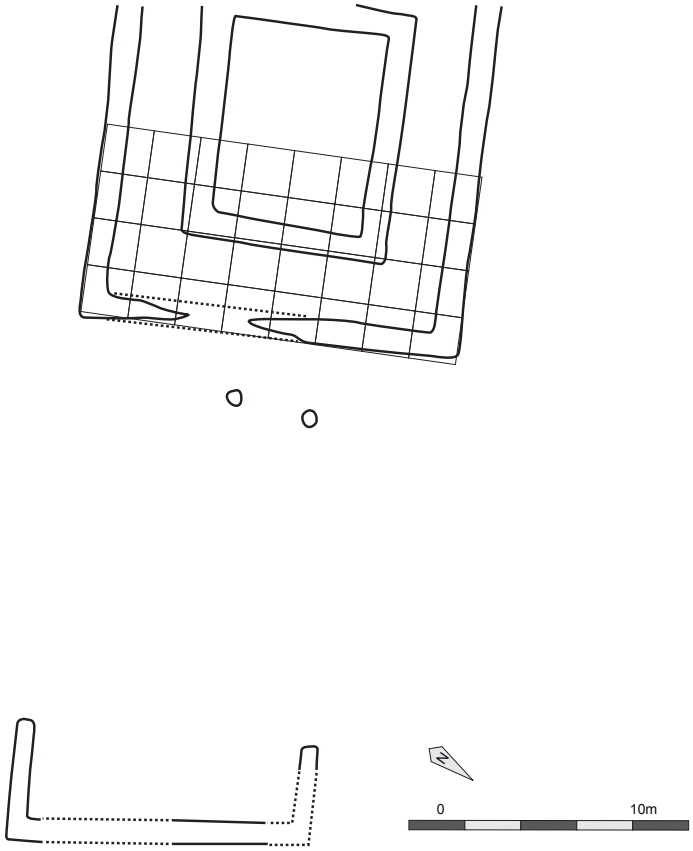


Figure 224. Plan du sanctuaire de Gournay-sur-Aronde, phase VI et grille modulaire sur la structure périphérique. Chaque carré mesure 1,7 m de côté.

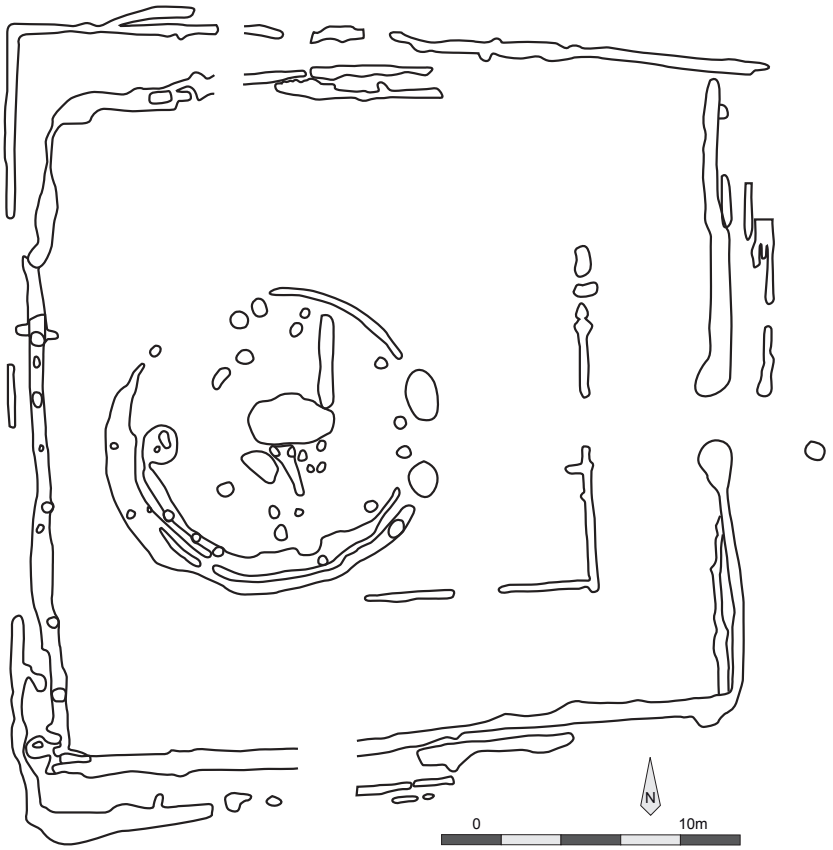


Figure 225. Plan du sanctuaire de Hayling Island, toutes phases celtiques confondues.

quelques points communs, présente tout de même des variations propres à chaque phase.

2.11.4. Le sanctuaire de Hayling Island

Il s'agit d'un complexe cultuel en activité entre le Ier siècle avant notre ère et le IIIe siècle de notre ère. Le temple celtique a connu deux phases d'aménagement avant sa reconstruction en pierres aux alentours du troisième quart du Ier siècle de notre ère, très peu de temps après la conquête. Nous nous concentrerons ici sur ces deux phases dont la forme et l'organisation ne sont pas sans rappeler celui d'un des complexes cutuels de l'oppidum de Manching à la même période et sur lequel nous reviendrons par la suite (Cf infra 2.11.7.) (Figure 225).

2.11.4.1. La phase 2a

La première phase se présente sous la forme d'un enclos de 25,5 mètres de côté au nord et 25,8 à l'ouest. Les deux autres côtés ne sont pas conservés sur la totalité de leurs emprises, mais on peut estimer le côté sud à 23,5 m et le côté est à 23 m. À l'intérieur de cet enclos, un bâtiment (ou un enclos) rectangulaire de 8,6 m de large et au moins 11,5 m de long (la partie nord a été détruite par les aménagements ultérieurs, mais il semblerait d'après les fouilleurs qu'il s'agisse de la longueur totale de l'édifice [KING et SOFFE 2013 : 3-6]) donne sur une fosse. Ce bâtiment se caractérise par une tranchée de fondation de parois ayant livré les restes de plusieurs poteaux jointifs. Une ouverture de 1,55 m se situe sur son côté est et une autre mesurant 1,45 m se situe sur son côté

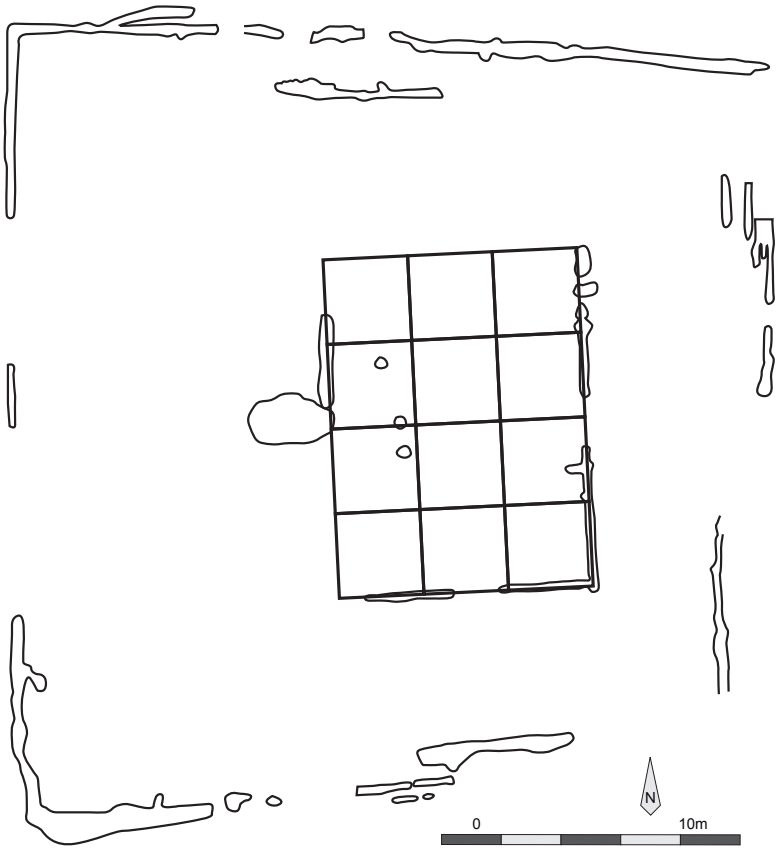


Figure 226. Plan du sanctuaire de Hayling Island, phase 2a et grille modulaire. Chaque carré mesure 2,838 m de côté.

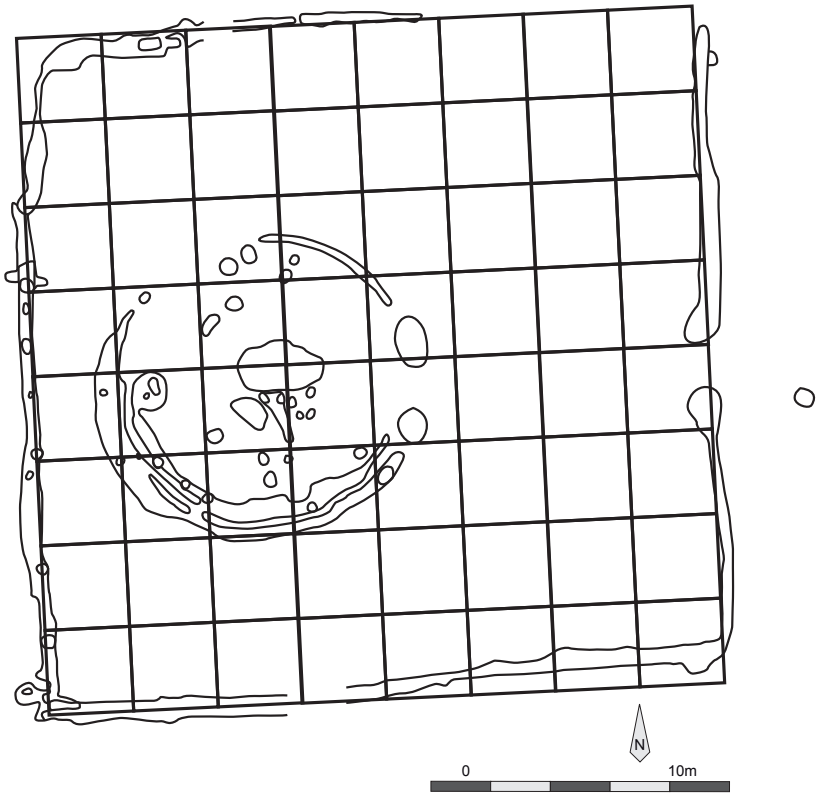


Figure 227. Plan du sanctuaire de Hayling Island, phase 2 b et grille modulaire. Chaque carré mesure 2,838 m de côté.

sud. Les auteurs avaient identifié, sur la base de la largeur de la structure interne un module de 0,307 m se répétant 28 fois et proche des modules identifiés à Manching ou à Bibracte (KING et SOFFE 2001 : 111-113). Ils supputent également que l'enclos présente un rapport largeur/longueur de 4/5.

Approfondissons ces réflexions. Il convient en premier lieu de constater que la longueur du bâtiment équivaut à la moitié de la longueur du côté est de l'enclos et que sa largeur équivaut au tiers de la longueur du côté ouest de l'enclos. Le rapport largeur/longueur est de 3/4 (8,6/11,5 = 0,757826...). Ceci nous oriente vers un module de 2,838 m qui se répète quatre fois dans la longueur du bâtiment et trois fois dans sa largeur (Figure 226). Ce module ne fonctionne pas avec l'ouverture est, mais la largeur de l'entrée sud correspond presque à la moitié de ce module. L'enclos périphérique quant à lui mesure 9 modules sur ses côtés nord et ouest (précisément 8,985200... et 9,090909... modules) et entre 8 et 8 modules et quart sur ses côtés sud et est (8,280479... et 8,104298...). Deux plus petits dénominateurs communs sont possibles dans ce cas de figure : 0,2838 et 0,315333... m. Dans le premier cas, le module est constitué de 10 pieds, dans le second, de 9 pieds.

2.11.4.2. La phase 2 b

Dans la seconde phase datant de l'âge du Fer, l'enclos est légèrement réduit et le temple prend désormais un plan circulaire de 10 mètres de diamètre et englobe cette fois-ci la fosse qui était déjà en usage à la période précédente. C'est ce plan qui sera ensuite réutilisé lors du réaménagement de la phase romaine du complexe.

L'entrée de l'enclos mesure 2,8 m soit la valeur d'un module identifié dans la phase précédente. L'enclos est de plan carré et mesure 23 m de côtés soit 8 modules de côtés. Ce module se retrouve également au niveau de l'entrée du bâtiment circulaire qui mesure 2,85 m et dans le diamètre de l'édifice où l'on retrouve ce module trois fois et demie (Figure 227). Les mêmes plus petits dénominateurs communs, à savoir 0,2838 et 0,315333... m peuvent être proposés dans ce cas.

2.11.5. Conclusion

Le complexe cultuel de Hayling Island est planifié de façon tout à fait rigoureuse avec l'utilisation d'un module de 0,2838 m persistant durant les deux phases d'aménagements précédant la conquête romaine de la Bretagne. Ce module, et les plus petits dénominateurs communs qui en découlent diffèrent de celui proposé par les auteurs ayant publié le site. Toutefois, de leur propre aveu (KING et SOFFE 2001 : 113), cette étude n'était pas aboutie et l'ensemble du site reste à ce jour inédit. L'étalon identifié lors de l'étude s'éloigne encore plus des étalons identifiés à Manching et à Bibracte, mais les similitudes des plans avec le complexe A restent tout de même frappantes.

2.11.6. Les aménagements publics de Corent

L'oppidum de Corent a livré les vestiges d'un sanctuaire particulièrement bien conservé et

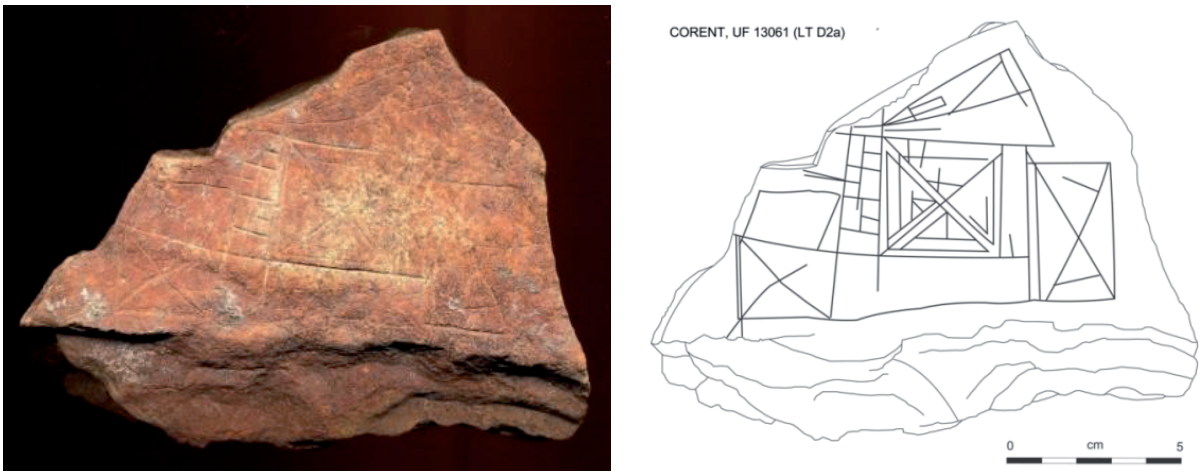


Figure 228. Photo et dessin de la pierre gravé (POUX 2004 : 50 ; POUX 2012 : 55).

se prêtant parfaitement à une analyse géométrique et métrologique dont une partie a d'ailleurs déjà été effectuée par Matthieu Poux (POUX et DEMIERRE 2015 : 549-555) et sur laquelle nous nous appuierons. L'étude métrologique des autres éléments de l'habitat est plus problématique du fait des nombreux réaménagements et perturbations qui rendent la lecture de certains ensembles complexes. Nous nous concentrerons ici sur le complexe cultuel de La Tène finale et évoquerons de façon plus ponctuelle deux autres ensembles bien connus du site : l'hémicycle et le complexe C.

Le lien topographique et chronologique unissant ces ensembles est particulièrement intéressant et montre une organisation de l'espace préconçue. L'hypothèse d'une planification de l'espace est renforcée, dans le cas du sanctuaire, par la découverte d'une pierre gravée ayant servi de support pour une « esquisse d'architecte réalisée dans le cadre des travaux de construction ou de réfection de l'enceinte » (POUX 2004 ; POUX et DEMIERRE 2015 : 552-553) (Figure 228). Sa datation reste toutefois problématique. Le dessin semble représenter à la fois le plan et l'élévation de l'édifice au travers de lignes directrices et motifs géométriques.

2.11.6.1. Le sanctuaire

État 1

L'importance du symbolisme dans la fondation des espaces religieux a poussé Matthieu Poux à rechercher des principes géométriques intervenant dans la construction de l'enclos. Nous reprendrons ici ces principales constatations (POUX et DEMIERRE 2015 : 549-555, Figure 229). À l'instar de nombreux sanctuaires celtiques, les angles de celui de Corent, bien que proches de 90°, ne sont pas droits. Il en va de même pour pour le petit enclos situé dans le coin sud du complexe. L'hypothèse de la construction de l'enclos par la diagonale, tel qu'elle a pu être mise en évidence sur d'autres sites par Christophe Toupet (TOUPET 2004) est proposée et est tout à fait

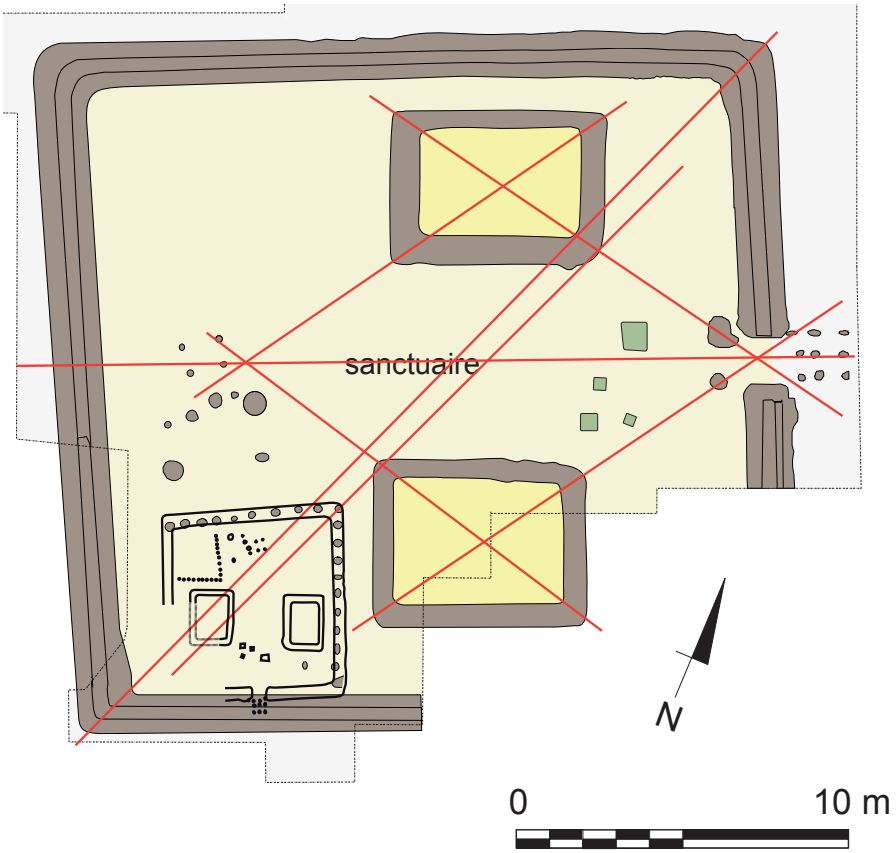


Figure 229. Plan du sanctuaire de Corent, état 1 et lignes directrices (d'après POUX et DEMIERRE 2015, modifié). Le plan du sanctuaire est superposé à l'enclos de l'angle sud.

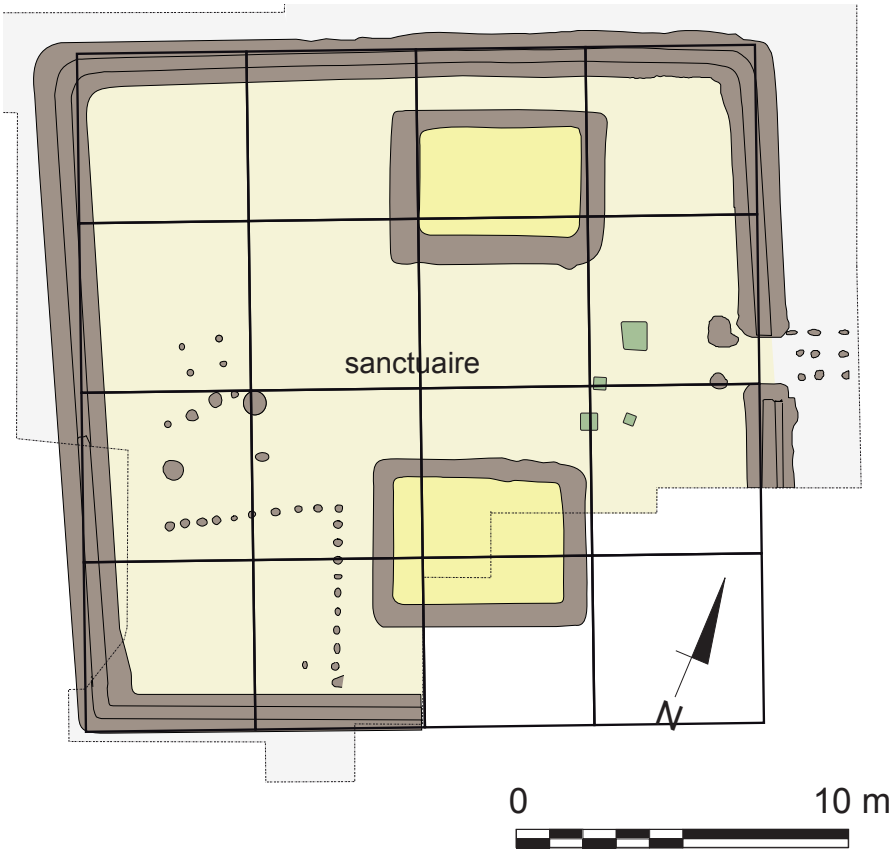


Figure 230. Plan du premier état du sanctuaire de Corent et grille métrologique. Chaque carré mesure 5,1 m de côté.

Figure 231. Plan du second état du sanctuaire de Corent et grille modulaire. Chaque carré mesure 3 m de côté.

plausible. L'emplacement des points de mesures et d'implantations ne peut toutefois pas être défini avec précision du fait des nombreux aménagements et recreusements successifs. La diagonale fondatrice passerait par les angles sud et nord de l'enclos et dirige également l'emplacement des constructions à l'intérieur de l'espace. L'enclos palissadé du coin sud de l'enclos reproduit le plan de ce dernier à une échelle plus réduite et on constate l'alignement entre l'angle nord de cet enclos, l'angle ouest de l'édifice sud et l'angle est de l'édifice nord. Le plan rectangulaire de ces bâtiments entre également dans des rapports géométriques au sein de l'ensemble du complexe. Les diagonales se croisent en effet en deux points remarquables de l'enclos : la porte à l'est et en avant d'une structure sur quatre poteaux à l'ouest.

Ajoutons à cela qu'au sud de cet ensemble de poteaux se situent 4 poteaux dont l'alignement suit l'axe d'une des droites. Il pourrait s'agir de vestiges liés à l'arpentage et la mise en place des axes directeurs ou encore de points de visés vers des éléments topographiques marquants et participant à l'organisation du sanctuaire comme le cône d'éruption présent sur le plateau, le Puy-Saint-Romain, un sommet proche ou encore une source qui alimente le site.

Revenons sur l'enclos palissadé de l'angle sud. Nous l'avons vu, celui-ci présente le même plan que l'enclos principal à une échelle réduite. Il s'agit d'une réduction des distances au quart. L'enclos périphérique mesure 20,7 m au nord et au sud, et 19,2 m à l'est et à l'ouest avec une diagonale de 27,3 m. L'enclos palissadé mesure quant à lui 5,1 m au nord et au sud, et 4,8 m à l'est et à l'ouest avec une diagonale de 6,85 m.

La porte du sanctuaire mesure 1,35 m de côté. Le bâtiment nord mesure 4,8 m de long et 3,25 m (soit un rapport de 2/3) de large sans compter la tranchée de fondation de paroi large de 0,9 m. Le bâtiment sud mesure 5,1 m de long et 3,8 m de large (soit un rapport de 3/4) avec des tranchées de 0,6 m de large.

On constate la récurrence d'une mesure de 5,1 m (Figure 230) qui aurait pu servir de module avec un plus petit dénominateur commun à toutes ces mesures de 0,30 m. Le module de 5,1 m mesurerait ainsi 17 pieds. On obtient alors une diagonale de l'enclos mesurant 91 pieds ou cinq module un tiers. Les côtés nord et sud mesurent 4 modules, soit 69 pieds, et les côtés est et ouest trois modules trois quarts soit 64 pieds. La largeur de la porte correspond également à peu près à ce module puisque'elle équivaut presque à 1/4 du module (1,275 en réalité).

État 2

Cet état se caractérise par la mise en place d'une galerie périphérique dont les travées mesurent entre 1,9 et 2,1 m de largeur avec des poteaux présentant un espacement régulier compris entre 1,5 et 1,6 m. Ces mesures correspondent moins bien avec le module de 5,1 m identifiés dans l'état précédent, mais conserve un plus petit dénominateur commun d'une valeur de 0,30 m à relativiser au vu de la variabilité des mesures (Figure 231). Cette dernière reste toutefois très proche.

2.11.6.2. L'édifice d'assemblée

Cet édifice est principalement utilisé au cours du second état, mais il a vraisemblablement été mis en place dès le premier. Il est en lien topographique avec le sanctuaire et l'esplanade et joue un rôle dans le cadre des cérémonies qui ont pu s'y dérouler (POUX et DEMIERRE 2015 : 637).

Le plan est partiel et l'étude métrologique reste limitée, mais le type de structure et le lien avec les autres aménagements nous encourage à tenter une approche. On constate que l'espacement entre les poteaux est de 2,1 m et de 1,35 à 1,4 m au sein de la tranchée de fondation. La largeur et la longueur hors « estrade » de l'esplanade centrale sont de 13,5 m.

Ces mesures ne sont pas sans rappeler celles obtenues durant l'étude du sanctuaire. Il est possible ici de proposer un module et un plus petit dénominateur commun identiques à celui du sanctuaire (Figure 232). Cette hypothèse est toutefois soumise aux réserves dues à la faible portion de plan conservé de l'édifice.

2.11.6.3. Le complexe C

État 1

Ce complexe se compose de quatre corps de bâtiments qui bordent une place de forme rectangulaire mesurant 10,7 m de long et 6,9 m de large avec une diagonale de 13,5 m. Ces

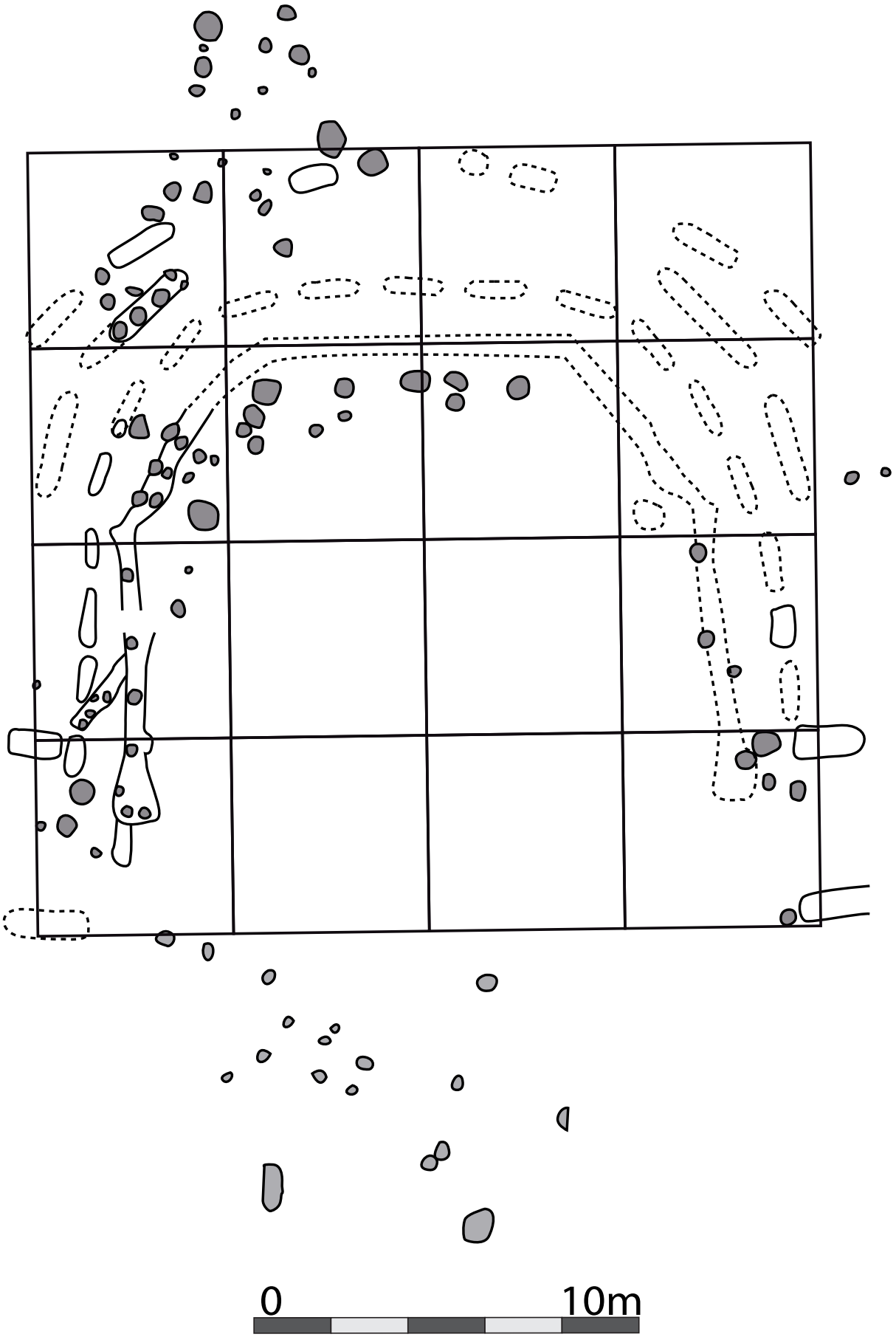


Figure 232. Plan de l'édifice d'assemblé de Corent et grille modulaire. Chaque carré mesure 5,1 m de côté.

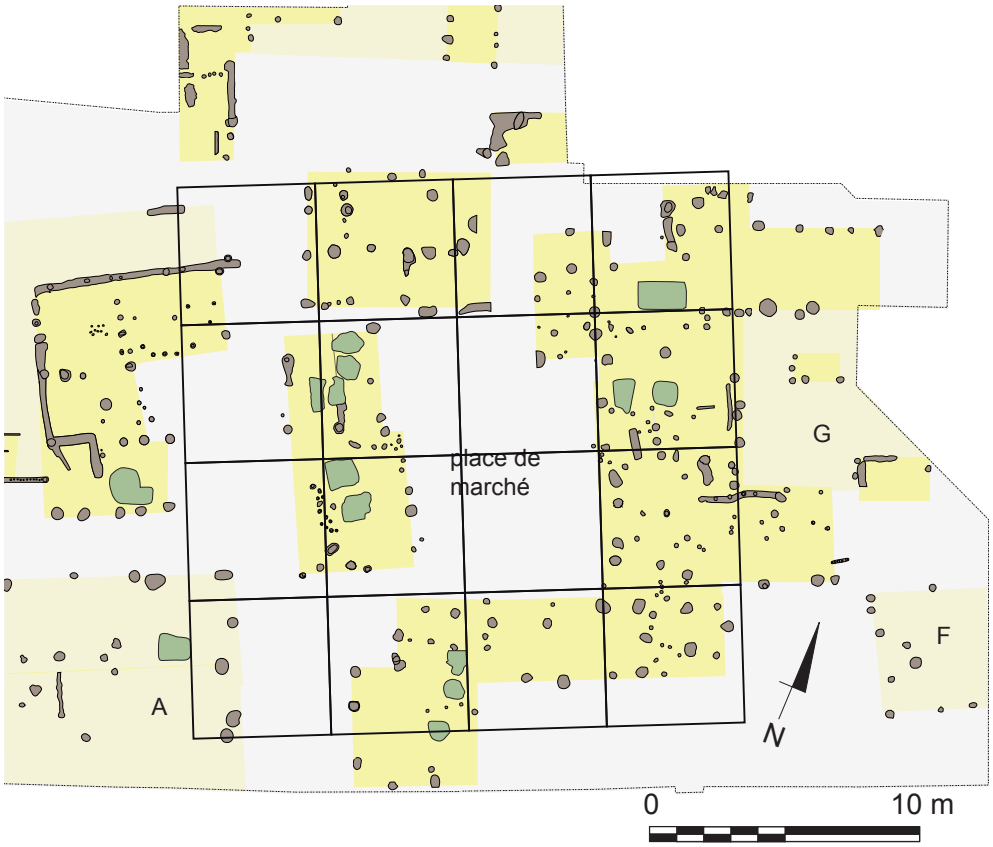


Figure 233. Plan du premier état de la place de marché de Corent et grille modulaire. Chaque carré mesure 5,1 m de côté.

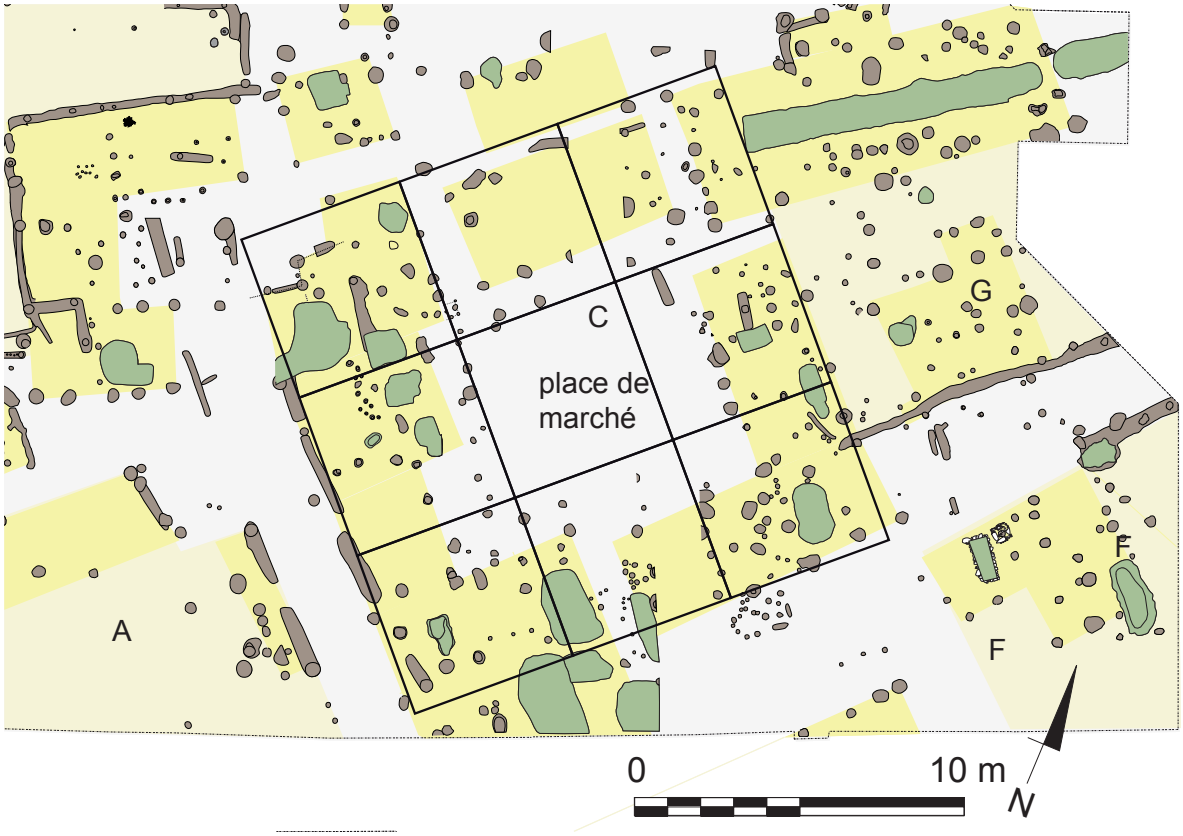


Figure 234. Plan du second état de la place de marché de Corent. Chaque carré mesure 5,1 m de côté.

bâtiments sont matérialisés par de grands trous de poteaux et des tranchées de fondation de parois. Le grand nombre de structures empêche toutefois la perception de plans précis des bâtiments, c'est pourquoi nous traitons le complexe dans son ensemble, en prenant en compte son emprise totale et non le plan des bâtiments qui le constituent. La largeur de l'emprise des bâtiments est et nord-est de 5,1 m, de 3 m au sud et de 4,2 m à l'ouest.

Ces mesures sont encore une fois très proches des mesures ayant pu être faites sur le sanctuaire. Nous proposons l'utilisation du même module (5,1 m) et du même plus petit dénominateur commun (0,30 m). Ce module se retrouve deux fois dans la longueur de la place et une fois et demie dans sa largeur (Figure 233).

État 2

Durant le second état de ce complexe, le plan devient plus rigoureux avec des angles plus droits que durant la phase précédente. La place centrale mesure alors 8,1 m de large et 9,6 m de long et les bâtiments qui l'entourent mesurent entre 3 et 4,2 m de large. L'ensemble de ce complexe s'intègre remarquablement dans un carré de 3 modules de 5,1 m de côté. Il semblerait ici que, malgré la phase de réaménagement du complexe, le même module (et potentiellement par extension le même plus petit dénominateur commun) ait pu être utilisé que celui identifié lors du premier état (Figure 234).

2.11.6.4. Conclusion

Au terme de cette étude, nous ne pouvons rejeter l'hypothèse de l'existence d'une géométrie sacrée au sein du sanctuaire de Corent au vu de la rigueur mathématique entrant en jeu dans sa conception et révélée par Matthieu Poux. Force est toutefois de constater que deux autres aménagements communautaires dans l'espace jouxtant le complexe cultuel ont pu être élaborés à partir des mêmes principes mathématiques, du même module et du même étalon de mesure. Certes un lien existe entre ces complexes. Il convient de poser la question autrement : est-ce que l'utilisation de principes mathématiques dans ces aménagements résulte du rôle sacré des édifices ou de leur caractère communautaire ? Il est possible que ces bâtiments fassent partie d'un « plan d'urbanisme » plus large pour lequel une ou plusieurs personnes ont mis en place des normes de constructions et d'aménagements communes en prenant en compte, ou non, le caractère sacré des constructions.

2.11.7. Les sanctuaires de Manching

Nous avons choisit d'étudier une partie des édifices cultuels de Manching en dehors de l'étude générale : le temple A et ses trois phases et les bâtiments 83 et 84. Ces bâtiments hormis le premier état du temple A se caractérisent par un plan circulaire entouré d'un enclos quadrangulaire. Les premiers complexes cultuels ont été mis en place dès La Tène B2.

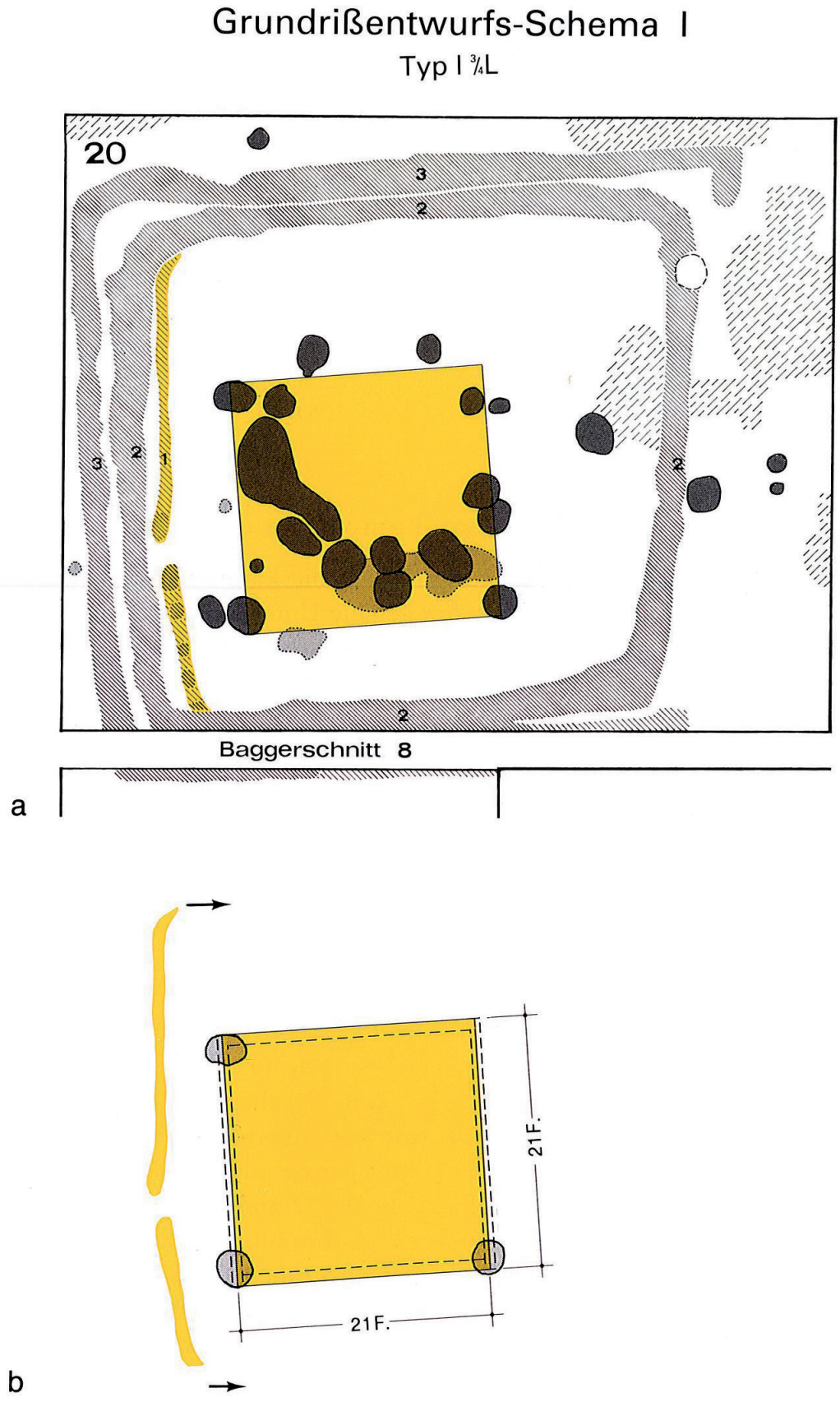


Figure 235. Etude métrologique du premier état du temple A par Franz Schubert (SCHUBERT 1994)

2.11.7.1. Le temple A

État 1

Le premier état du temple A est mal conservé. Le bâtiment central est identifiable par trois poteaux formant un angle droit et permettant d'entrevoir un bâtiment qui mesure au moins 6,6 m de long et 5,7 m de large. L'enclos périphérique est matérialisé par deux morceaux de tranchée conservée sur 7,5 m pour la première au nord et sur 3,8 m pour la seconde au sud. Six négatifs de poteaux ont été perçus au sein de cette tranchée. Leur espacement varie entre 0,8 et 1 m. Une interruption de la tranchée marque l'emplacement probable d'un dispositif d'entrée particulièrement étroit (0,6 m). Trop peu de mesures ont pu être effectuées pour une réflexion métrologique pertinente. Constatons toutefois que ces mesures ont toutes pour plus petit dénominateur commun 0,30 m. Nous sommes en ce sens assez proches de la proposition de Franz Schubert (SCHUBERT 1994 : 182-185, Figure 235) qui restitue un bâtiment de 21 pieds de côtés avec un étalon de 0,309 m. Cette restitution théorique jette toutefois un voile sur le plan rectangulaire du bâtiment et déborde légèrement des entraxes des poteaux. En l'absence de vestiges mieux conservés, l'étude reste limitée.

État 2

À partir de cet état, c'est un bâtiment de plan circulaire qui s'insère dans un enclos quadrangulaire. L'édifice mesure 6,2 m de diamètre. L'enclos mesure 14 m au nord, et 12,3 m sur ses trois autres

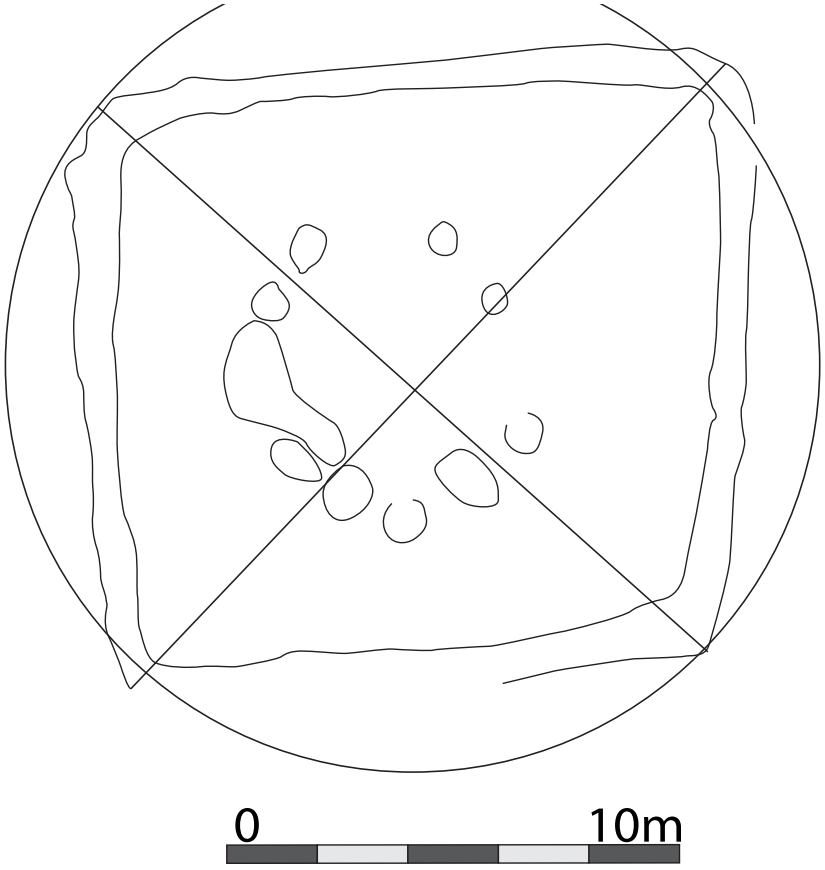


Figure 236. Plan général du second état du temple A de Manching et schéma de planification.

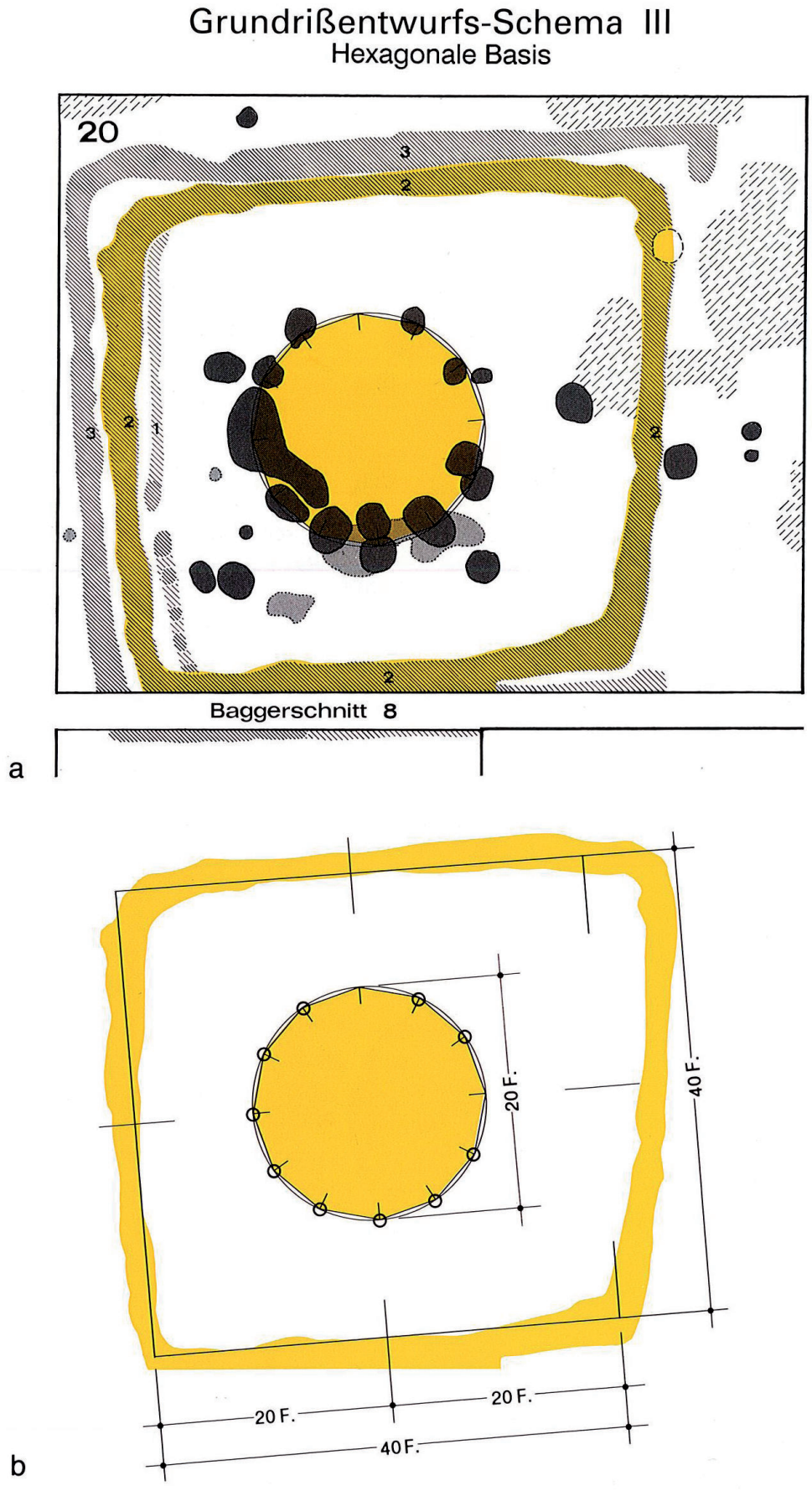


Figure 237. Etude métrologique du second état du temple A par Franz Schubert (SCHUBERT 1994)

côtés. Les diagonales sud-ouest/nord-est et nord-ouest/sud-est mesurent respectivement 18,5 m et 17 m (Figure 236).

Franz Schubert propose l'utilisation de la division du cercle pour principe de planification du bâtiment (SCHUBERT 1994 : 182-183 et Beilage 5). Nous ne reviendrons pas sur cette proposition que nous partageons. En utilisant l'étalon de Manching, l'auteur propose un diamètre de 20 pieds pour le bâtiment central et des longueurs de 40 pieds pour l'enclos périphérique (Figure 237). Ces données sont également en accord avec nos mesures. Ajoutons toutefois que le côté nord de l'enclos est rallongé de 5 pieds par rapport aux autres côtés. L'édifice se situe au centre de l'enclos.

Approfondissons l'étude de l'enclos. La diagonale la plus longue mesure avec ce même système 60 pieds de long et la plus courte 55 pieds. Les angles de l'enclos ne sont pas droits. Il est tout à fait envisageable que cette construction ait été mise en place suite à une planification par la diagonale sans rechercher d'angles droits (Figure 236). La superficie de l'enclos avoisine les 1600 p² (environ 155 m²). L'édifice quant à lui a une superficie de 30,18 m² soit 314 p². Il est ici intéressant de constater que le bâtiment occupe 1/5 de la surface de l'enclos (1600/314 = 5,0955414012...). Ceci dénote une organisation de l'espace parfaitement réfléchie et préconçue. Quant à la ressemblance entre la superficie du bâtiment et le rapport de la circonférence d'un cercle à son diamètre dans un plan euclidien rien ne permet d'affirmer qu'il y ait eut ici une réelle volonté dans la planification (les premières approximations de π sont connues dès l'Antiquité comme le montrent les travaux d'Archimède en particulier). C'est à ce jour le seul exemple connu.

État 3

Durant cette phase, le bâtiment central garde le même plan et les mêmes proportions que celui de l'état précédent. À l'inverse, l'enclos est agrandi et présente désormais une ouverture à l'est avec un poteau situé approximativement au centre de celle-ci. L'enclos mesure désormais 16,5 m au nord et 14,4 m à l'ouest et au sud. Le poteau à l'est se situe à 7,5 m de la portion nord de l'enclos, à 6 m de sa portion sud et à 5,7 m des premiers poteaux de l'édifice. La diagonale la plus longue mesure 21 m et la plus courte 20,5 m. Franz Schubert propose à nouveau l'application d'un pied de 0,309 m et d'une planification par la division du cercle (SCHUBERT 1994 : 182 et 184 et Beilage 5). Nous suivons cet avis pour ce qui concerne l'édifice. Pour l'enclos toutefois un plus petit dénominateur commun de 0,30 semble plus approprié. Il reste tout de même très proche de l'étalon identifié par Franz Schubert. L'enclos mesurerait alors non pas 50 pieds de côté, mais 55 pieds au nord et 48 pieds à l'ouest et au sud. Le poteau est se situerait à 19 pieds de la partie sud de l'enclos et à 25 pieds de la partie nord. La diagonale la plus longue mesurerait 70 pieds. Cet étalon ne fonctionne pas avec l'autre diagonale. Cela peut indiquer une planification de l'enclos par la diagonale la plus longue.

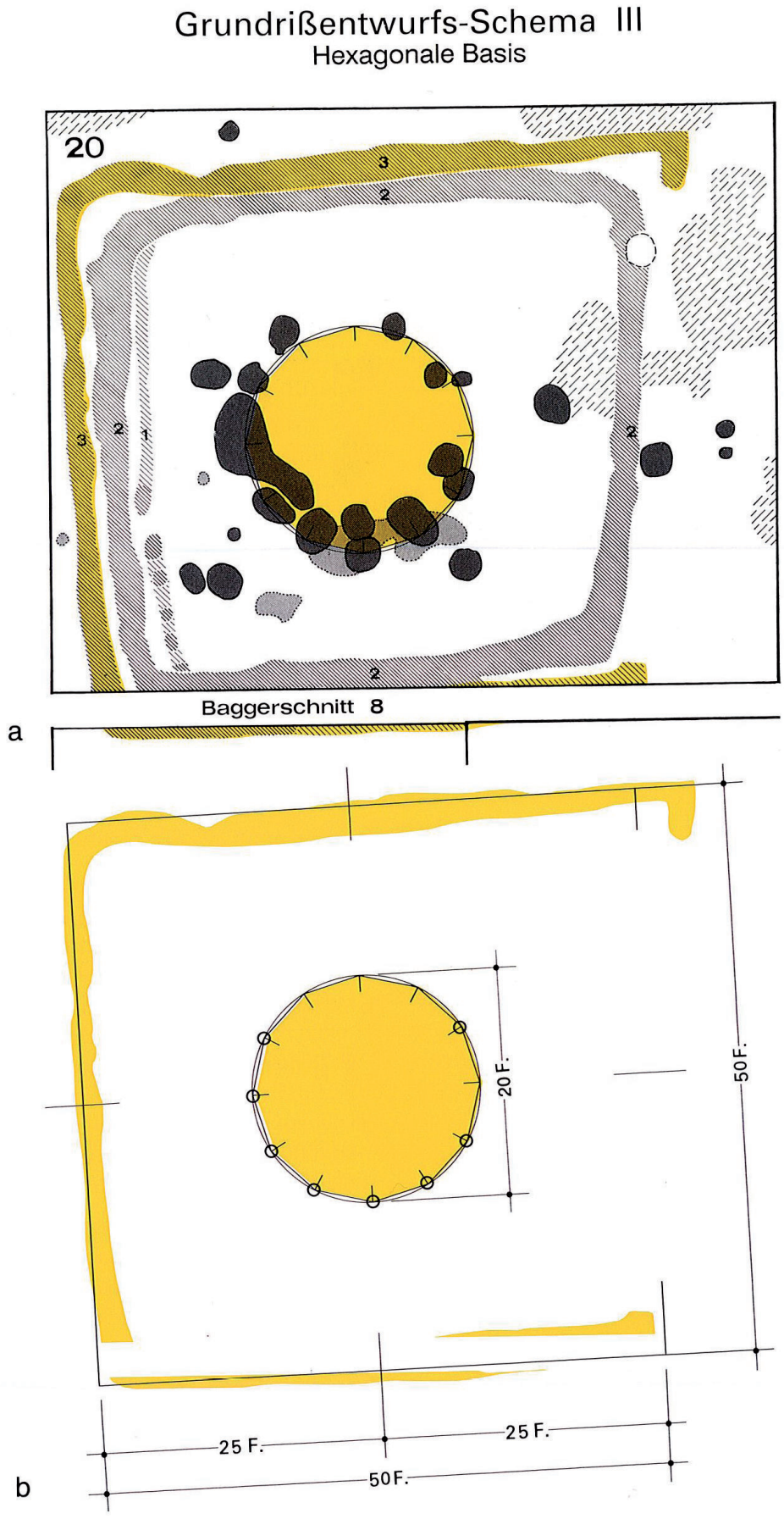


Figure 238. Etude métrologique du troisième état du temple A par Franz Schubert (SCHUBERT 1994)

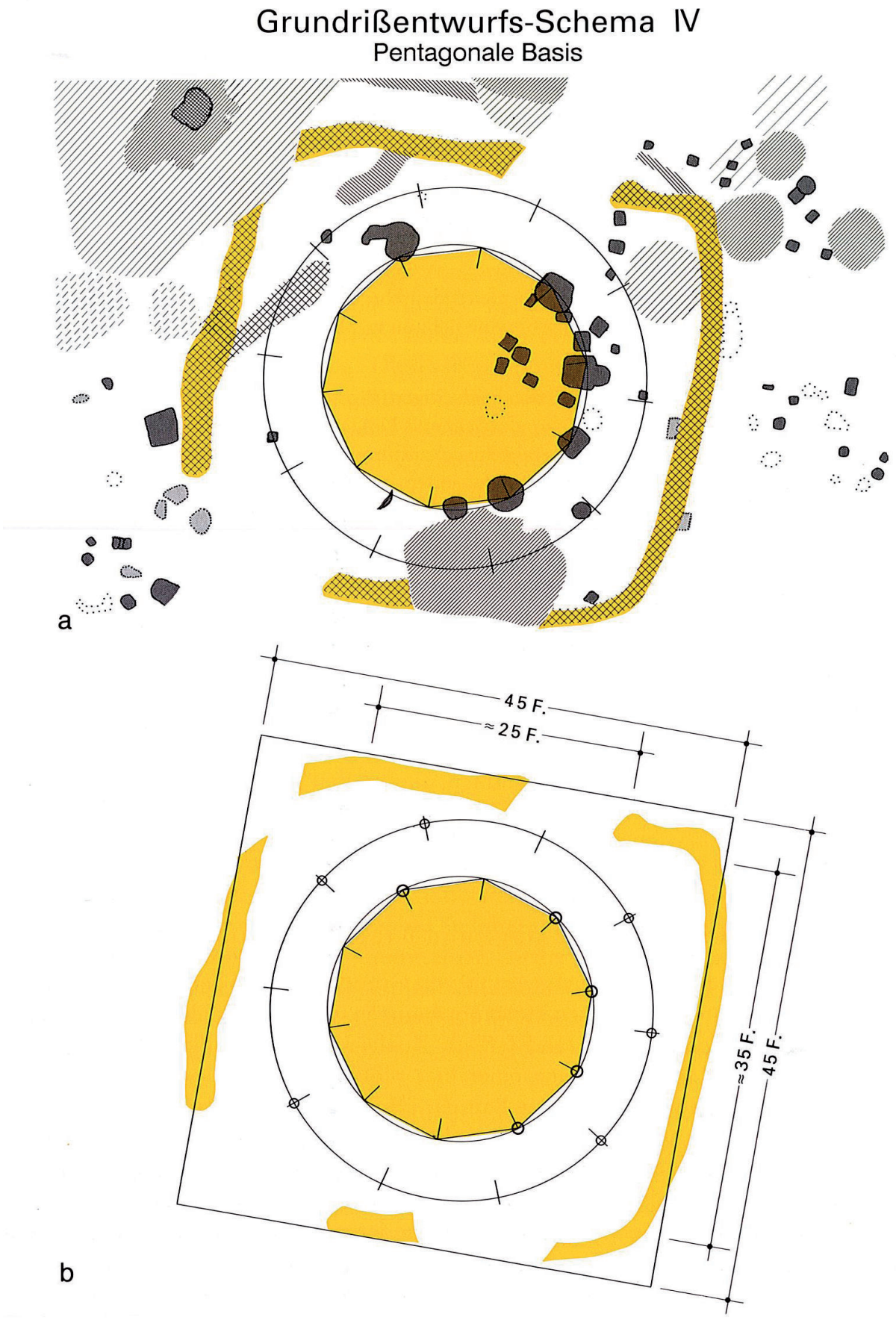


Figure 239. Etude métrologique des ensembles 83 et 84 par Franz Schubert (SCHUBERT 1994)

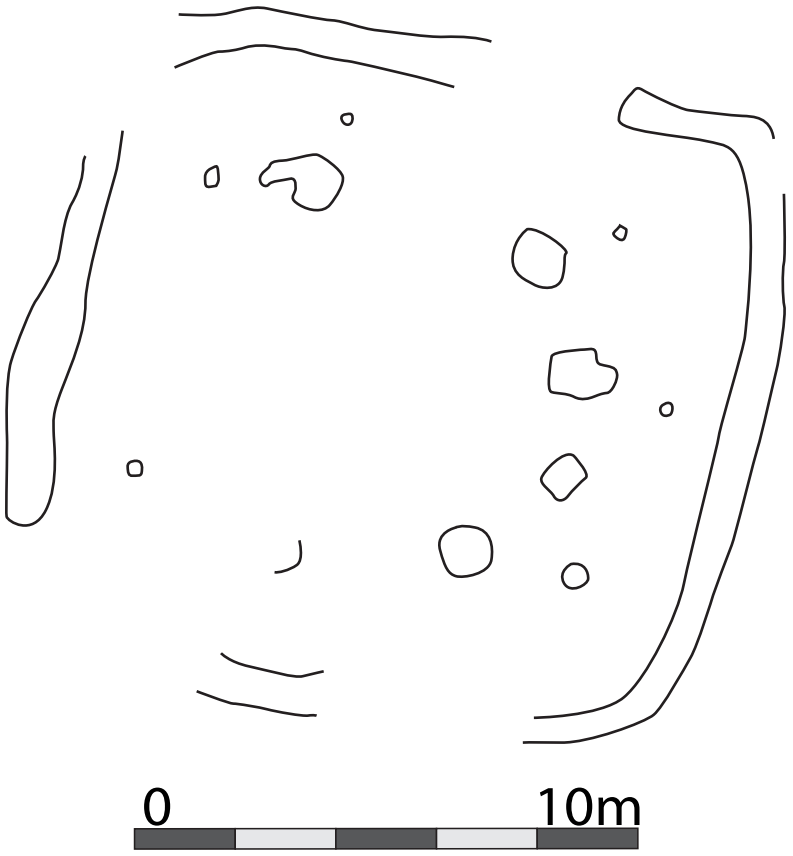


Figure 240. Plan général des ensembles 83 et 84.

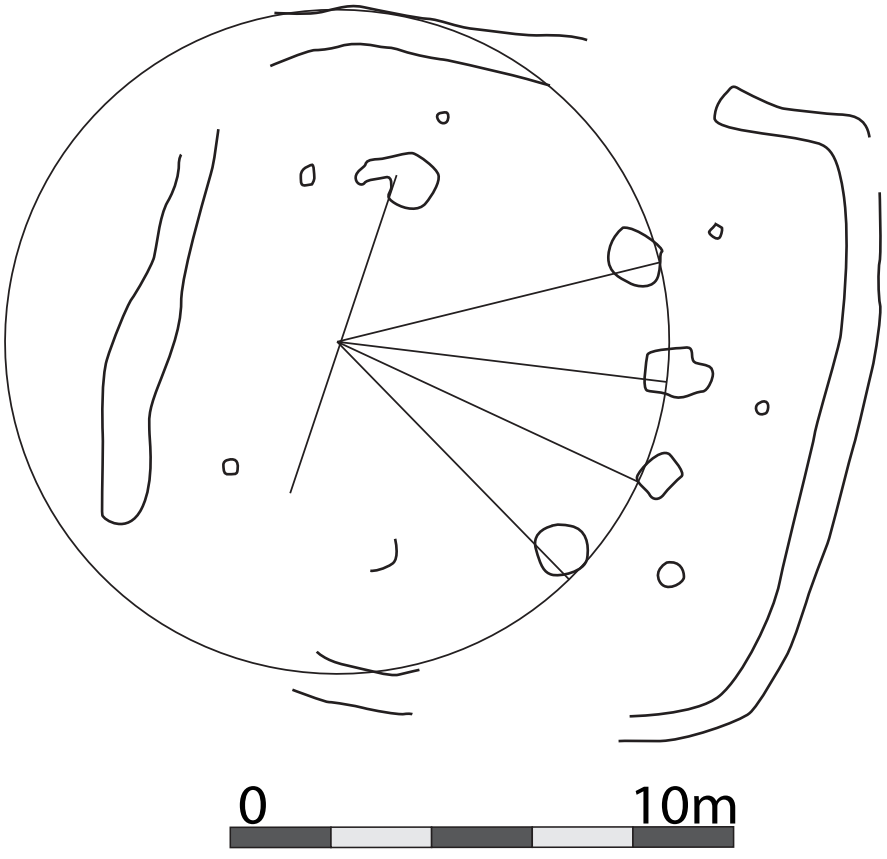


Figure 241. Plan général des ensembles 83 et 84 et schéma de planification par division du cercle.

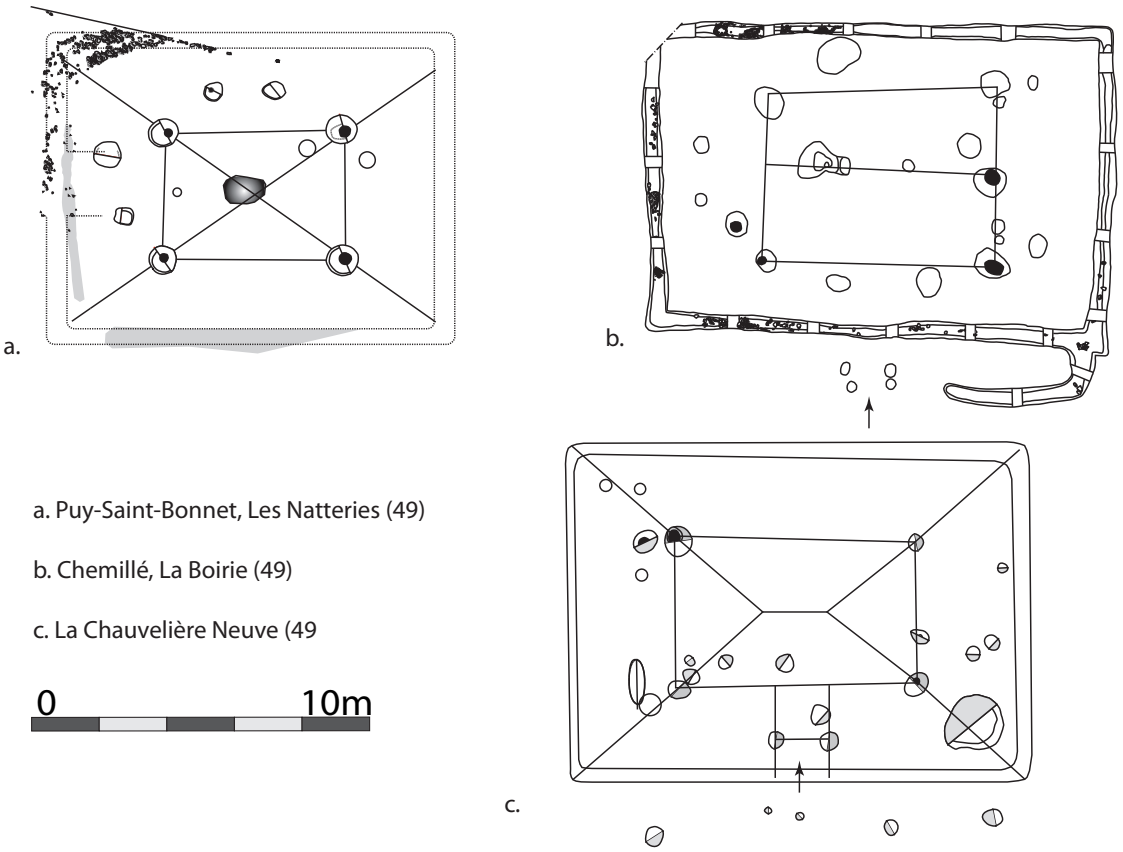


Figure 242. Plans de bâtiments à parois déportées et tranchées périphérique.

2.11.7.2. Les bâtiments 83 et 84

Ces deux bâtiments se situent au sein d'un enclos quadrangulaire aux angles très arrondis de 12,3 m de côté avec des diagonales de 16,2 m et de potentielles ouvertures dans l'angle sud-ouest et sur le coté nord. Le bâtiment 83 est constitué de cinq poteaux disposés en cercle. Le bâtiment 84 est constitué de six trous de piquet. Au vu de ces vestiges, il paraît peu probable que le bâtiment 84 ait constitué une structure indépendante. Il s'agit vraisemblablement de poteaux de parois en lien avec les poteaux centraux (bâtiment 83). Une berme située en travers du complexe n'a pas permis la fouille de sa partie centrale. Le bâtiment 83 mesure 8,1 m de diamètre. L'ensemble 84 mesure quant à lui 10,8 m de diamètre (Figure 240).

Encore une fois Franz Schubert propose une planification par la division du cercle et l'utilisation d'un étalon de 0,309 m (SCHUBERT 1994 : 186-187, Figure 239). Si son hypothèse concernant le principe géométrique semble convenir, nous préférerons en revanche un étalon de 0,30 m qui reste proche de la proposition de l'auteur.

Autre élément géométrique non mentionné par Franz Schubert, mais digne d'intérêt : le diamètre de la structure centrale correspond à la moitié de la valeur de la diagonale de l'enclos périphérique. Ce rapport renforce la cohérence du complexe.

À la lumière des études précédentes, une autre restitution architecturale de l'ensemble 83 peut

être proposée. La planification par division du cercle peut également servir dans la planification de bâtiment sur quatre poteaux porteurs et à parois déportées comme sur le bâtiment A d'Ehningen ou les bâtiments 1a, 18a et 18 b de Riedlingen. En appliquant ici le même principe de construction, il est possible de planifier le bâtiment 83 (Figure 241). Le cercle servant de base à cette technique présente par ailleurs un diamètre égal à la dimension de l'enclos périphérique. De plus, d'autres bâtiments présentant ce type de plan et interprétés comme des édifices à parois déportés sont bien connus sur le site des Natteries, de La Boirie ou encore de La Chauvelière Neuve par exemple (MAGUER et ROBERT 2013, Figure 242).

Ces rapports géométriques et exemples similaires nous permettent de proposer la restitution d'un bâtiment à paroi déportée pour l'ensemble 83 de Manching entouré par un enclos présentant un lien géométrique avec l'édifice. Il faut toutefois relativiser cette proposition. En effet le plan complet de l'édifice n'est pas connu puisqu'une berme de trois mètres de large passant en son centre n'a pas été fouillée.

2.11.7.3. Conclusion

À l'instar des autres éléments étudiés par Franz Schubert, les temples de Manching présentent des rapports géométriques bien identifiés et peu variés. Cette similitude ne se retrouve pas de façon aussi flagrante du point de vue de la métrologie bien que les valeurs identifiées soient très proches. La planification de ces ensembles et leur construction a bien fait intervenir une rigueur mathématique. Reste toutefois à voir si cette rigueur est propre au domaine sacré ou bien si elle est plutôt à mettre à lien avec d'autres éléments communs à l'échelle de l'oppidum, comme le montre Franz Schubert dans la suite de ses études.

2.11.8. Récapitulatif général des résultats de l'étude des sanctuaires

Dans le cas de l'agglomération de Roseldorf où trois ensembles religieux ont pu être étudiés, on retrouve dans tous les cas un étalon de 0,30 m et des rapports géométriques communs, à savoir une planification par la diagonale. Dans le cas des temples de Manching, les rapports géométriques sont également peu variés. La planification par la diagonale s'accorde très bien avec les enclos englobant les édifices. Ces derniers ont pu être planifiés par division d'un cercle en portions égales. Il faut également mettre en avant le rapport entre le diamètre du bâtiment et la diagonale de l'enclos de l'ensemble 84 qui est de 1/2 et dans celui du second état du temple A qui est de 1/3. Dans ce dernier cas, il faut aussi mentionner le fait que la superficie du bâtiment occupe 1/5 de la surface de l'enclos. Ces rapports géométriques dénotent d'une implantation rigoureuse et mettent en avant un véritable projet architectural cohérent, malgré des plus petits dénominateurs communs différents, bien que proches, d'un édifice à l'autre. L'étude a également permis de mettre en avant la similitude du plan et des techniques de planification avec d'autres bâtiments interprétés comme des édifices à parois déportées et nous a conduit à proposer une nouvelle restitution de l'élévation des temples circulaires de Manching, prenant la forme de bâtiments à parois déportées. Le sanctuaire

d'Hayling Island quant à lui a permis d'étudier un bâtiment rectangulaire avec un rapport largeur/longueur de 3/4 intégré dans un enclos présentant un rapport de 4/5 au cours de son premier état. Deux plus petits dénominateurs communs ont pu être identifiés : 0,2838 et 0,3153333... m. Ce sont les mêmes valeurs qui ont pu être perçues lors du second état du sanctuaire, durant lequel le bâtiment adopte un plan circulaire et où le module se répète trois fois et demie dans son diamètre et huit fois le long des contours de l'enclos qui l'englobe. Dans le cas présent, si la forme et les techniques architecturales et géométriques varient d'un état à l'autre, c'est l'étalon qui semble perdurer. Cette constance chronologique a également pu être identifiée sur l'oppidum de Corent concernant un module de 5,1 m et un plus petit dénominateur commun de 0,30 m. Dans ce cas, ces normes s'appliquent non seulement aux états du sanctuaire, mais encore aux états successifs du complexe C et l'hémicycle de période gauloise. Dans ce dernier cas, il faut néanmoins rester prudent au vu de son plan incomplet. Le cas de Gournay-sur-Aronde enfin, tranche avec les autres exemples évoqués puisque les plus petits dénominateurs communs et rapports géométriques ne sont pas conservés d'une phase à l'autre malgré quelques points communs architecturaux.

CHAPITRE III

SYNTHÈSE

Ce chapitre s'attachera à mettre en avant les résultats des études du chapitre précédent. Ces résultats seront replacés dans leur contexte global. Il présentera également quelques hypothèses et interprétations quant aux unités de mesure et au savoir mathématique en Europe celtique à l'âge du Fer.

1. GÉOMÉTRIE ARCHITECTURALE ET MÉTROLOGIE : SYNTHÈSE À PARTIR DES ÉTUDES DE CAS.

1.1. Des principes géométriques simples

L'analyse des sites du corpus a permis d'étudier la relative complexité des aspects géométriques mis en œuvre dans les plans des établissements. Cette complexité a déjà été mise en avant par Henri Tréziny qui, en reprenant les termes de Gilbert Hallier (HALLIER 1982 : 259), insiste sur le fait que seule la recherche d'unités de mesure antiques « permet, au-delà du "visible compliqué", de retrouver "l'invisible simple" » (TREZINY 1989 : 46), et cela malgré la « démarche complexe, délicate, parfois subjective [et] trop souvent décevante ».

Ainsi les bâtiments étudiés témoignent de l'existence d'une architecture modulaire fondée sur des principes géométriques dont la maîtrise transparait au travers des techniques de planification

perçues.

Trois techniques de planification principales ont pu être mises en avant dans le cadre de l'étude. Ces trois principes répondent à des règles géométriques communes et n'excluent pas l'utilisation de méthodes dérivées. Il est également possible de fusionner plusieurs méthodes dans le but de finaliser le projet ou de le complexifier, par exemple par la réalisation de parois courbes sur les bâtiments Batilly Bât. D ou Goldberg 2. Ces principes cohabitent d'ailleurs régulièrement au sein du même site et au cours de phases d'aménagements vraisemblablement contemporaines.

L'ensemble des modes opératoires que nous évoquerons repose sur le report d'une dimension (surface, segment, écartement de compas, module) dont la valeur peut varier d'un ensemble architectural à un autre.

Ces techniques rejoignent pleinement les propositions de Franz Schubert (SCHUBERT 1994) et Jørgen Jensenius (JENSENIUS 2001) (cf supra Chapitre I 2.2.2.). Leurs typologies se fondent essentiellement sur deux principes géométriques simples. Le premier principe regroupe les édifices construits sur la base de triplets pythagoriciens. Quant au second principe, il englobe les bâtiments planifiés à partir de la division du cercle et dans lesquels on inclut les constructions à partir de triangles équilatéraux. La construction à partir de triplets pythagoriciens approximatifs comme 4-7-8 est considérée comme une technique mixte. À cela il faut ajouter les schémas de constructions hexagonaux et pentagonaux, découlant tous deux de la division du cercle. Chacun de ces types de schémas de planification possède une multitude de sous-types, créés en fonction des cas rencontrés par l'auteur ce qui aboutit presque à la création d'un type par plan d'édifice.

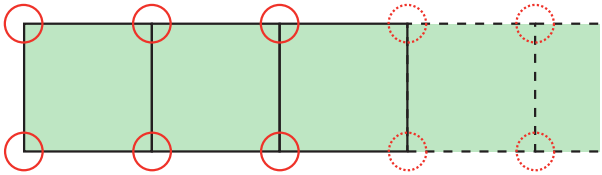
Nous proposons dès lors de simplifier ces hypothèses en présentant une planche récapitulative des principes géométriques théoriques reposant sur les éléments fondamentaux des règles mathématiques identifiées lors de notre étude (Figure 243). Chacune de ces méthodes fondamentales peut par la suite connaître un développement théoriquement illimité. Elles peuvent également être croisées afin de créer des tracés plus complexes.

L'application d'une grille modulaire

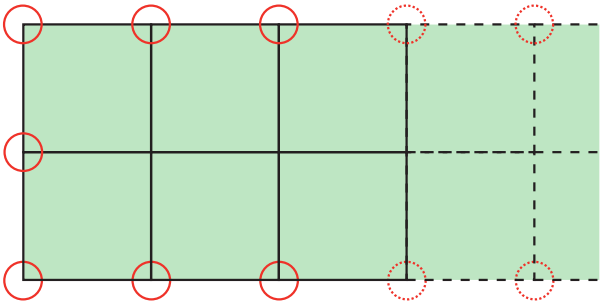
Le premier système de planification correspond à l'utilisation d'une grille modulaire. Il a pu être observé sur l'ensemble des sites du corpus avec parfois quelques particularités. Ce principe est probablement le plus simple à mettre en place et à étendre à l'infini. Une distance prédéfinie est répétée dans la largeur et la longueur des édifices afin d'obtenir des proportions déterminées. Ces rapports sont variables, mais garantissent, outre la facilité de planification, une harmonie des proportions architecturales de l'édifice. Parmi ces rapports on retrouve les triplets pythagoriciens du type 3-4-5 et leurs multiples, mais aussi des triplets plus approximatifs comme 4-7-8. Certains rapports ne rappellent pas directement des méthodes de calculs de dimensions inconnues, comme 1/2 ou 2/3. Ces derniers semblent généralisés sur les sites de Bundenbach et du Goldberg. Dans le cas des bâtiments longs, la largeur peut-être répétée afin d'obtenir la longueur voulue créant des

Répétition à partir d'une grille modulaire

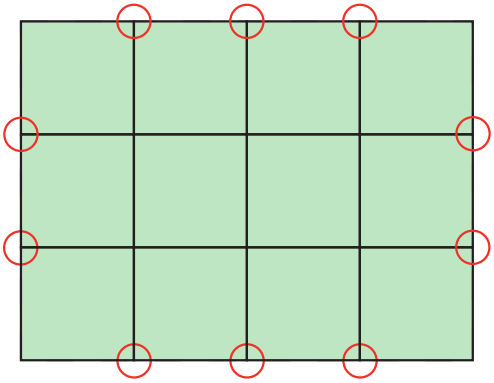
Rapport 1/x



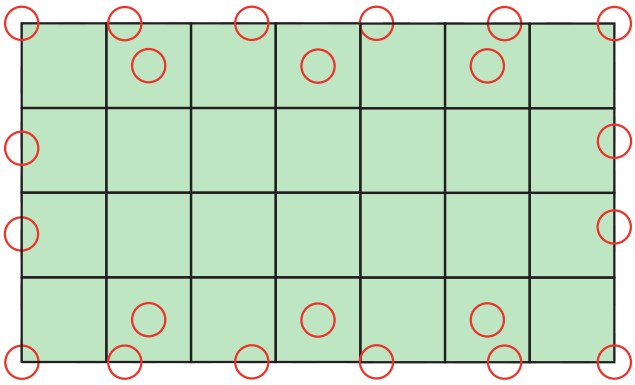
Rapport 2/x



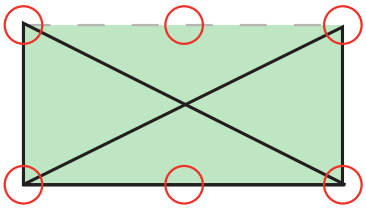
Triplets pythagoriciens, 3-4-5 et multiples



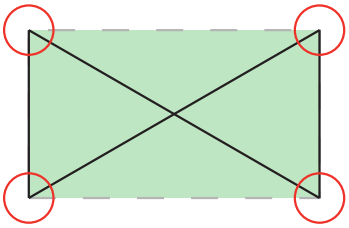
Triplets pythagoriciens approximatifs, 4-7-8 et multiples



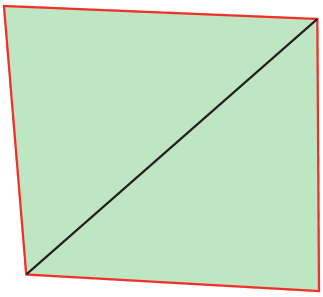
Report de triangles de rapport 1/2



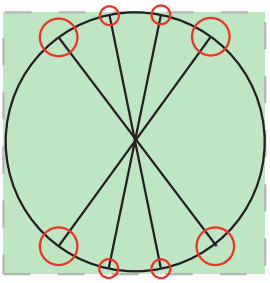
Report de triangles équilatéraux ou isocèles



Planification par la diagonale



Division du cercle
Méthode 1



Division du cercle
Méthode 2

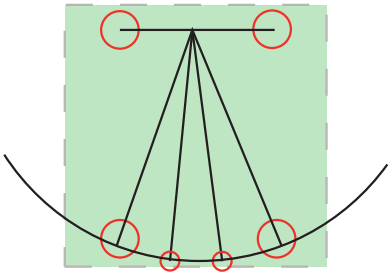


Figure 243. Planche récapitulative des principes géométriques identifiés

rapports cohérents comme 1/5, identifié au Goldberg ou encore 1/8 dans le cas des bâtiments à deux nefs de Manching.

Le report de triangles semblables

Le second principe de planification correspond à la répétition de triangles semblables (rectangles, équilatéraux ou isocèles) soit par juxtaposition soit par symétrie. L'utilisation de triangles, au même titre que les modules, est particulièrement flagrante sur les sites provençaux d'Entremont et du Verduron, du fait de leur forme architecturale particulière liant de nombreux composants architecturaux entre eux. Il s'agit cependant du principe géométrique le moins fréquemment identifié au cours de l'étude. Outre les exemples mentionnés, ce type de planification a pu être identifié de façon très sporadique à Riedlingen sur deux édifices et à Bundenbach sur trois bâtiments. Le rapport 1/2/√5 a pu servir dans le cadre de la mise en place de l'enclos de Mšecke Žehrovice.

La division du cercle

Le troisième principe de planification se fonde sur les propriétés des cercles et concerne plus particulièrement les bâtiments circulaires (extrêmement minoritaires au sein du corpus) ainsi que les structures porteuses et systèmes d'entrées de certains bâtiments à parois déportées. Il existe deux possibilités techniques. Dans le premier cas, l'ensemble des éléments constitutifs du bâtiment est inscrit dans un cercle, et sa division à partir d'un écartement de compas défini (généralement la dimension de la porte) indique l'emplacement des poteaux. Dans le second, le cercle est tracé à partir du centre du segment reliant les poteaux de la structure porteuse les plus éloignés de l'entrée, avec un rayon égal à ce segment. La division du cercle indique alors l'emplacement des poteaux restants. Ce principe fonctionne cependant mieux avec des bâtiments dont le module porteur présente un plan carré. Il a pu être identifié sur tous les sites du corpus où des bâtiments présentant ce type de plan à module porteur interne ont été fouillés et semble à ce jour limité à la fin de La Tène.

La planification par la diagonale

À mi-chemin entre les cercles et les triangles on retrouve la planification par la diagonale qui concerne principalement les enclos. Cependant, certains d'entre eux ont également pu être mis en place grâce à une grille modulaire fondée sur une distance ou une superficie donnée. La planification par la diagonale, dérivé du Théorème de Pythagore, a principalement été identifiée sur les enclos quadrangulaires des habitats ruraux ou de certains sanctuaires comme celui de Corent ou ceux de Roseldorf et apparait extrêmement rarement sur les plans de bâtiments (rappelons les exemples des bâtiments 20 et 23 du Goldberg dont l'interprétation reste sujette à caution). Les enclos des habitats ruraux de Riedlingen, Ehningen, Batilly-en-Gâtinais et Mšecke Žehrovice sont des exemples de régularité du tracé de ces aménagements. Ces enclos ont pu être planifiés soit par

Site	Nombre d'aménagements étudiés	Schémas de planification identifiés			
		Répétition modulaire	Par la diagonale	Circulaire	Reports de triangles
Acy-Romance	333	107			
Batilly-en-Gâtinais	38	22	1	3	1
Bundenbach	185	151		1	3
Corent	5	5	2		
Ehningen	12	5	1	3	
Entremont	1	1			1
Goldberg	47	27	3		
Gournay-sur-Aronde	6	6			
Hayling Island	2	3	2	1	
Heuneburg	126	77	5		
Lattes	1	1			
Manching	63	34	3	5	3
Msecke Zehrovice	3	3	1	1	1
Riedlingen	20	10	1	4	2
Roseldorf	3	3	3		
Verduron	1	1			1
Totaux	846	456	22	18	12

Figure 244. Tableau récapitulatif des schémas de planification identifiés par site.

la répétition d'un module (que ce soit une distance ou une superficie) avec des rapports largeur/longueur identifiés par ailleurs (3/4 ou 1/2 par exemple) soit par la diagonale.

Sur les 846 ensembles architecturaux étudiés, 508 schémas de planification ont pu être identifiés (soit 60 % de résultats positifs) (Figure 244). Dans certains cas, deux principes ont pu mener au même résultat. L'application d'une grille modulaire est de loin le principe le plus utilisé au sein du corpus. Il a pu être identifié dans 456 cas. Les autres schémas sont largement minoritaires. Le cas de la planification par la diagonale a été rencontré à vingt-deux reprises et concerne uniquement les sites comportant les enclos. La planification par la division du cercle a été perçue dix-huit fois sur des bâtiments de plan circulaire, ou sur des édifices à paroi déportée. Enfin, la planification par report de triangles est le schéma le moins usité avec douze occurrences, parmi lesquelles se trouvent des cas de report de triangles de rapport $1/2/\sqrt{5}$ aboutissant à un résultat qui pourrait également être obtenu par la répétition modulaire.

La taille du site et le nombre de bâtiments qui le composent n'impliquent pas la multiplication du nombre de principes géométriques utilisés dans son emprise. Dans le domaine nord-alpin, on constate que c'est principalement dans les sites ruraux que les techniques géométriques employés sont les plus diversifiées. À l'inverse les habitats ouverts, *oppida* et autres habitats de hauteur fortifiés, à l'exception de Manching, présentent bel et bien un faciès géométrique très homogène avec, dans certains cas, quelques rares exceptions. C'est le cas des sites à enclos où la planification par la diagonale ne s'applique qu'à ce dernier, ou encore à Bundenbach, site au corpus d'aménagements le plus important après Acy-Romance, où l'on a pu identifier trois principes géométriques dont le premier est clairement majoritaire (la répétition modulaire) et les deux autres sont représentés par un seul (la planification à partir d'un cercle) ou trois édifices (le report de triangles).

La limitation du nombre de techniques de planification utilisées pourrait être un marqueur en faveur de l'hypothèse de la mise en place d'un plan d'organisation général avec un éventuel programme architectural privilégiant certains principes au détriment des autres.

Des indices renforçant cette hypothèse ont été perçus sur d'autres sites (sans distinction de type d'habitat) ayant fait l'objet d'une analyse récente en dehors de notre corpus. C'est le cas notamment sur l'habitat rural de Couesmes, où l'utilisation de la répétition modulaire et de la division du cercle a pu être identifiée (QUILLIEC et LARUAZ 2011). De même, la répétition de certaines mesures et des proportions des plans de bâtiments est particulièrement frappante, le tout est appuyé par une organisation interne visiblement réfléchie et planifiée dans un but ostentatoire (QUILLIEC et LARUAZ 2011 : 291-293). Il en va de même pour l'habitat de hauteur fortifié du Hunnenring à Otzenhausen. Les bâtiments de cet établissement possèdent des mesures et des proportions récurrentes, qui ont permis l'identification d'un schéma de planification par répétition modulaire fondé principalement sur les triplets pythagoriciens originaux et approximatifs (WIEGERT 2002). Cependant il n'existe aucun plus petit dénominateur commun à l'ensemble des constructions fouillées.

1.2. Le pied celtique n'existe pas

Les plus petits dénominateurs communs identifiés lors de l'étude montrent la coexistence d'étalons à géométrie variable. Afin de visualiser les divers résultats rencontrés au cours de l'analyse, nous les avons compilés au sein d'un graphique (Figure 245) et d'un tableau (Figure 246).

La répartition des plus petits dénominateurs communs montre une distribution assez régulière des différentes valeurs identifiées à l'exception de 0,30 m qui est largement surreprésenté. Avant de revenir sur les causes de cette prépondérance, il faut préciser que sur les 846 structures étudiées, seules 317, soit 37,47 %, ont permis l'identification d'un plus petit dénominateur commun. Ceci est en partie dû au fait que la majeure partie des bâtiments du corpus sont des édifices sur quatre poteaux, sans autres aménagements, ce qui réduit la possibilité d'effectuer des mesures et, de fait, d'identifier une valeur récurrente. En effet, les simples bâtiments sur quatre poteaux ne permettent qu'un nombre limité de mesures, bien souvent insuffisant à la déterminitation d'un module ou d'un étalon. Ces bâtiments restent cependant toujours utiles à l'étude puisqu'ils permettent de percevoir des proportions largeur/longueur répétées de façon régulière au sein d'un site. Il faut noter la présence de deux valeurs extrêmes, chacune identifiée une seule fois, en dehors des valeurs généralement attribuées à la dimension du pied (0,25 à 0,35 m) : 0,39 et 0,40 m. On observe une baisse générale de la fréquence à partir de 0,33 m. Celle-ci atteindra un maximum de 7 pour une valeur de 0,35 m. La fréquence des valeurs antérieures oscille entre 3 (0,285 m) et 27 (0,31 m) avec un pic à 72 pour 0,30 m sans dégager de tendance uniforme. La moyenne des valeurs constatées est de 0,29681388 m avec un écart-type de 0,0250949. La largeur de cet écart-type montre bien la dispersion des valeurs dont plus des deux tiers se situent entre 0,27 et 0,325 m soit un intervalle de

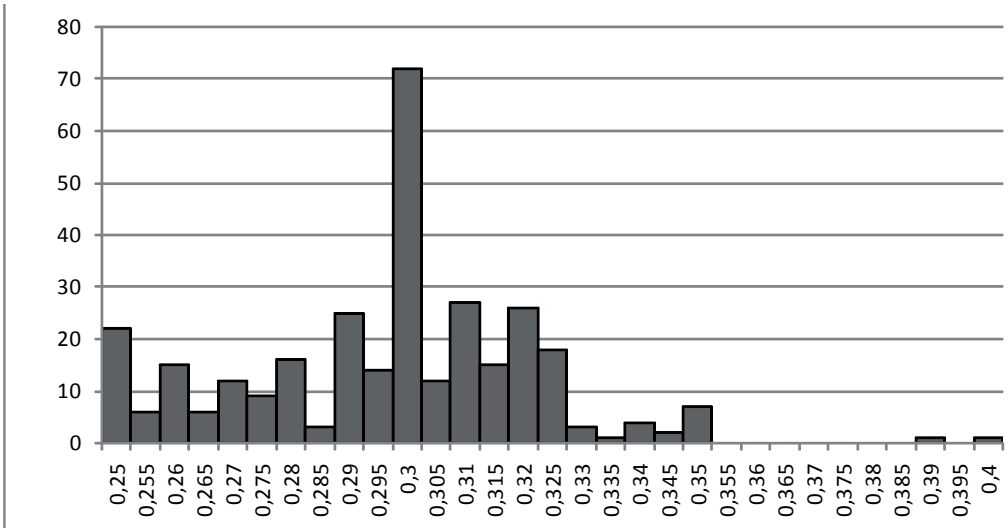


Figure 245. Histogramme présentant la fréquence (ordonnée) des valeurs de plus petits dénominateurs communs (abscisse)

Valeurs (m)	Fréquences
0,25	22
0,255	6
0,26	15
0,265	6
0,27	12
0,275	9
0,28	16
0,285	3
0,29	25
0,295	14
0,3	72
0,305	12
0,31	27
0,315	15
0,32	26
0,325	18
0,33	3
0,335	1
0,34	4
0,345	2
0,35	7
0,355	0
0,36	0
0,365	0
0,37	0
0,375	0
0,38	0
0,385	0
0,39	1
0,395	0
0,4	1

Figure 246. Tableau de décompte des valeurs de plus petits dénominateurs communs

0,055 m qu'il convient de qualifier d'important au vu des valeurs concernées ici[4].

La surreprésentation de la valeur 0,30 m peut s'expliquer par plusieurs facteurs. Il faut dans un premier temps préciser que, pour des questions de lisibilité du graphique et de qualité de la donnée disponible, l'ensemble des bâtiments du site d'Acy-Romance n'a été comptabilisé que comme un seul. Le nombre d'occurrences de la valeur 0,30 est donc encore plus élevé (136 au lieu de 72). Sont également regroupées autour d'une valeur X, toutes les mesures comprises entre X - 0,0025 et x + 0,0025 étant donné l'intérêt limité de déterminer un plus petit dénominateur commun au millimètre près pour l'étude. Ajoutons à cette marge, l'approximation des mesures ayant pu être effectuées autant au moment de la construction qu'au moment du relevé ou de l'étude. Ceci augmente évidemment le nombre d'occurrences de la valeur centrale. Cette mesure de 0,30 m correspond aux valeurs moyennes des étalons anthropométriques prémétrification (c'est-à-dire avant la mise en place du système métrique). Sa surreprésentation n'est donc pas un phénomène inhabituel. Les dimensions des étalons antiques identifiés par Friedrich Hultsch convergent en moyenne également vers cette valeur. Ceci est d'autant moins surprenant que si les systèmes de mesures prémétrification sont effectivement inspirés des parties du corps humain, nous sommes ici proche des mensurations moyennes d'un homme adulte (QUÉTELET 1871, CHARRAUD et VALDELIEVRE 1981).

Au vu de la variété des valeurs constatées au sein d'un même site et dans certains cas d'une même phase, l'existence, la persistance chronologique et la diffusion géographique d'un pied celtique uniforme tel qu'il est présenté par Franz Schubert ne peuvent être qu'infirmées. En effet, lorsqu'ils ont pu être identifiés, la variabilité des étalons de mesure n'a pour ainsi dire aucune limite dans l'éventail des unités anthropométriques, celles-ci étant les plus simples à déterminer. Dans les cas où aucun étalon de mesure n'a été perçu, deux principales raisons sont à invoquer : soit l'étalon a été utilisé, mais n'a pas pu être perçu, car les mesures ne sont pas assez significatives ; soit l'étalon se fonde sur une unité de mesure impossible à déterminer (Witold Kula référence par exemple des mesures de distances effectuées à partir de la portée d'une flèche tirée à l'arc, la portée d'une hache ou d'une pierre lancée en arrière par un homme assis, ou la portée d'un hennissement ou d'un mugissement, et ce jusque dans les années 1940 à travers le monde : KULA 1984 : 14-15). Parmi les cas d'étalons hors du commun, il faut citer le cas d'Acy-Romance où nous avons identifié un étalon qui a pu être choisi à partir du diamètre du tertre présent au centre du site.

À ce titre, les sites méridionaux font figure d'exceptions. Les constructions y sont agglutinées, accolées. Dans ces cas, pour que l'organisation du site persiste, l'utilisation d'un étalon dans la construction doit être plus rigoureuse qu'au sein des bâtiments des habitats nord-alpins dont l'organisation est régulière, mais plus aérée. Les formes architecturales méridionales permettent une meilleure identification des rapports métrologiques. Les lots sont plus petits et plus faciles à identifier à partir des données de terrain, et la forme architecturale correspond dans la plupart des

4 Si m est la moyenne des valeurs et σ leur écart-type alors 68,27 % des valeurs sont comprise dans un intervalle [m-σ ; m+σ].

cas au lot (ou au module). Il ne faut pas non plus perdre de vue que les analyses métrologiques restent toujours plus simples lorsqu'il suffit de suivre des murs bien conservés plutôt que des alignements de poteaux parfois difficilement lisibles. Il est donc possible que cette régularité d'utilisation d'un étalon à l'échelle d'un site soit due à un état de la recherche.

Enfin, il convient d'insister sur le fait que l'utilisation d'une unité n'est pas systématique. Certaines constructions simples ont pu être réalisées de façon opportuniste avec des matériaux à disposition et en procédant par simple assemblage de ces derniers dans le but d'obtenir un rendu utilitaire (comme c'est le cas par exemple pour les cabanes construites par des enfants encore aujourd'hui).

1.3. Le cas des bâtiments circulaires en celtique continentale : vers une nouvelle hypothèse de restitution

1.3.1. Les bâtiments circulaires de l'âge du Fer : remise en contexte

Cette étude permet de soulever le problème d'interprétation des bâtiments de plan circulaire en Europe celtique continentale. Ce plan est fréquent et bien identifié sur les sites bretons et en Gaule du nord-ouest. On citera notamment les exemples de Danebury (CUNLIFFE 1984, CUNLIFFE et POOLE 1991) ou Hod Hill (RICHMOND et al. 1968) ou encore le temple de Hayling Island,

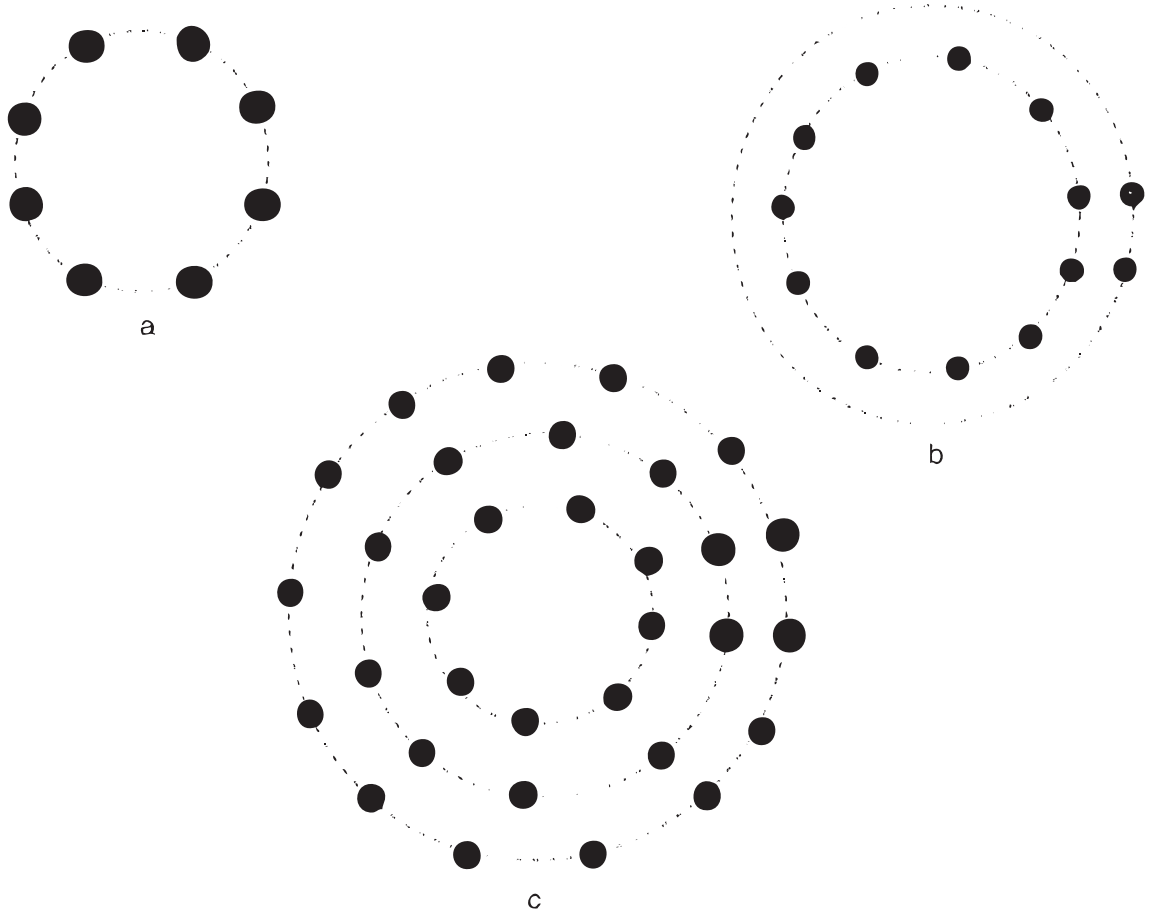


Figure 247. Typologie des bâtiments à couronnes de poteaux, d'après DECHEZLEPRÊTRE et GINOUX 2005.

fréquemment cité à titre de comparaison pour les temples de Manching. C'est à partir de l'étude de ces derniers que nous fondons notre réflexion.

Les bâtiments circulaires présentent des techniques architecturales variables dont la typologie a été réalisée par Thierry Dechezleprêtre et Nathalie Ginoux (DECHEZLEPRÊTRE et GINOUX 2005 : 82-85). Le premier ensemble regroupe les bâtiments circulaires ayant livré des indices d'implantation de paroi ou de solin de pierre. Ces principes de construction mettant en avant le plan circulaire de façon assez évidente, il est inutile de revenir sur ces exemples.

Le second groupe rassemble les bâtiments à « couronnes de poteaux » et se divise en trois sous-groupes (Figure 247) : les constructions à couronne double ou triple (c), les constructions sur couronne et paroi décalée (b) et les constructions à couronne simple (a). C'est précisément sur cette dernière forme que nous souhaitons attirer l'attention. Les deux types précédents sont constitués d'un grand nombre de poteaux de diamètre souvent assez réduit ou moyen, alors que dans le dernier cas, le plan peut se réduire à six poteaux atteignant bien souvent des dimensions assez considérables.

Ces bâtiments circulaires sont très rares en Europe celtique continentale et renvoient fréquemment les fouilleurs, de ce fait, vers une fonction particulière, difficile à déterminer au sein d'un site, comme ce pourrait être le cas à Bundenbach (VILLES 1982 : 157-159). Dans le cas des temples de Manching, le mobilier découvert renvoie vers une fonction rituelle et cette forme architecturale particulière a été mise en lien avec le caractère religieux du monument (SCHUBERT 1994). Le corpus des édifices cultuels montre toutefois la variété des formes architecturales utilisées. Citons à titre d'exemple le sanctuaire du Martberg (NICKEL 2012), dont les temples sont des bâtiments sur quatre poteaux et parois déportées, ou le premier état du temple A de Manching qui se présente sous la forme d'un bâtiment sur quatre poteaux entouré par une palissade. Holger Wendling propose de voir dans cette palissade les éléments de parois d'un bâtiment fermé rejoignant ainsi les plans des édifices cultuels du Martberg (WENDLING 2013 : 467-468). À Corent, les bâtiments ne possèdent aucun poteau interne. Dans d'autres cas, enfin, comme à Roseldorf ou dans les premiers états de Gournay-sur-Aronde, le sanctuaire se compose uniquement d'un espace délimité ouvert et de fosses. Les bâtiments circulaires font donc figure d'exceptions même dans les contextes rituels.

1.3.2. Une nouvelle proposition de restitution

Ces éléments soulèvent à nouveau des questions sur ce type de bâtiment, et cela d'autant plus que l'étude géométrique que nous avons réalisée nous permet de nouvelles considérations sur la planification à base circulaire. En effet, plusieurs bâtiments étudiés sur des sites comme Manching, Batilly-en-Gâtinais, Ehningen ou Riedlingen, et qu'il convient d'interpréter comme des édifices à parois déportées sans fonction rituelle, montrent que ce type de plan s'intègre parfaitement dans un schéma de construction circulaire basé sur la division du cercle, au même titre que les propositions de Franz Schubert concernant les temples de Manching (SCHUBERT 1994). La similitude entre

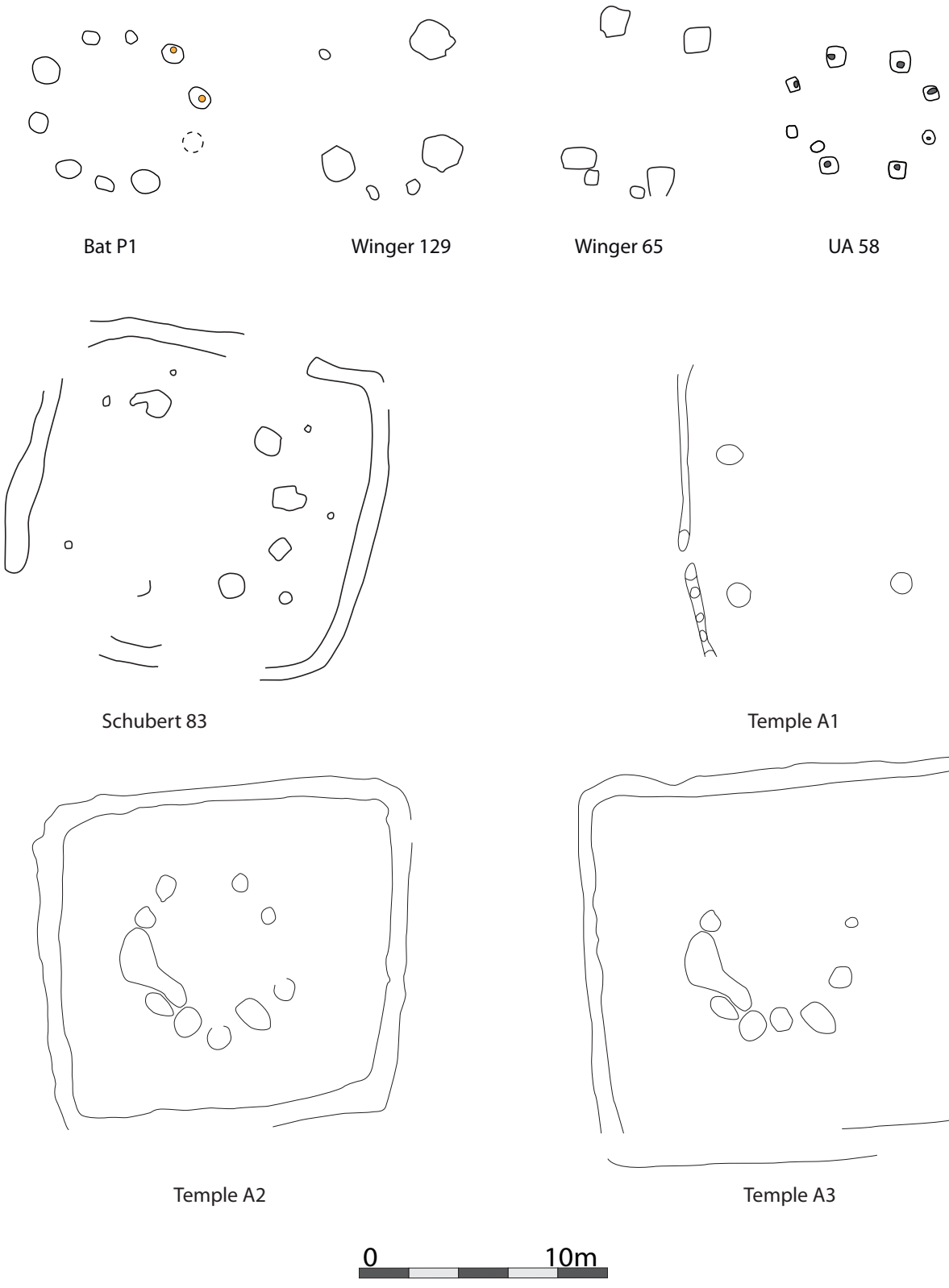


Figure 248. Plan de bâtiments à schéma circulaire (Bat. P1 et UA 58 :Batilly-en-Gâtinais, autres : Manching).

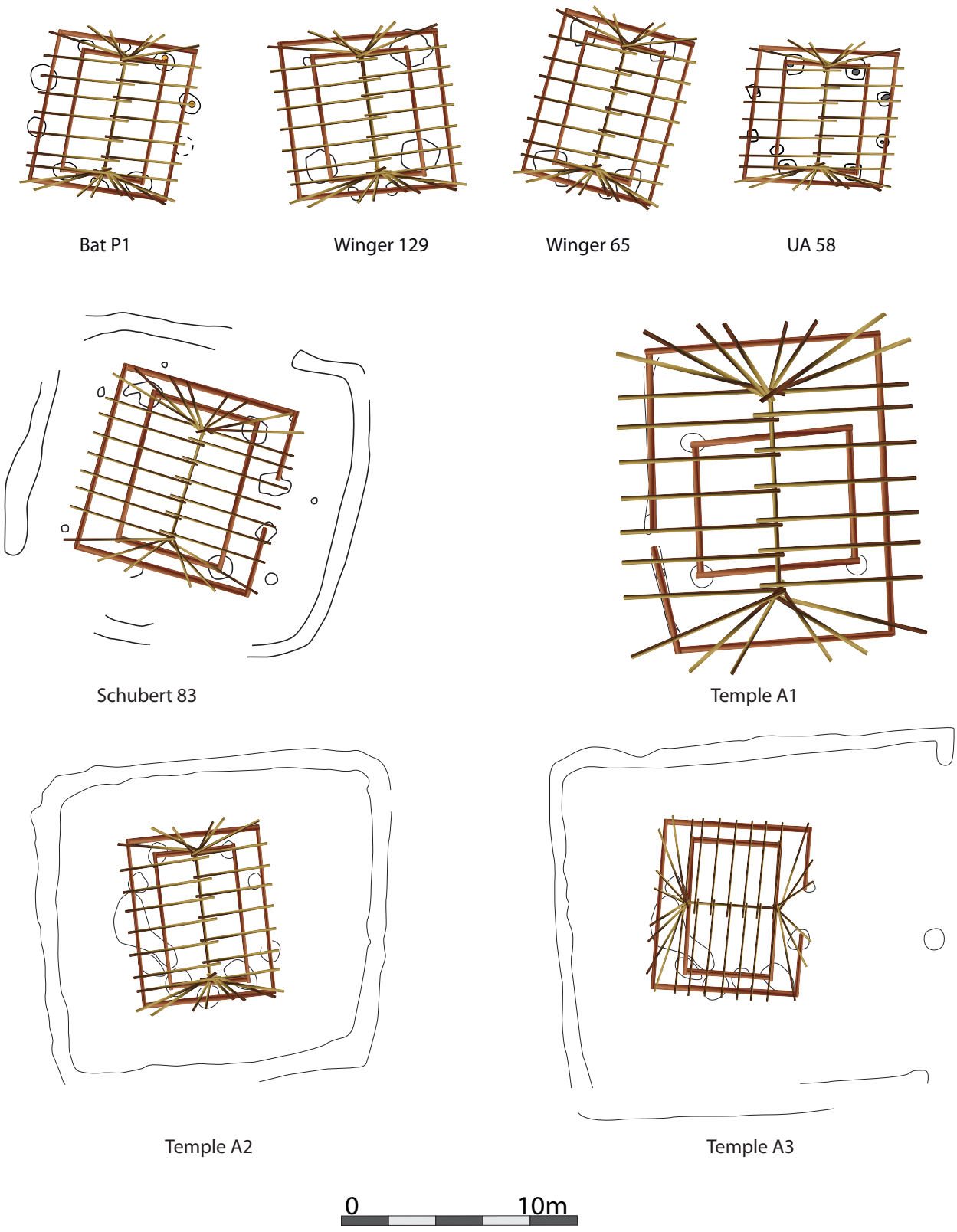


Figure 249. Plan de bâtiments à schéma circulaire et restitution de charpente à partir d'édifices de plans carrés (Bat. P1 et UA 58 :Batilly-en-Gâtinais, autres : Manching).

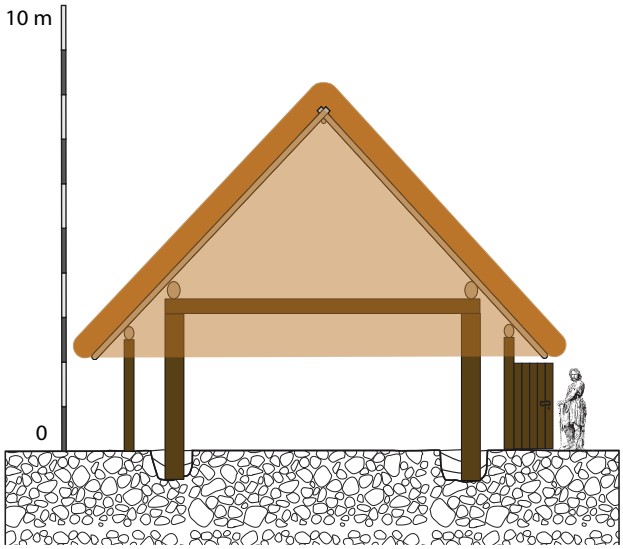
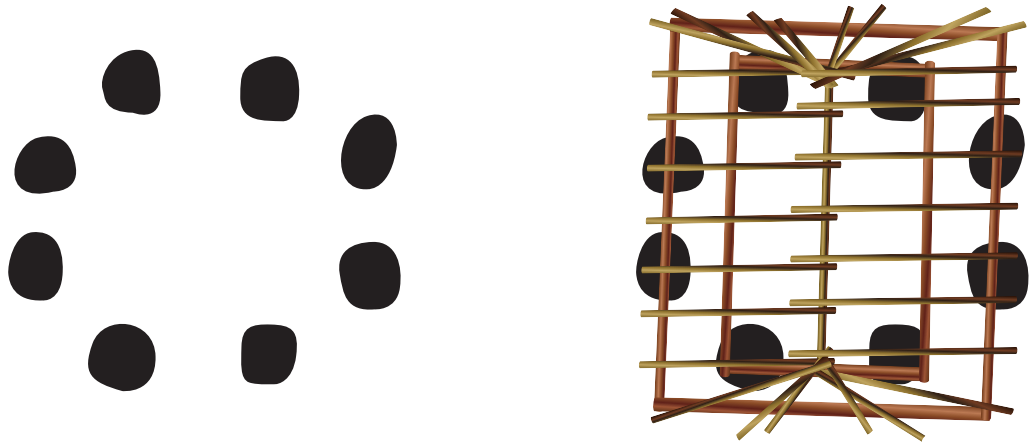


Figure 250. Restitution proposée pour les bâtiments à schéma de constructions circulaires : coupe théorique de l'élévation.

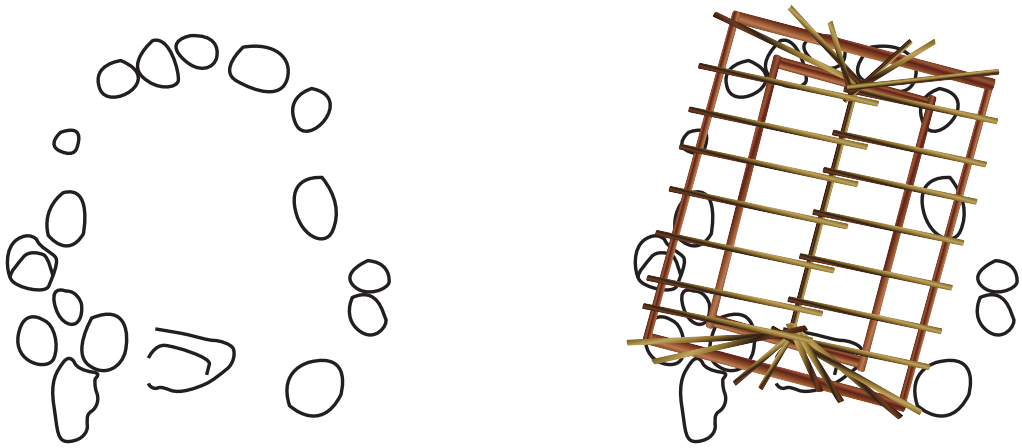
ces plans est d'autant plus marquante dans les cas où les édifices présentent les mêmes dimensions, comme entre les bâtiments Bat P1, UA 58, Winger 129 et les deux derniers états du temple A (Figure 248). Ces constatations nous permettent ainsi de proposer de nouvelles hypothèses de restitution de l'élévation des bâtiments que nous appelons à « schéma de planification circulaire » et dont les indices de parois n'ont pas pu être mis en évidence lors de la fouille.

Dans la pratique, ce schéma de planification peut facilement être mis en œuvre à partir d'outils simples comme une corde à nœuds. Celle-ci permet de définir l'emplacement des poteaux porteurs de la charpente, ainsi que l'emplacement des poteaux des chambranles dans un premier temps. Par la suite les diamètres correspondant à l'axe du bâtiment et à sa perpendiculaire indiquent l'emplacement de la paroi déportée. En général le module utilisé pour diviser le cercle (et ainsi définir l'emplacement des poteaux) correspond à la largeur du dispositif d'entrée. Cette technique garantit une certaine harmonie architecturale de l'ensemble des éléments constitutifs du bâtiment.

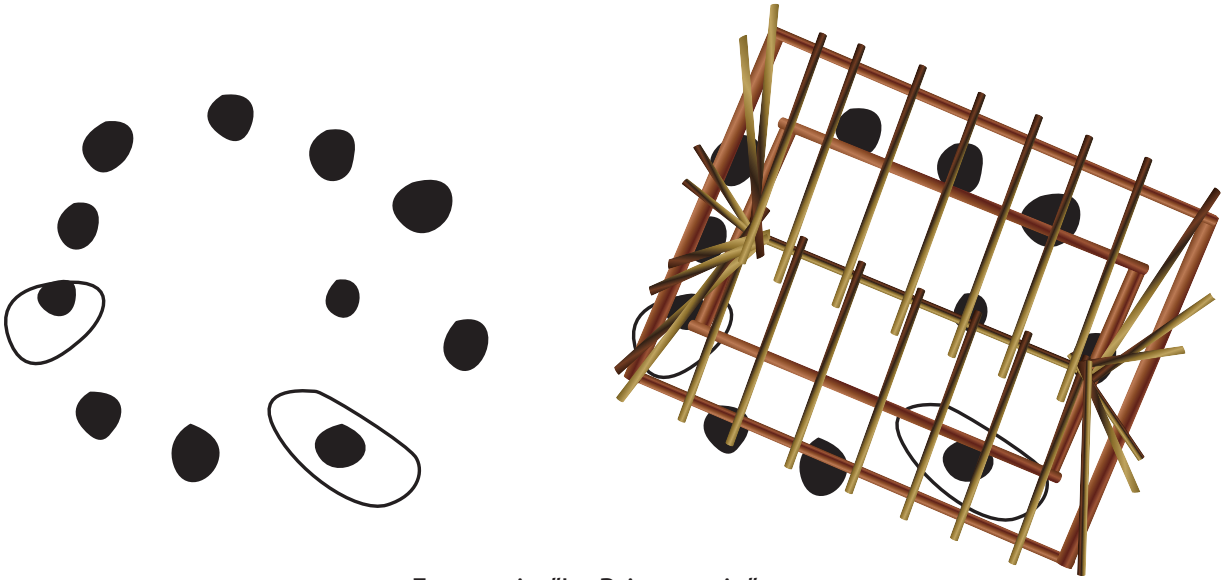
Comme nous l'avons déjà évoqué dans le cas de l'ensemble 83 de Manching (supra, chapitre II 2.11.7.2), il est donc possible de restituer des bâtiments à parois déportées avec une structure porteuse centrale constituée de quatre poteaux. Cette hypothèse s'applique également dans le cas des deux derniers états du temple A de Manching. Dans tous ces cas, les quatre poteaux centraux constituent le module porteur de la charpente. On peut alors restituer une toiture à quatre pans (Figure 249, Figure 250). En l'absence d'indication sur l'emplacement des parois, nous ne connaissons pas l'emprise précise des édifices. Pour ces restitutions, nous nous sommes fondés sur l'emplacement des poteaux d'entrée. Il est possible que l'emprise des édifices ait été plus importante. Cependant, la présence sur certains édifices de poteaux supplémentaires en arrière de la structure porteuse et sur les côtés ne présentant pas d'indices de dispositif d'entrée, peut indiquer l'emplacement de la paroi (comme pour le bâtiment Bat P1). Un tel poteau viendrait alors renforcer la paroi en apportant un soutien supplémentaire pour la sablière haute. La fouille du bâtiment D de Batilly a montré l'existence de bâtiments à parois courbes à La Tène finale.



Berry-au-Bac, “Le Chemin de la Pêcherie”



Quimper, “Le Braden I”



Etampuis, ”La Briqueterie”

Figure 251. Plan de bâtiments à schéma circulaire et hypothèse de restitution de charpente.

Cette courbure est conditionnée dès l'installation de la structure porteuse. Il n'est donc pas exclu que dans les cas similaires au bâtiment Bat P1, les poteaux supplémentaires soient rattachés au module porteur central et indiquent ainsi la présence d'un édifice à parois courbes, dont les parois se situent encore un peu plus en arrière de la structure porteuse.

Dans le cas du premier état du temple A, la question de la restitution de son élévation reste ouverte. Les trois poteaux connus constituant le module porteur couvrent une superficie proche des bâtiments des phases suivantes (environ 35 m²). En restituant une paroi déportée à partir des tranchées fouillées, on obtient une superficie d'au moins 130 m². C'est la superficie de l'édifice principal qui marque le changement le plus important, puisque la surface du bâtiment a été réduite de trois quarts entre la phase 1 et la phase 2. En effet, si ces trois édifices peuvent être restitués sous la forme de bâtiments à parois déportées, le complexe cultuel du temple A de Manching n'aurait alors pas connu d'évolution architecturale. Nous privilégions toutefois l'hypothèse d'un bâtiment simple sur quatre poteaux, entouré par une palissade durant la première phase et suivi par un bâtiment à paroi déportée à partir de l'état 2.

Ces considérations nous permettent de revenir sur quelques exemples plus anciennement fouillés (Figure 251). Dans le cas du site de Berry-au-Bac, « Le Chemin de la Pêcherie », Alain Villes insistait sur la possibilité de retrouver des bâtiments circulaires à proximité d'édifices rectangulaires en Europe continentale durant La Tène D, à l'instar des sites bretons (VILLES 1982 : 157-158). Ce bâtiment entre tout à fait dans la typologie des plans de bâtiments à schéma de construction circulaire et peut lui aussi être restitué comme un édifice à parois déportées. Il en va de même pour le bâtiment du Ier siècle de notre ère de « La Briqueterie » à Etampuis qui, bien que présentant un plan moins régulier, entre également dans ce type de schéma (DECHEZLEPRETRE et al. 1997 : 50-51).

Dans certains cas, la restitution d'un bâtiment de plan circulaire est due à la difficulté de lecture du terrain et à un grand nombre de trous de poteaux présents dans l'emprise de l'ensemble, mais qui peuvent correspondre à des états différents non identifiés au moment de l'étude. Dans les cas des temples A2 et A3 à Manching des recoupements ont été identifiés, mais la différenciation chronologique entre les structures n'a pas toujours été faisable. Il est possible que ce soit également le cas sur d'autres sites fouillés avant les années 2000, comme pour le bâtiment S 620 découvert à Quimper, Le Braden I (LE BIHAN 1989). Le plan de ce bâtiment est considéré comme ovalaire, mais il est également possible, au vu des exemples présentés ici, de restituer un plan rectangulaire composé d'un module intérieur porteur et de poteaux d'entrée indiquant l'emplacement d'une paroi déportée.

La typologie élaborée par Olivier Buchsenschutz sur les plans de bâtiments (BUCHSENSCHUTZ 2005, Figure 252) montrait déjà l'origine géométrique commune des bâtiments rectangulaires à parois déportées et des bâtiments circulaires, en se fondant uniquement sur les plans. Nos remarques ne font qu'accentuer cette constatation et appellent à reconsidérer

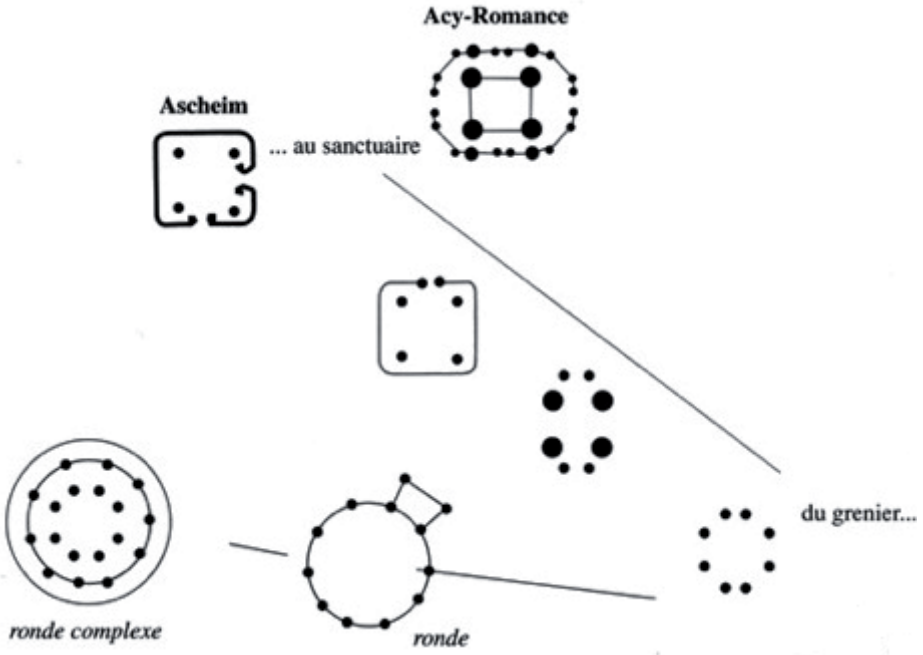


Figure 252. Extrait de la typologie d'Olivier Buchsenschutz centré sur les bâtiments circulaires montrant la possibilité d'une origine géométrique commune entre les bâtiments à parois déportées de plan carré et les bâtiments circulaires (BUCHSENSCHUTZ 2005).

les plans de bâtiments à schéma de planification circulaire en montrant que plusieurs formes de restitution sont possibles. Les connaissances accumulées sur les bâtiments rectangulaires à parois déportées ces dernières années tendent à montrer la prédominance de ce type d'architecture sur les bâtiments circulaires à partir de La Tène C et nous incitent à privilégier ce type de restitution d'élévation. Il ne s'agit pas pour autant de réinterpréter l'ensemble du corpus des bâtiments circulaires. Nous l'avons vu, certains plans parlent d'eux-mêmes et ne nécessitent pas de reprise de données. Dans ces cas, la question de la présence et du rôle d'un bâtiment à l'architecture particulière au sein d'un habitat d'Europe continentale, où ce type d'architecture est extrêmement rare, comme à Bundenbach par exemple, reste toujours d'actualité.

2. LES MODALITÉS DE L'APPLICATION DES PRINCIPES ET DES MESURES

Les poids et mesures, régissant les superficies, les dimensions, et les quantités dans les échanges peuvent varier d'un site à un autre, voire d'une structure à une autre comme nous avons pu le constater sur les sites nord-alpins que nous avons étudiés.

De plus, aucune spécificité géographique et aucune évolution chronologique des principes géométriques et des étalons n'ont été mises en évidence à partir des sites du corpus. Cette situation ne se limite pas qu'à l'Europe celtique.

2.1. Un « chaos métrologique » inextricable ?

Notre étude dresse un tableau assez nébuleux qui n'est pas sans rappeler le « chaos métrologique » de Witold Kula. Ce dernier écrit à propos des mesures féodales (KULA 1984 : 125) :

> « Toute société et même tout village de l'époque préindustrielle donnent à première vue l'image d'un chaos métrologique. Mais cela ne tient qu'à nos habitudes qui nous poussent à ne voir qu'un "chaos" dans toute situation socialement et culturellement étrangère. Et ce "chaos" rend si difficile tout travail de recherche, que de nombreux historiens se contentent de le déplorer.
>
> Rien n'est pourtant plus faux. »

Nous rejoignons son avis pour les périodes antérieures au Moyen-Âge. Le désordre apparent qui se dégage des études métrologiques rend la systématisation de la recherche très difficile. Il affecte principalement le chercheur, qui plus est lorsqu'il étudie des civilisations prélittéraires. La réalité était certainement tout autre pour les populations de l'âge du Fer.

Les choix métrologiques et géométriques, malgré leur apparente variabilité, peuvent offrir des cadres stricts, incitant au respect des normes.

Cet encadrement rigoureux s'applique plus volontiers dans le cadre des échanges. Ces derniers ont toujours eu lieu, et l'existence des tables de conversion montre bien la flexibilité dont faisaient preuve les parties concernées lors des transactions et de la mise en place d'un accord sur une mesure commune pour quantifier les transferts.

Dans les cas où les mesures sont imposées, la perte de souplesse n'entrave cependant pas les transactions, mais l'autorité émettrice s'expose à une vive contestation qui dépasse rarement les frontières locales[5]. Les échanges se poursuivent pourtant de façon assez naturelle comme a pu le démontrer Witold Kula pour plusieurs pays d'Europe avant la métrification (KULA 1984 : 103).

5 La plus grande vague de contestation métrologique ayant eu lieu durant la Révolution française (GUEDJ 2000).

C'est ce même a priori qui décourage les ethnologues dans leur tentative d'études métrologiques. Seuls deux ouvrages récents offrent un tour d'horizon métrologique du point de vue ethnologique (LE ROUX et al. 2004 et 2008). Ces témoignages montrent encore une fois la variabilité des mesures en fonction des besoins et la cohabitation entre plusieurs normes métrologiques. À titre d'exemple, citons l'article de Nguyen Tùng sur l'évolution des mesures au Vietnam (TÙNG 2008 : 441-457). L'auteur y recense plus d'une dizaine d'unités de mesure de longueur utilisées avant la mise en place du système métrique en 1929. Certaines d'entre elles ont été imposées lors de la colonisation du pays par la Chine. Dès son indépendance au Xème siècle ce système de poids et mesures a évolué de façon unilatérale jusqu'à la colonisation française à partir de 1862. À partir de ce moment, anciennes et nouvelles unités ne cessèrent de cohabiter, et ce même après l'adoption du système métrique. Les anciennes mesures variaient en fonction des usages. Huy Nguyen et Louis-Jacques Dorais montrent ainsi que le pied *thước* (l'unité de mesure fondamentale) valait en théorie 0,425 m sous la dynastie Nguyen (1802-1945) puis les autorités coloniales l'ont fixé à 0,40 m en 1900. Cette valeur était celle utilisée par les arpenteurs. Les menuisiers et charpentiers utilisaient quant à eux un pied d'une valeur de 0,42 m, les tailleurs enfin un pied de 0,62 m. Dans chaque cas, les valeurs varient encore d'un artisan à un autre ou d'une confrérie à l'autre (NGUYEN et DORAIS 2008 : 459-462). Il faut à ce titre mentionner que lors de la construction d'un édifice dans le monde rural traditionnel vietnamien, les dimensions des éléments constitutifs de la maison peuvent dépendre de facteurs supplémentaires comme l'âge du propriétaire ou des valeurs symboliques attribuées aux subdivisions de l'unité fondamentale (NGYUEN et DORAIS 2008 : 460). C'est alors le maître d'œuvre qui décide des mesures à employer à l'aide de son étalon personnel.

La nature même de ce type de mesures les rend variables (KULA 1984 : 106), et ce malgré de possibles tentatives de stabilisation. En plus de se fonder sur des parties du corps dont les dimensions varient d'un individu à un autre, sur des éléments différents en fonction des lieux ou de la nature des éléments à évaluer. Les échanges peuvent contribuer à la variabilité des unités de mesure, mais aussi à leur utilisation à différentes échelles, allant de l'ultra-locale (la construction d'un édifice), à une échelle interculturelle (pour les transactions entre deux populations différentes par exemple).

Durant l'Antiquité, une partie de ces problèmes était résolue à partir de tables de conversions dont nous connaissons plusieurs exemples dans le monde méditerranéen (CHANKOWSKI et HASENOHR 2014, CIOFFI 2014, REZKALLAH-BOUSSAID 2014). Ces exemples concernent toutefois principalement les mesures de poids et de volume. Aucun exemple clair d'exercice ou de tables de conversion pour les unités de distance n'est connu avant la métrification (GUEDJ 2000). Il existe cependant des reliefs métrologiques, visibles aux yeux de tous, pouvant jouer le rôle d'étalons lors des échanges ou des constructions. En l'absence de reliefs, il est possible qu'un accord préalable sur la valeur de la mesure ait été imposé par l'un des partis ou encore négocié après d'âpres débats. Il est également possible que chaque maître d'œuvre utilise son étalon et ses outils propres dans le but de concrétiser le projet grâce à des principes géométriques faisant partie

de sa formation.

De telles observations ont également pu être faites chez les Thaïs (BAFFIE 2008 : 563-591), les Hmong (YANG 2008 : 533-561) ou encore chez les Laos (CLEMENT-CHARPENTIER 2008 : 515-531). Chez ces derniers, l'auteur met en avant la variabilité des supports pour matérialiser l'étalon lors de la construction des maisons. Une corde à nœuds est utilisée pour la planification de l'édifice sur le terrain, une tige de bambou représente l'unité fondamentale et une « longue tige de bambou » (CLEMENT-CHARPENTIER 2008 : 520) servait dans la mesure de l'élévation, la hauteur du pignon et le degré de pente de la toiture.

Dans certains cas, la conservation des étalons est un véritable casse-tête pour les institutions qui les émettent (GUEDJ 2000 : 239-252). On peut cependant supposer qu'à l'instar des populations traditionnelles actuelles, ces considérations n'étaient pas forcément le problème principal des émetteurs de l'Antiquité. Durant le Moyen-Âge encore, les étalons étaient fabriqués dans des matériaux soumis à la dégradation au cours du temps et l'on se référait alors au pouvoir émetteur en cas de litige sans pour autant que ce dernier ait en sa possession un étalon d'une extrême précision (KULA 1984 : 84-88). C'est le pouvoir émetteur qui détient pourtant le dernier mot. Cette prédominance des décisions du pouvoir en place participe activement aux variations métrologiques que nous constatons.

Le tableau ainsi dressé correspond assez bien aux constatations que nous avons pu faire lors de l'étude des sites de l'âge du Fer. Cependant, pour la période qui nous concerne, nous manquons d'indices sur les cadres précis des mesures. En dehors des textes et des observations utilisées pour fonder leurs raisonnements, les historiens ou les ethnologues ont également pu travailler à partir d'étalons de mesure palpables. La découverte d'un tel outil est une opportunité pour sortir modestement du chaos métrologique de la recherche. Mais ceux-ci restent problématiques. Pour l'âge du Fer, seul l'étalon de Manching découvert par Franz Schubert (SCHUBERT 1994) semblait pouvoir nous éclairer sur la métrologie celtique. Nous avons pu voir que l'application de cet étalon à l'échelle du site de Manching n'est pas aussi claire que le pensait Franz Schubert. Cette réflexion s'avère d'autant plus erronée que Katja Winger propose de voir dans cet objet un élément de fléau de balance qui, même s'il est effectivement normé dans ses dimensions, ne peut être mis en relation avec un étalon de mesure de longueur (WINGER 2015 : 10-13). On rencontre également ce problème à propos des outils permettant de planifier les aménagements sur le terrain. Leur simplicité (tiges de bois et cordes à nœuds) ne facilite pas leur conservation.

Il n'existe donc à ce jour aucun étalon permettant d'infirmer le « chaos » apparent qui transparait lors des études métrologiques sur les sites de l'âge du Fer ni d'outils que nous pourrions directement associer à un travail d'arpenteur dans notre contexte. Toutefois les observations ethnologiques couplées à l'examen de Witold Kula ne sont pas sans rappeler les résultats de notre étude, et permettent de proposer une situation identique en contexte celtique.

Pourtant cette absence d'étalon n'interdit pas, comme nous l'avons vu, la mise en

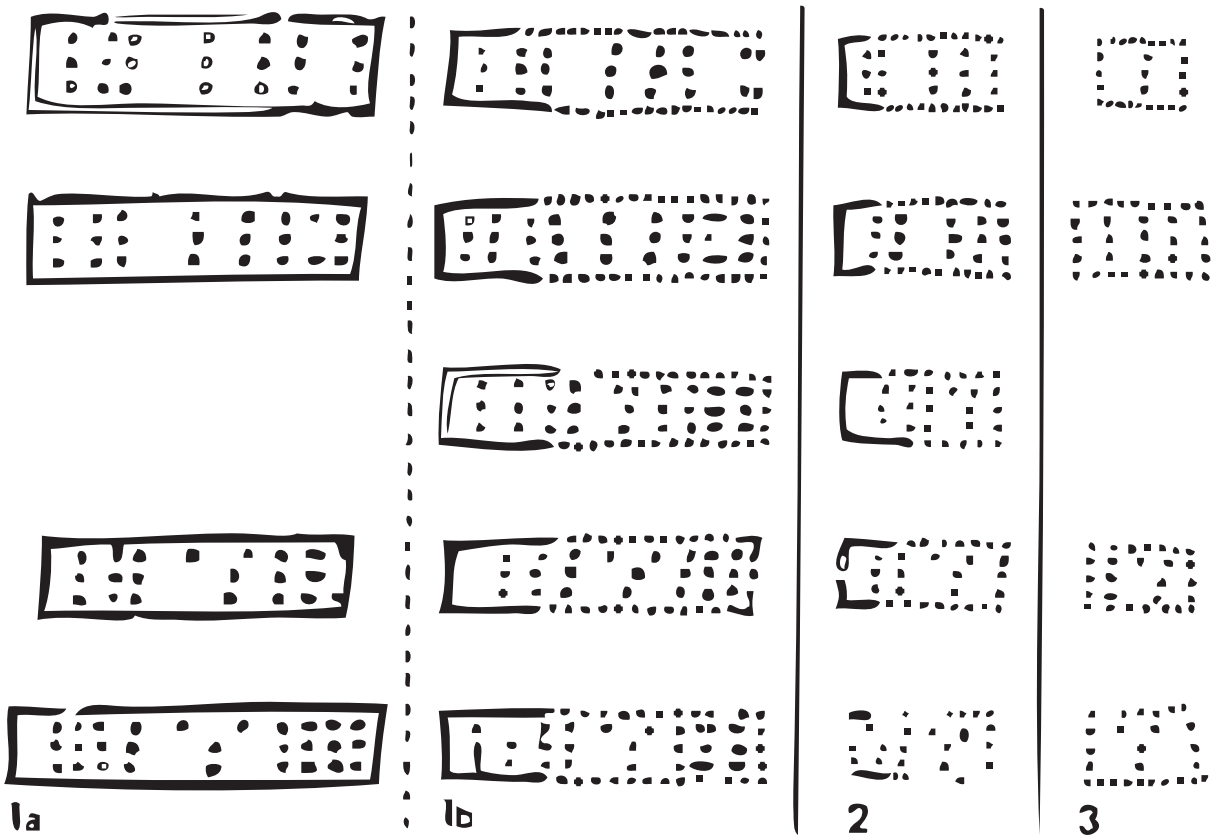


Figure 253. Typologie et modules architecturaux des maisons rubanées (d'après MODDERMAN 1970)

oeuvre de principes géométriques. Pour aller encore plus loin, à titre d'exemple, on citera la régularité des formes et des surfaces des maisons de la culture Rubanée au Néolithique ancien (MODDERMAN 1970, Figure 253). Ces habitations sont composées de plusieurs parties fonctionnelles constituées de tierces de poteaux agencées de façon spécifique à chaque partie. Ces modules présentent fréquemment des proportions identiques et l'assemblage des trois ensembles canoniques forme un bâtiment avec des proportions de 30/40/30 par rapport à la longueur totale de l'édifice. De plus, les études concernant l'espacement des tierces de poteaux ont permis de mettre en évidence des plus petits dénominateurs communs dont la valeur varie entre 29,1 et 31,4 cm (CAUWE et al. 2007 : 128-129). Elles montrent la maîtrise et la transmission de certains principes techniques en dépit d'un étalon variable au nord des Alpes, bien avant leur formalisation par les érudits du monde classique.

Au vu de l'aire géographique et chronologique au sein desquelles ces techniques ont été perçues, il faut, selon nous, dégager ces compétences d'une philosophie particulière. Les savoirs et savoir-faire identifiés pour l'âge du Fer font partie d'un bagage intellectuel ancien qui se complexifie avec leur perfectionnement, même s'ils se fondent toujours sur des bases stables et simples, bien souvent empiriques. Ces connaissances ont subsisté ou ont été redécouvertes aux périodes qui nous concernent, mais l'exemple des constructions Rubanées illustre la difficulté que nous rencontrons pour déterminer les origines et les vecteurs des mathématiques prélittéraires.

2.2. Une variabilité des besoins liés à la nature des sites ?

2.2.1. Des aspects pratiques et des contraintes techniques

Le premier obstacle auquel ont été confrontés les constructeurs consiste à prendre en compte les contraintes techniques imposées lors de la planification. Par « contraintes techniques », nous entendons la volonté d'optimisation d'un espace parfois restreint ou encore une rationalisation des constructions.

Les contraintes topographiques et organisationnelles ainsi que les choix architecturaux conditionnent la stabilité ou la variabilité des principes géométriques et des mesures employés. Un habitat densément bâti (voire agglutiné comme à Lattara ou Entremont) avec un fort degré d'organisation, installé en dehors de toute contrainte topographique ou cherchant à les ignorer comme le Verduron nécessite la mise en place d'outils de mesure et d'une rigueur géométrique précis et stables. À l'inverse, un établissement installé dans un secteur avec de fortes contraintes topographiques, et ce, suivant le terrain comme à Pech Maho, ou avec une organisation lâche, ne nécessite pas forcément une mesure stable.

Cela soulève également le problème de l'espace disponible pour les aménagements, que ce soit en contexte urbain ou bien en contexte rural. Dans les villes, l'espace disponible limite les possibilités d'extension des constructions appartenant à un ensemble de lots dont les dimensions ont été mesurées avant attribution ou acquisition. L'utilisation des principes géométriques participe à la mise en place de l'organisation de l'habitat et d'une forme de plan d'urbanisme qui peut limiter le développement futur de l'établissement et qui ne se retrouve pas nécessairement dans le monde rural. En l'absence de sources écrites, ce questionnement restera encore longtemps difficile à clarifier.

Certains aménagements sont tels qu'il n'est pas possible de les construire de la même façon que l'on construit un édifice. C'est tout particulièrement le cas des enclos (quel que soit leur rôle). En effet, il est possible que certains enclos aient été construits dans le but d'englober une superficie définie. C'est alors une unité de surface qui sert d'étalon et non une unité de distance comme ce pourrait être le cas dans la construction de bâtiments. Cependant, cela n'empêche pas que les deux étalons soient liés par un plus petit dénominateur commun.

L'étude a montré que deux techniques de planification peuvent être utilisées dans la cadre de la réalisation d'un enclos. La première rejoint les propositions de Christophe Toupet (TOUPET 2005) sur la planification des enclos à partir de la diagonale. La seconde repose sur le principe de la répétition modulaire à partir d'un module de surface. Dans le premier cas, ce principe aboutit à la création d'un quadrilatère inscriptible avec au moins deux angles droits. Il est particulièrement aisé à mettre en place à l'aide de piquets et d'une corde à nœuds pour la construction d'enclos englobant des surfaces réduites (par exemple les enclos des sanctuaires de Corent ou de Roseldorf). Dans le cas des enclos quadrilatéraux de grande superficie comme ceux de certains établissements

ruraux, nous privilégions l'utilisation de la répétition modulaire qui reste plus simple à mettre en œuvre dans la pratique sur de grandes distances en utilisant quelques piquets et un système de visée se rapprochant de la *groma*. Ce procédé permet également de partitionner l'espace dès les premières étapes de la mise en place.

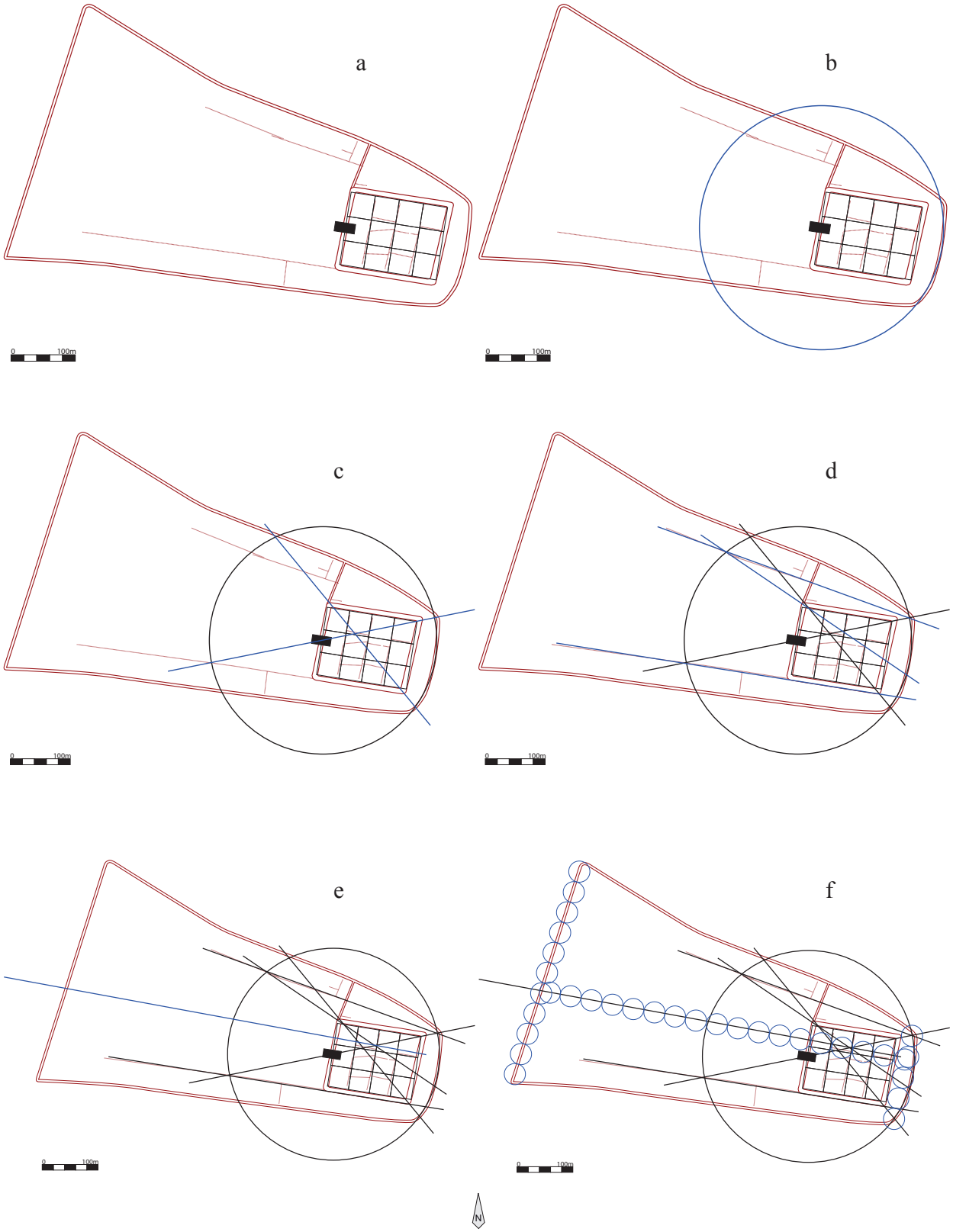
La partition de l'espace n'est pas le seul cas où des modules et principes communs sont mis en place. Dans le cas de constructions communautaires comme les remparts, les exemples étudiés de Lattara et de la Heuneburg montrent une homogénéité des modules à l'échelle du projet. La raison de cette stabilité est l'aspect pratique de l'utilisation d'un module unique pour la construction d'une installation édifiée par tronçons. La permanence d'un module rend plus aisées les jonctions entre les différents chantiers. Les espaces vides sont un autre exemple d'aménagements communautaires. Notre étude a permis de montrer que les espaces vides ont pu être définis de façon rigoureuse avec un module ayant pu servir dans d'autres aménagements publics comme les remparts ou les espaces de circulation, mais avec des règles variant d'un site à un autre (les exemples les plus parlants étant Acy-Romance, Bundenbach et Corent).

2.2.2. Des facteurs socio-économiques

En resserrant l'échelle d'étude et en considérant les villes et les campagnes séparément, Witold Kula a pu montrer que, globalement, les unités urbaines étaient plus stables que les mesures rurales durant le Moyen Âge et l'époque moderne (KULA 1984 : 108-109). Il explique ce phénomène par une plus grande émancipation des villes par rapport au pouvoir seigneurial et par l'hétérogénéité sociale de sa population qui favorise la stabilité des usages métrologiques. Si changement il devait y avoir, les principaux intéressés s'y opposaient. Le monde rural, quant à lui, offrait une plus grande dépendance vis-à-vis du seigneur. Ce dernier percevait les rentes en nature et imposait sa mesure (différente pour chaque seigneur) pour l'évaluation de l'impôt, expliquant ainsi les nombreuses variations de la valeur des unités et des modules.

Pour la période qui nous occupe, deux sites ont livré les indices d'une stabilité des mesures au cours du temps et d'une large application au sein de l'espace habité : l'agglomération d'Acy-Romance et l'oppidum de Bibracte (FOCHESATO inédit). À ces exemples s'ajoutent les sites méridionaux comme Lattara, Entremont, le Verduron ou encore Nages dont l'organisation « agglutinée » nécessite une plus grande rigueur quant à l'utilisation des principes et des mesures, comme nous l'avons déjà évoqué. Il est possible que l'oppidum de Corent fasse également partie de cet ensemble, mais l'étude n'ayant pas pu être menée sur les secteurs d'habitat, nous ne pouvons pas retenir ce cas. Le site d'Acy-Romance possède un caractère rural affirmé, alors que Bibracte est un grand centre urbain.

Ainsi, la fonction ou le statut de certains sites peuvent également entrer en compte dans la variété des principes et des étalons au sein des établissements. Nous avons pu voir précédemment (cf supra Chapitre III 1.1.) que les agglomérations et les *oppida* présentent généralement un éventail de techniques plus restreint que les habitats ruraux. Ce nombre réduit de techniques employées



DAO : Rémy Wassong

Figure 254. Schéma de planification du site de Batilly-en-Gâtinais (CONY et WASSONG 2014)

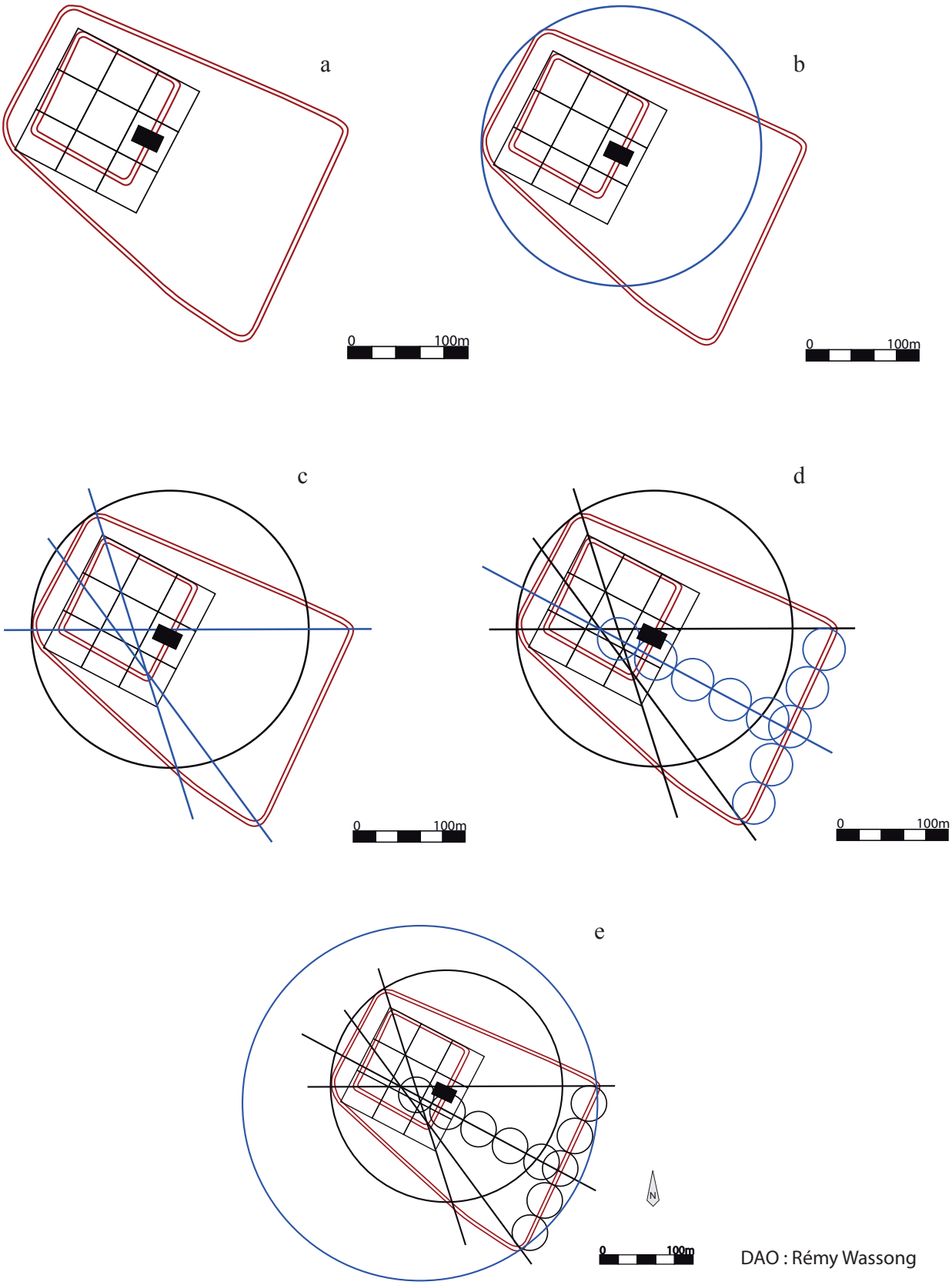


Figure 255. Schéma de planification du site de Boynes, la Porte de Puiseaux (CONY et WASSONG 2014)

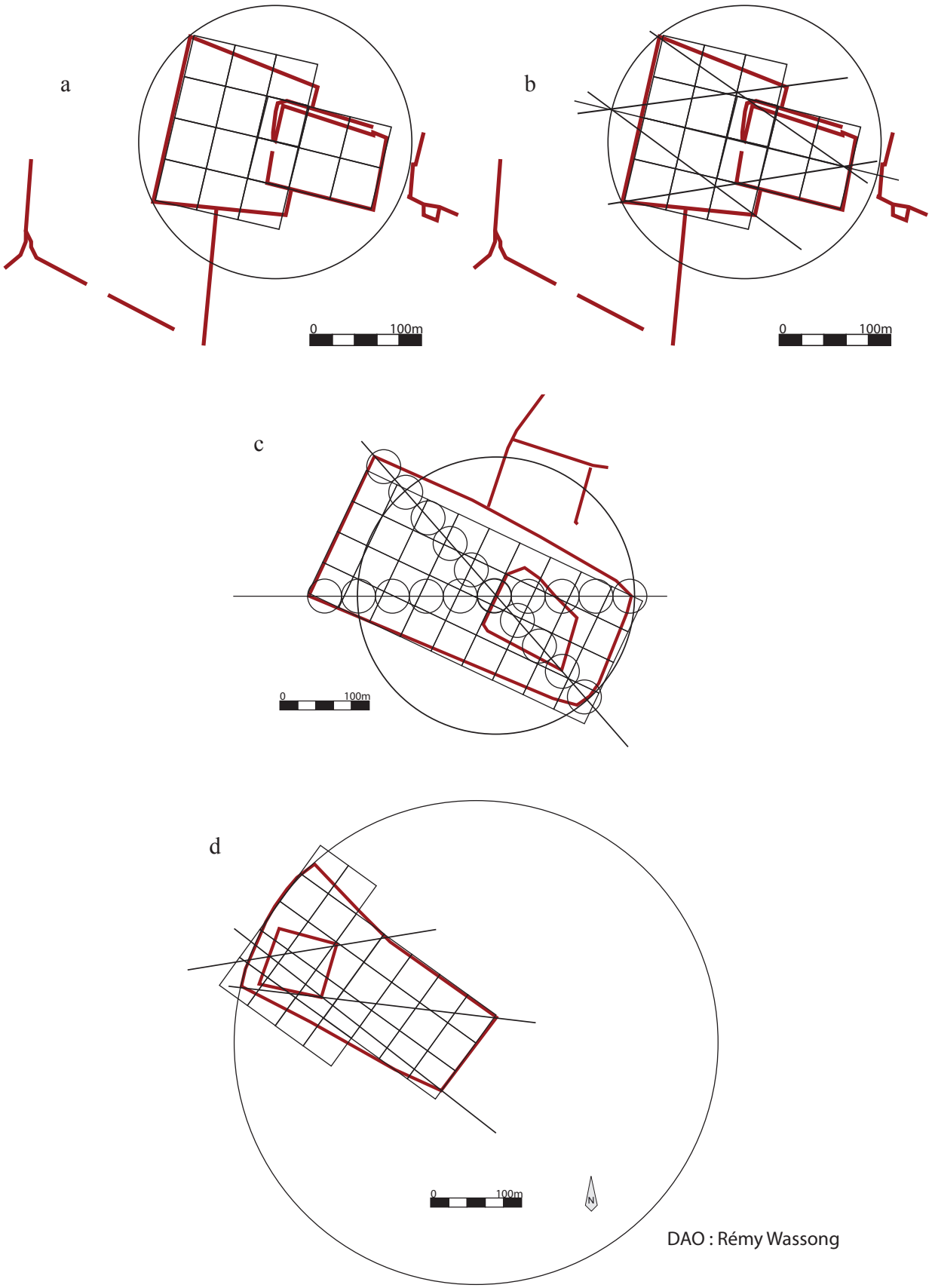


Figure 256. Schéma de planification des sites de Boynes, les Champs Noirs (a et b), Barville-en-Gâtinais, Les Trois Noyers (c) et Barville-en-Gâtinais, Le Clos Roi (d) (CONY et WASSONG 2014)

peut être interprété comme la mise en place d'un projet d'organisation du site accompagné d'un programme architectural.

Pour les installations incarnant un rôle symbolique et ostentatoire, comme les fortifications (FICHTL 2005) ou l'architecture monumentale, il faut également insister sur le fait que la stabilité du module garantit plus facilement l'harmonie architecturale du monument et participe davantage à la manifestation du pouvoir local. Ces règles s'appliquent alors aussi pour les établissements ruraux à fort statut où la régularité des principes se reflète dans le découpage du paysage, l'organisation et la partition du site ainsi que sur les formes architecturales. Tout cela participe tout autant à un rôle ostentatoire comme dans l'exemple de Couesmes, La Tesserie, évoqué précédemment.

À ce titre il convient de revenir sur l'exemple de Batilly-en-Gâtinais et de son terroir qui a permis d'observer la diversité des techniques et des étalons en lien avec les types d'aménagements.

Les bâtiments ont des plans et des principes constructifs extrêmement semblables, mais des étalons variables. En revanche, l'enclos et la partition du site ont été faits à partir d'un même étalon avec une régularité frappante. Une étude métrologique et géométrique de l'ensemble du site a fait l'objet d'un article (CONY et WASSONG 2014) dont nous reprenons ici les principaux aspects.

Il a pu ainsi être mis en évidence un rapport largeur/longueur de 3/4 pour l'enclos principal à partir d'un module de 1317 m² (soit un carré de 36,3 m de côté environ). Cette valeur correspond à la surface moyenne des espaces palissadés au sein de l'enclos principal et à 15000 pieds² (avec un pied de 0,31 m.

Le reste du site répond également à des principes géométriques simples, pouvant être mis en œuvre avec une règle et un compas durant la planification (Figure 254). Celle-ci se fonde sur la répétition de la largeur du module identifié précédemment et du tracé de droite reliant les points importants du site pour déterminer les points de départ et d'inflexion des aménagements.

En pratique des outils de mesures et de visée comme la corde à nœuds et des jalons peuvent suffire à l'implantation des points directeurs du site. Les mêmes principes métrologiques et géométriques sont également applicables à quatre sites se situant dans le même terroir que celui des Pierrières à Batilly-en-Gâtinais et potentiellement contemporains (Figure 255 et Figure 256). Cette organisation met en relief la possibilité de la délimitation d'une superficie précise, issue de la volonté d'une ou plusieurs personnes afin de partitionner l'espace disponible.

De telles valeurs de superficies avaient été perçues grâce aux espaces construits et aux espaces libres lors de la fouille de l'établissement de La Tène moyenne d'Epieds-en-Beauce, Les Chantaupiaux (GAY 2012 : 390-394). Les auteurs en ont déduit un modèle d'occupation structurant l'organisation du site et se fondant sur un module de superficie estimé à 1305 m², qu'ils rapprochent d'environ 100 candetum ruraux (Columelle, *Res Rustica*, V, 1, 6 et PEDERSEN 1909 : 91), valeur proche de celle identifiée à Batilly-en-Gâtinais (1317 m², valeur proche de celle proposée par Pedersen pour le *candetum* rural). Cette organisation aurait ensuite été respectée

jusqu'à la Conquête. Il faut cependant préciser que ce raisonnement est limité dans ce cas par des superficies de fouille trop réduites ainsi que par l'absence de structures indiquant une délimitation de l'espace. Il reste à ce stade une hypothèse. Malgré cela la préservation de cette organisation ainsi que sa rigueur semblent aller dans le sens de la proposition formulée par Jean-Philippe Gay.

Ainsi, plusieurs raisons peuvent expliquer le choix qui s'opère dans l'utilisation des principes et des modules : la prise en compte d'un espace disponible (restreint par la topographie ou non), la fonction et le statut d'un site, le caractère ostentatoire d'une partie au moins des installations, ou encore la nécessité de diviser le terrain dans le but d'optimiser la gestion de l'espace économique, qu'il soit artisanal ou agricole.

2.2.3. Le cas particulier des espaces rituels

Les différents niveaux d'application de ces principes posent la question de l'existence de techniques propres à des aménagements possédant une fonction particulière. Cette réflexion touche tout particulièrement les infrastructures à caractère religieux, dont la fonction rituelle peut être propice à la mise en place d'un symbolisme propre et dont une des manifestations serait, selon certains auteurs (BRUNAUX 2015) les particularités métrologiques et géométriques des aménagements. D'après Jean-Louis Brunaux la pratique de la géométrie par les druides « tient du sacré » et est « une projection dans l'espace de la vertu des nombres » (BRUNAUX 2015 : 44). Quels autres lieux que les temples et les espaces rituels pour mettre en exergue une telle sacralité ?

Les sanctuaires étudiés dans le cadre de ce travail possèdent, outre une variété de formes allant du simple enclos à Roseldorf à un vaste complexe avec plusieurs édifices comme à Corent, une variété métrologique et géométrique à l'image de ce qui a pu être observé par ailleurs. Les enclos ont ainsi pu être planifiés par la diagonale ou par répétition modulaire comme pour les bâtiments. Dans le cas des temples de Manching et de Hayling Island, on a aussi pu constater une planification à partir du cercle.

Dans les cas de Roseldorf, Corent et Hayling Island, on retrouve le même plus petit dénominateur commun et le même module à l'origine des différents aménagements (0,30 m à Roseldorf, un peu plus de 0,28 m pour Hayling Island et un module de 5,1 m à Corent). Dans le cas de Corent, le même module a pu être appliqué à d'autres éléments de l'espace public comme le complexe C et l'hémicycle. Ces références communes peuvent indiquer l'utilisation d'un cadre convenu mis en place dans le but de réaliser un projet architectural cohérent. Ceci n'est toutefois pas systématique dans le cas des autres édifices à vocation publique. En effet, dans le cas de Manching, nous avons pu identifier des techniques identiques d'un temple à l'autre, sans que pour autant ces principes se fondent sur le même module ou le même étalon. Pour le sanctuaire de Gournay-sur-Aronde, on assiste à l'utilisation d'une norme différente à chaque phase de réaménagement, à l'image d'ailleurs de la modification du plan du sanctuaire.

Au final, sur la question de l'existence d'une métrologie et/ou d'une géométrie caractéristiques

liées à un type d'aménagement au rôle spécifique, il convient de répondre par la négative. À la suite de notre étude, nous avons pu voir que les principes géométriques intervenant dans la planification des espaces rituels ne sont pas restreints à cette unique fonction. À l'évidence, le maître d'œuvre protohistorique avait en sa possession un éventail de connaissances mathématiques simples, appliquées en fonction des besoins architecturaux et non en fonction des rôles, puisque les techniques utilisées dans le cas des sanctuaires sont les mêmes que celles constatées par ailleurs dans les habitats. De plus, à l'instar des formes architecturales, aucun principe exclusif à ce type d'aménagement n'a pu être mis en évidence. En effet, l'attribution des plans circulaires au domaine religieux sur la base des édifices de Manching a elle aussi été remise en cause (cf supra Chapitre III 1.3.).

Cela n'enlève toutefois rien au caractère sacré et symbolique de la réalisation. Pour Matthieu Poux, le tracé géométrique renvoie à un acte symbolique de délimitation de l'espace effectué grâce à des principes mathématiques (POUX 2015 : 549). En ce sens, on retrouve le même symbolisme lors de la délimitation de l'oppidum et de la fondation de sa fortification (FICHTL 2005). Il faut alors voir le sacré et le symbolisme dans les actes et les aménagements en eux-mêmes, plutôt que dans les pratiques géométriques et métrologiques utilisées pour les accomplir. Les représentants du culte jouent alors un rôle religieux dans la conception tandis que cet acte est réalisé par un profane disposant de la formation nécessaire.

2.3. Variabilité et stabilité : conséquences

2.3.1. À propos de l'utilisation possible de principes de planification en relation avec la fiscalité

Certains actes nécessitent des conventions à plus grande échelle dépassant le cadre du seul bâtiment. C'est le cas dans la planification de l'espace à urbaniser ou à exploiter afin de permettre une meilleure quantification et répartition des lots de terrain. Ces éléments peuvent également employés dans la perception de l'impôt. La mesure et le module permettent de déterminer la part d'impôt à payer. En Gaule romaine, cette dernière peut être calculée de diverses façons : sur le type de culture, la superficie exploitée ou le rendement des parcelles (LE TEUFF 2012 : 94-148). Les espaces concernés font alors l'objet de mesures régulières, effectuées par des arpenteurs dont le choix est défini par les deux parties, à savoir le percepteur et le contribuable. Nous ne sommes pas en mesure de percevoir ce type de pratique pour le monde celtique, mais la division de l'espace exploité selon un même principe et un même module au sein des terroirs comme celui de Batilly-en-Gâtinais (CONY et WASSONG 2014) ou l'organisation de l'habitat en Champagne (LAMBOT 2016 : 248-249) semblent indiquer qu'il est fort probable qu'elles aient eu lieu au moins à partir de la fin de La Tène. Ces aspects laissent entrevoir la possibilité d'une gestion et d'une organisation d'un site, voire d'un territoire à grande échelle au travers de méthodes et d'étalons normés s'appliquant uniquement dans les grandes lignes de l'aménagement. Cette organisation a pu être dictée par une instance dirigeante dont il est difficile de percevoir la

véritable nature. Dans le cas du terroir de Batilly-en-Gâtinais, il s'agit d'une réflexion théorique se fondant principalement sur des photographies aériennes. Seuls des sondages dans l'ensemble des sites évoqués permettraient un développement plus pertinent.

L'apparition du monnayage au cours du IIIe siècle est un autre exemple de la possibilité de la mise en place de bases communes à grande échelle puisque les monnaies sont étalonnées, parfois avec plus ou moins de précision comme c'est le cas pour les deniers (GRUEL 2015 : 292). Le pouvoir émetteur pouvait imposer les proportions de métal, les dimensions et les poids des monnaies (GRUEL 1989 : 134). Plus globalement pour les poids, les découvertes de balances et de poids normés dans des contextes allant de l'âge du Bronze à la Conquête montre que la mise en place d'étalons dans les activités d'échanges est possible (PARE 1999, RAHMSTORF et PARE 2007, POIGT en cours). Un tel effort mis en place pour les poids peut également avoir été fait dans le cadre des mesures de distance.

2.3.2. Qui décide ?

Ces unités sont mises en place par des instances de diverses natures (autorité administrative, aristocrate[s], commanditaires ou maîtres d'œuvre). Pour les périodes qui nous occupent, ces décideurs sont difficiles à identifier, mais le statut des sites concernés et les données issues des observations ethnologiques peuvent nous permettre d'avancer quelques hypothèses.

Dans le cas d'établissement administré par un individu unique (un propriétaire terrien ou un aristocrate), ce dernier peut lui-même définir un étalon dans le but de mesurer et/ou d'optimiser l'espace exploité. Pour un développement rapide de l'établissement, les chantiers de construction peuvent être multipliés au sein du site, nécessitant la présence de plusieurs maîtres d'œuvre. Si les directives générales (parmi lesquelles on retrouve les techniques employées) ont pu être lancées par les commanditaires, la réalisation pourra passer par le filtre des différents maîtres d'œuvre en charge de la réalisation des projets. Ces éléments entraînent la mise en place de mesures variables et limitées dans le temps (en théorie, dans le cas des constructions de bâtiments, l'usage d'une unité a pu durer uniquement le temps du chantier, il peut paraître inutile de conserver une mesure étalonnée une fois le chantier terminé).

À l'inverse, au sein d'établissements regroupant un plus grand nombre de communautés ou d'individus aux statuts équivalents comme les sites à caractère urbain ou les agglomérations, les décisions relatives aux actions publiques (parmi lesquelles un potentiel « plan d'occupation des sols ») peuvent être prises suite à la consultation de représentants des communautés concernées réunis au sein d'assemblées locales. La mise en place d'une mesure unique et stable constitue dès lors une garantie dans l'équité de la gestion de l'espace commun et dans le respect de l'organisation et des aménagements construits et à bâtir.

Les écrits de César nous renseignent sur l'existence de grandes assemblées décisionnelles soit au niveau d'une civitas soit regroupant plusieurs peuples (FICHTL 2012 : 121-124). Rien ne nous

permet cependant d'affirmer que les assemblées à l'échelle des *civitates* aient pu jouer un rôle dans la mise en place et la stabilité des mesures. César ne fait qu'une timide allusion aux affaires publiques sans en définir les limites claires, mais son propos est principalement orienté sur les secrets d'État (Guerre des Gaules, IV, 20).

Cette décision peut également être dépendante du régime politique de la *civitas*. En Gaule, César mentionne deux régimes politiques : la royauté et l'oligarchie s'exprimant au travers d'un sénat (FICHTL 2012 : 116-120). Nous savons par les textes qu'entre le Moyen-Âge et la métrification, les étalons étaient susceptibles de changer dès l'accession au pouvoir d'un nouveau souverain sans pour autant mettre à mal la présence de mesures locales, alors que les assemblées garantissaient une meilleure stabilité des mesures et tentaient de réduire le nombre des unités à travers le territoire (GUEDJ 2000 et KULA 1984). Bien que les contextes historiques et politiques soient éloignés, les répercussions de ces régimes sur l'établissement des poids et mesures sont similaires. Les poids et mesures de l'âge du Fer peuvent ainsi être dictés par l'aristocratie en fonction de la nature de l'établissement concerné. Les préoccupations métrologiques rejoignent ainsi les problématiques liées à la présence des aristocrates au sein des villes ou de leurs domaines fonciers (ADAM et FICHTL 2014, BUCHSENSCHUTZ et RALSTON 2012).

3. SAVOIR ET SAVOIR-FAIRE DANS LES CONSTRUCTIONS CELTIQUES

Les sociétés prémétrification ne connaissent en fin de compte aucun frein dû à la variabilité des étalons, malgré l'image en apparence floue des systèmes métrologiques de ces périodes. Cette aisance métrologique participe alors pleinement au développement des savoirs et des savoir-faire au travers de nombreux supports, parmi lesquels l'architecture.

3.1. À propos des connaissances scientifiques et de leurs applications

3.1.1. Application et théorisation

Les connaissances mathématiques et géométriques répondent en premier lieu à des besoins de la vie pratique (DAHAN-DALMEDICO et PFEIFFER 1986 : 120). L'algèbre babylonienne et égyptienne servait principalement à résoudre des problèmes géométriques pratiques comme les calculs de volumes, d'aires ou de périmètre liés aux activités agricoles, économiques ou architecturales (DAHAN-DALMEDICO et PFEIFFER 1986 : 13, CUOMO 2001 : 4-5).

Une rupture majeure s'opère alors au sein des écoles grecques afin de s'éloigner du pragmatisme propre aux mathématiques antiques : la théorisation et la démonstration du raisonnement (DAHAN-DALMEDICO et PFEIFFER 1986 : 122-125, CUOMO 2001 : 5). Les mathématiques grecques atteignent alors leur apogée durant le IIIe siècle avant notre ère avec

les travaux d'Euclide, d'Apolonios de Perga et d'Archimède dont les postulats reposent sur les premières théories abstraites de l'école ionienne fondée par Thalès de Milet au cours du VIe siècle avant notre ère et développée par ses élèves, parmi lesquels figure très probablement Pythagore (DAHAN-DALMEDICO et PFEIFFER 1986 : 43-49).

Les travaux de ces mathématiciens antiques montrent ainsi que, dès le VIe siècle avant notre ère en Grèce, les notions géométriques et mathématiques fondamentales sont maîtrisées et théorisées par un groupement d'érudits. Parmi ces concepts, on retrouve principalement les connaissances ayant trait aux propriétés des quadrilatères, des cercles et des triangles, mais aussi le calcul arithmétique complexe à plusieurs inconnues allant parfois jusqu'à la recherche et la définition de ce que nous connaissons aujourd'hui sous le terme de fonction (DAHAN-DALMEDICO et PFEIFFER 1986 : 208-209).

À l'évidence, ce degré de perfectionnement n'est pas maîtrisé par l'ensemble de la population et il est difficile de déterminer l'aire de diffusion de ce savoir. Néanmoins, il est important de relever que de telles pratiques sont avérées dès le VIe siècle avant notre ère. Dans le contexte chrono-culturel qui nous occupe, il reste à définir ce qui relève de l'empirisme ou de la science, du savoir-faire ou du savoir. Dans le premier cas, l'utilisateur met en commun un ensemble de connaissances, dont l'origine peut être empirique, dans le but d'accomplir une tâche. Dans le second, il s'agirait d'utiliser des connaissances acquises par l'expérimentation et la démonstration et ayant été théorisées (HELLER 2005 : 24). Dans les deux cas, les principes mis en œuvre peuvent être aisément exécutés à l'aide d'outils simples comme la règle, le compas, la corde à nœuds ou un module sous la forme d'un gabarit.

Pour l'âge du Fer, certains résultats de l'étude tendent à montrer qu'une partie au moins des connaissances appliquées dans la planification des bâtiments a pu être théorisée.

L'utilisation de triplets pythagoriciens variables, qu'ils soient exacts ou approximatifs, relève d'une démonstration qui a pu être théorisée même si l'énoncé ne reprenait vraisemblablement pas celui que nous connaissons aujourd'hui sous le nom de Théorème de Pythagore, mais plutôt sous la forme de ce que nous regroupons sous le terme de fonction. Les triplets simples comme 3-4-5 et 4-7-8 sont multipliés par un même facteur. L'utilisation de ces modules indique également la maîtrise des proportions variées sur des figures géométriques simples comme les triangles et les quadrilatères.

Les propriétés de ces figures, au même titre que celles des cercles, sont également maîtrisées comme en témoignent les diverses utilisations des formes géométriques constatées lors de l'étude.

En ce qui concerne les propriétés des cercles, les applications dans l'architecture (en particulier les techniques de division d'un cercle en parts égales), confirment les remarques qu'avaient publiées Marc Bacault et Jean-Loup Flouest (BACAULT et FLOUEST 2003). Les artisans, figures de proue de l'art celtique, se concentrent principalement sur ces figures et leurs particularités (LENERZ-DE

WILDE 1977, DUVAL 1989, BACAULT et FLOUEST 2003). La complexité de certains décors démontre l'application d'un savoir et d'un savoir-faire très aboutis consacrés à leurs productions. Les études portant sur les phalères ont ainsi permis de montrer la maîtrise de la découpe du cercle en portions égales (3, 4, 5, et leurs multiples) dès le Ve siècle avant notre ère. À cela il faut ajouter la capacité à diviser les angles en deux par le tracé de la bissectrice et l'application du Théorème de Thalès permettant la répétition de triangles semblables et, par extension, de distances égales (BACAULT et FLOUEST 2003 : 153-157). Il faut cependant noter qu'une telle complexité ne concerne pas tous les objets étudiés ce qui pourrait indiquer la présence d'artisans plus ou moins compétents du point de vue géométrique.

Les applications que nous avons pu constater dans l'architecture restent toutefois bien moins complexes que les principes appliqués dans l'art celtique. Les propriétés des quadrilatères et triangles rectangles transparaissent au travers de la répétition des modules qui montrent également une maîtrise des angles, dont les techniques de mesure nous échappent encore (il est possible d'utiliser un cadran ou bien un gabarit, mais aucun exemple archéologique n'est connu à ce jour pour la période qui nous intéresse). Les *Elements* d'Euclide montrent ainsi une grande maîtrise des propriétés des triangles et des angles préfigurant les fonctions trigonométriques. L'auteur y développe ses postulats sur la somme des angles des triangles et sur les cas d'égalités des triangles. Ces connaissances sont démontrées et maîtrisées par une partie, au moins des érudits du IIIe siècle avant notre ère. Les exemples de construction par report de triangle (qu'ils soient équilatéraux, isocèles ou rectangles) nous indiquent que ces notions étaient également assimilées dans le domaine nord-alpin. Il reste cependant impossible de savoir si elles ont également été démontrées.

Les indices de planification par la diagonale constatés sur les enclos ou certains plans d'urbanisme, notamment en Provence, montrent eux aussi une maîtrise des propriétés des triangles et des quadrilatères. Ce principe se rapproche par ailleurs de la pratique de la triangulation. Cette technique consiste en la création de triangles successifs dans le but de mesurer des longueurs à partir de distances et d'angles connus et mesurables. Elle permet également de créer des espaces ayant une superficie prédéfinie. Si le principe de la planification par la diagonale des enclos semble, à première vue, empirique, il préfigure pourtant des applications plus complexes. Citons par exemple les centuriations (dont certaines parcelles, à l'instar des enclos celtiques, prennent des formes losangiques) (DECRAMER et al. 2002), le calcul de distance inaccessible, immesurable de façon directe (comme la mesure, bien que probablement légendaire, de la hauteur d'une pyramide par Thalès de Milet), ou encore la détermination d'une distance abstraite dont l'exemple le plus connu est probablement la première définition du mètre et de ses multiples tel qu'il a été calculé par Jean-Baptiste Joseph Delambre et Pierre Méchain : « L'unité réelle de mesure est le quart de méridien terrestre. L'unité usuelle de mesure est la dix-millionième partie du quart de méridien terrestre » (GUEDJ 2000 : 56).

3.1.2. Une affaire de spécialistes ?

Si la quasi-totalité des plans résulte d'une application simple et systématique d'un même principe, il est possible d'observer la mise en commun de ces connaissances dans le but de mettre en place des constructions plus complexes et ambitieuses comme en témoignent les parois courbes et régulières du bâtiment D de Batilly-en-Gâtinais ou du bâtiment 2 du Goldberg.

De tels niveaux de connaissance pourraient impliquer une spécialisation du travail, à l'image des écoles grecques et romaines. Les besoins en matière de connaissance varient en fonction des activités réalisées.

À l'image des artisans, il faut également proposer la présence d'architectes et d'arpenteurs d'origine celtique ayant suivi des enseignements leur permettant de rassembler le bagage intellectuel suffisant à la réalisation de projets en rapport avec leur corps de métier, à l'image des arpenteurs romains (CHOUQUER et FAVORY 2001).

Les indices d'arpenteurs durant l'âge du Fer sont matérialisés par les organisations générales rigoureuses perçues sur une bonne partie des sites du corpus. L'hypothèse de la présence d'un spécialiste lors de la planification et l'organisation de ces sites est renforcée par l'identification d'un étalon commun à l'échelle de chaque site et se limitant à l'espace commun. Sur des sites comme Acy-Romance, Bundenbach ou encore la Heuneburg, il est possible d'identifier des mesures récurrentes séparant les aménagements ou délimitant des espaces aux dimensions proches sinon égales. Cependant au sein de ces délimitations, les mesures varient d'un aménagement à l'autre. Ceci nous indique que nous atteignons ici la limite du domaine de compétence de l'arpenteur qui « transmet » alors la responsabilité du projet à mener à d'autres individus, hypothétiquement observables via la diversité des « signatures métrologiques », et que nous appellerons maîtres d'œuvre. Ceux-ci répondent à des instructions données par un commanditaire ou un architecte, comme pourrait l'attester l'homogénéité des formes architecturales et de leurs rapports géométriques au sein des sites.

Il reste difficile de distinguer ces rôles tant les connaissances mises en œuvres sont liées. En effet, il est possible qu'un seul individu, possédant les connaissances nécessaires, ait pu remplir plusieurs de ces rôles. Jørgen Jensenius évoque par exemple le cas d'une construction d'église au IVe siècle de notre ère, dont le commanditaire (un évêque) impose certaines règles mathématiques à respecter dans la planification de l'édifice, avant d'attribuer la construction à un maître d'œuvre suivant ainsi les indications laissées par Grégoire de Nyss dans une lettre (JENSENIUS 2001, 33-35). Ce dernier, théologien de son état, ne justifie pas ses choix géométriques et architecturaux par une quelconque valeur symbolique. Dans ce cas, le commanditaire et l'architecte ne font qu'un, et le maître d'œuvre est chargé d'appliquer le plan défini. Il est aussi possible de recruter temporairement un autochtone disposant des connaissances nécessaires à l'accomplissement d'une tâche, sans pour autant qu'il s'agisse de son métier.

Nicolas Prouteau met en avant le fait que, durant le Moyen-Âge, on retrouve une distinction entre maître arpenteur et géomètre dans les textes (PROUTEAU 2011 : 60-71). Cependant, il rappelle à ce titre que, dans le monde arabe, le géomètre remplit également les rôles d'ingénieur, d'arpenteur et de spécialiste de l'hydraulique et des canaux à l'image des ingénieurs de l'Antiquité. Pour montrer à quel point la frontière entre ces disciplines peut être floue, il mentionne l'exemple d'un charpentier anglais recruté temporairement pour effectuer des travaux d'arpentage aux alentours de son village, car il est le seul à disposer des connaissances nécessaires à ce travail dans la région.

Les observations issues de l'étude des sites de l'âge du Fer nous orientent vers un contexte assez similaire. À l'inverse des étalons, les techniques se retrouvent sur des sites différents au sein de l'ensemble de l'Europe celtique et durant tout l'âge du Fer comme en témoignent les habitats d'Entremont, de La Heuneburg, de Manching ou encore de Mšecke Žehrovice pour ne citer que les sites de notre étude les plus excentrés à la fois du point de vue géographique et chronologique.

Ces techniques sont maîtrisées par des spécialistes, dont le véritable rôle est impossible à définir. Toujours est-il qu'une portion de la population dispose de connaissances permettant la réalisation de tâches et de calculs complexes, mis en application en fonction des besoins. Cela pose la question de l'origine et de la transmission de ces connaissances.

3.2. Origines, vecteurs et transmission des connaissances

3.2.1. Des origines multiples, complexes et adaptées

Bien souvent dans la bibliographie, la régularité, à la fois métrologique et géométrique, est associée à un apport du monde méditerranéen et plus particulièrement des colonies grecques (TREZINY 2004 : 65-77). La recherche concernant l'origine d'un tel système dans le domaine celtique reste épineuse. Dans son article de 2004, Henri Tréziny va dans le sens de l'hypothèse selon laquelle l'espace destiné à être urbanisé est divisé en lots avant d'être attribué à une personne à l'image de l'*oikopédon* des colonies grecques (TREZINY 2004 : 75-76). Peut-on y voir ici un apport culturel extérieur, aussi bien métrologique que sur la forme de l'habitat et le principe de division en lots ? Les contacts fréquents ont, en effet, pu favoriser le développement de ce principe, mais il ne faut pas négliger les apports locaux qui, dans bien des cas, conditionnent des développements, et des formes architecturales et d'organisation similaires dans des populations dont l'environnement est semblable. Les formes architecturales, tout comme la culture matérielle, découlent de trois éléments : les contraintes du milieu, les exigences du modèle culturel et les connaissances techniques (BUCHSENSCHUTZ 2005 : 51-53).

Il faut ainsi différencier les éléments visibles comme les composants architecturaux et la forme architecturale en elle-même, des éléments invisibles comme les techniques qui nous concernent plus particulièrement dans notre cas.

Concernant les éléments visibles, le site de la Heuneburg est l'un des plus fréquemment cité

dans la bibliographie en raison de sa phase fortifiée à l'aide d'un mur en brique crue, à laquelle s'ajoute un bâtiment au plan particulier dans l'agglomération extérieure, qui serait d'inspiration méditerranéenne. Sur ce dernier point, nous ne partageons pas l'avis de Stéphane Verger sur l'origine Tyrrhénienne du plan de cette habitation (VERGER 2008). Les formes architecturales de Murlo et d'Acquarossa, utilisées dans le cadre de la comparaison sont trop éloignées du grand bâtiment de la Heuneburg. L'absence d'une cour intérieure de type *atrium* étant l'élément le plus frappant en dehors de l'agencement des pièces qui diffère lui aussi grandement. Restent les proportions et les rapports entre ces différentes pièces. Notre étude a permis d'identifier des rapports similaires au sein de plans de bâtiments typiquement celtiques sur des sites n'ayant fourni aucun indice de contact avec la méditerranée par ailleurs[6]. Cet argument fondé sur la métrologie ne peut pas être utilisé dans le cadre de la détermination d'une origine extérieure.

Il en va de même pour les modules des briques crues utilisées pour la construction du rempart. Pas moins de cinq dimensions de brique différentes ont été relevées par Nadine Burkhardt (BURKHARDT 2011). Ces valeurs sont tellement dispersées qu'il est possible d'y voir des similitudes avec l'ensemble des briques étudiées dans le domaine méditerranéen. Là encore, la métrologie ne permet pas d'attribuer une origine à cet aménagement, mais la variabilité des modules rappelle celle constatée au sein des édifices du site dont les plans sont d'origine celtique. En bref, dans le cas de la Heuneburg, si apport extérieur il y a bien eu, celui-ci ne transparaît aucunement dans l'analyse métrologique et géométrique.

Ce type de problématique a également été abordé dans le cas des bâtiments à abside du plateau Saint-Marcel de Vix (CHAUME et MORDANT 2011). Ces bâtiments s'inscrivent dans une tradition architecturale plus ancienne et désuète au moment de leur construction et dont des parallèles sont connus en Grèce. Ces éléments amènent les auteurs à proposer, dans le cas des édifices de Vix, une origine métissée à partir d'une tradition locale portée à son paroxysme, motivée par la propagation de mythes exogènes grâce à d'autres éléments qui ont pu favoriser les contacts comme le *symposion* (CHAUME et MORDANT 2011 : 825). Il convient cependant d'insister sur l'origine autochtone de ces plans (MILCENT 2014 : 41-42). De plus, les techniques de planification utilisées s'inscrivent dans les principes de construction par répétition modulaire identifiée par ailleurs.

Notre étude sur le site de Batilly-en-Gâtinais, présentant lui aussi des indices de contact avec la Méditerranée (en particulier le colorant « bleu égyptien »), montre également l'utilisation de principes fondamentaux identifiés sur des sites où les indices de contacts sont absents. De plus, dans le cas de Batilly, ces techniques s'appliquent sur des édifices présentant un plan typiquement celtique.

À l'instar des autres sites étudiés, les valeurs des étalons et des modules utilisés sur ces établissements varient énormément. Ceci prouve qu'il n'est pas possible de déterminer une

6 Ce sont d'ailleurs ces mêmes proportions qui ont pu être identifiées sur des bâtiments du Néolithique ancien que nous évoquions précédemment.

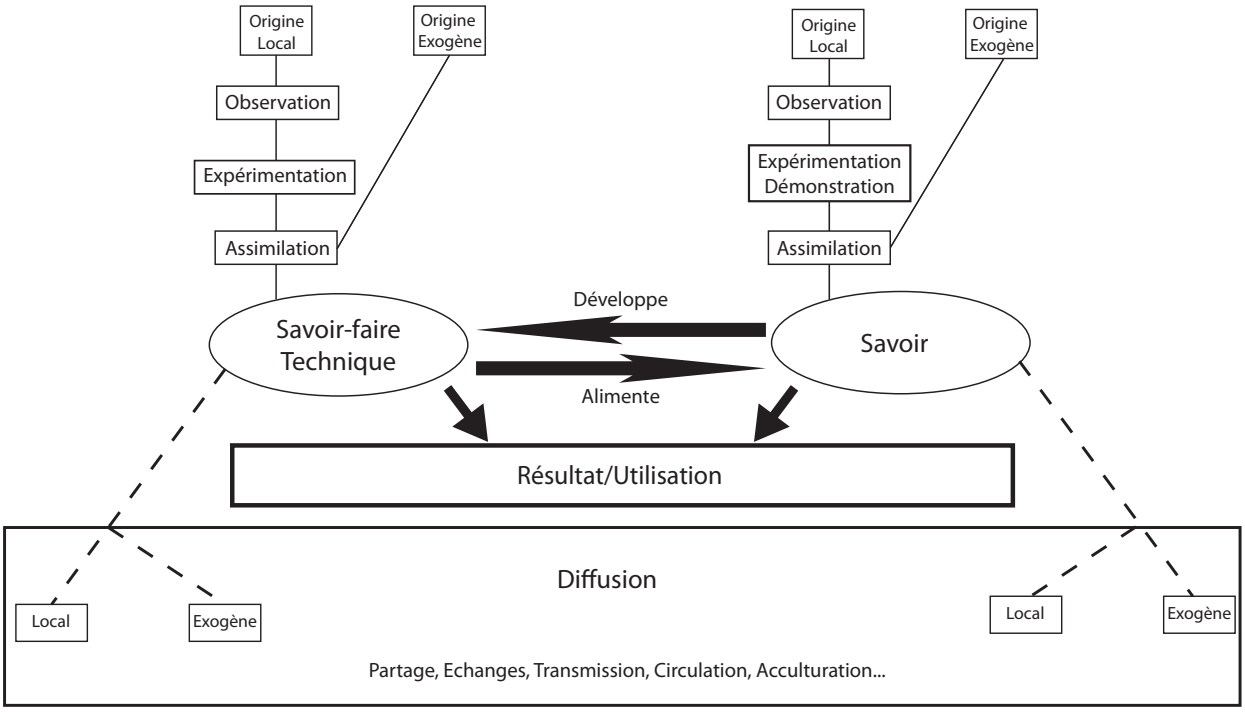


Figure 257. Processus théorique de formation et de diffusion des savoirs et savoir-faire.

influence ou un apport extérieur sur la seule base de l'analyse métrologique.

Ainsi, dans les cas où des unités de mesure connues dans le monde classique peuvent être identifiées dans le domaine nord-alpin, on ne peut en déduire un transfert direct d'une connaissance entre deux cultures. Quand similitudes il y a, ces dernières peuvent s'expliquer par le fait que les deux populations utilisent des mesures anthropométriques qui aboutissent aux mêmes résultats. Cela peut également être le cas pour certaines mesures de superficie identifiées, par exemple, une valeur se rapprochant du *candetum* à Batilly-en-Gâtinais (CONY et WASSONG 2014) également identifié à Epieds-en-Beauce (GAY 2012 : 390-391). À cela, ajoutons le jugère et l'actus identifiés dès la phase gauloise de l'établissement rural de Poulainville (MALRAIN et PINARD 2016 : 388-389). La similitude entre les superficies étudiées sur ces sites et les unités de surface connues dans le monde antique peut s'expliquer par l'utilisation d'étalons ou de plus petits dénominateurs communs, ici, le pied, d'une valeur proche aboutissant ainsi à des conséquences tout à fait semblables.

Il ne faut pas renier totalement les apports extérieurs concernant les savoirs et les savoir-faire, mais ces ensembles sont plus vraisemblablement les produits d'un processus plus complexe mariant plusieurs notions et vecteurs. Comme toujours dans le cas des « importations invisibles » (VENCLOVA 2002), il est très difficile de restituer le développement et l'origine des productions intellectuelles qui nous concernent ici. Il est toutefois possible d'élaborer un schéma théorique que nous proposons ici (Figure 257).

Le savoir et le savoir-faire découlent tous deux d'un processus mêlant les apports locaux, liés aux contraintes rencontrées, et des apports exogènes directement assimilés par les individus.

Cet apport permet un métissage des connaissances, adapté au milieu où elles sont mises en application. La combinaison du savoir et des savoir-faire nécessaires permet d'obtenir le résultat escompté. Ces deux ensembles interagissent afin de permettre leurs propres développements avant d'être à nouveau diffusés à plusieurs échelles. Les mécanismes de cette diffusion sont de nature extrêmement diverse : partage de connaissances, échanges, transmission, circulation des personnes ou encore acculturation.

Les ensembles exceptionnels étudiés sont donc vraisemblablement les fruits de ce processus extrêmement complexe, et aux multiples origines, de construction et d'acquisition des savoirs et savoir-faire. Ils témoignent également de l'adaptation des formes et des techniques à des contextes distincts entraînant peut-être dans certains cas l'abandon de l'expérience comme dans le cas du mur en brique crue de la Heuneburg après un incendie. Pour appréhender les origines de ces connaissances, il faut aussi se tourner vers les vecteurs de la diffusion. Les spécialistes évoqués précédemment peuvent jouer le rôle d'acteurs de la transmission.

3.2.2. Quels acteurs pour la transmission des savoirs et des techniques à l'âge du Fer ?

Les architectes, maîtres d'œuvre et autres spécialistes en questions mathématiques de l'âge du Fer, au même titre que certains artisans, peuvent être particulièrement mobiles, voyageant au gré des besoins et des demandes. Ils peuvent également remplir le rôle de formateur, dans le but de transmettre leurs savoirs. Cette mobilité peut faciliter la diffusion des méthodes et aboutir à des manifestations parfois remarquables : nous reprendrons à ce titre l'exemple déjà maintes fois cité du mur en briques crues de la Heuneburg. Dans ce cas précis, si la forme architecturale témoigne d'une probable influence du monde méditerranéen, notre étude a permis de montrer qu'en ce qui concerne les édifices de l'acropole, les mêmes techniques s'appliquent lors de leur construction durant toutes les phases datées de l'âge du Fer. Cet exemple illustre parfaitement des mécanismes de diffusion différentiels des techniques avec un apport extérieur et des connaissances locales combinées afin de réaliser un projet global.

S'il ne fait aucun doute qu'aient existé des artisans, itinérants ou non, permettant la transmission d'un savoir-faire spécialisé, il faut poser la question de la transmission des savoirs dans les contextes protohistoriques et plus précisément de l'intervention de détenteurs et théoriciens du savoir à l'instar des druides. En effet, nombre d'auteurs grecs et latins évoquent leur rôle d'enseignants, de savants et de philosophes. À ce titre, leurs croyances sont très proches de celles de l'école pythagoricienne, au point que leurs contemporains grecs et romains se demandaient si l'origine de leur savoir n'était pas à chercher au sein de cette doctrine (BRUNAUX 2006 : 167-198). Toute la question est de savoir si les auteurs antiques se sont contentés de décrire les savoirs druidiques selon les principes d'une doctrine qui leur était connue, celle de Pythagore, ou si l'origine de ce savoir était bel et bien extérieure au monde celtique. Il s'agit là d'un problème épineux, dont la solution est loin d'être évidente. Au vu des capacités de développement des

savoirs locaux, il faudrait peut-être voir, dans cette caste, des personnes d'une grande ouverture d'esprit, synthétisant des connaissances locales, mais aussi exogènes pour les transmettre par la suite sans en garder le monopole.

Pour les pythagoriciens, et d'après les auteurs antiques (Porphyre, Diogène Laërce et Aristote pour ne citer que les plus éminents), le nombre est le principe fondamental du monde (KELLER 2006 : 274). Ces nombres sont liés à la géométrie et permettent de créer l'harmonie entre les éléments contraires du monde. Cette vision conduit à une sacralisation des nombres et de la géométrie. Ces derniers deviennent, dès lors, les instruments chargés de symbolisme, d'une doctrine religieuse et de ses représentants. Pour Jean-Louis Brunaux, les druides, « sages [...] coupés de la population par leur mode de vie et leur intellectualisme » et utilisant les nombres dans un ensemble de pratiques (BRUNAUX 2000 : 180), sont les détenteurs d'une « géométrie qui tient du sacré » (BRUNAUX 2015 : 44-45). Certains d'entre eux se seraient « transformés en géomètres » (BRUNAUX 2015 : 45).

La spécialisation de certains représentants religieux dans des domaines profanes comme les sciences ou l'éducation n'est pas aberrante, bien au contraire (BRUNAUX 2006 : 256-278). Selon nous, ces érudits ne gardaient pas le monopole de ce savoir. L'initiation de Pythagore débouchait sur diverses spécialisations en fonction des capacités des candidats après audition et il semblerait que, d'après les récits de César et Ammien Marcellin, la durée de formation de vingt ans correspond bien à celle permettant de devenir druide (BRUNAUX 2006 : 276-277). Si la doctrine pédagogique des druides se rapproche, elle aussi, du pythagorisme, il est possible que différents niveaux de formation et de spécialisation soient enseignés par ceux-ci sans pour autant que l'ensemble des impétrants accède au statut de druide. Si un symbolisme quelconque intervenait lors de la réalisation de certaines tâches métrologiques, il reste difficile de discerner les cas où cette action revêt un véritable caractère sacré.

CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

Jusqu'à présent, la recherche sur la métrologie s'était principalement concentrée sur l'identification de possible étalon utilisé dans le cadre de la construction de certains édifices ou dans l'organisation de quelques sites. Rares étaient les propositions concernant les principes géométriques appliqués dans ces mêmes constructions. Nous avons dès lors sélectionné quinze sites répartis dans l'ensemble de l'Europe celtique et datés d'entre le VII^{ème} et le I^{er} siècle avant notre ère dans le but de confronter les analyses métrologiques et géométriques issues de chacun de ces établissements afin de déterminer d'éventuelles tendances générales. Ces sites ont été choisis selon plusieurs critères parmi lesquels la superficie et le nombre d'édifices fouillés, la durée d'occupation ou encore l'accessibilité de la donnée.

Suite à notre étude, aucune tendance géographique ou chronologique n'a pu être perçue. L'existence d'un pied celtique d'une valeur uniforme est désormais infirmée. Les plus petits dénominateurs communs perçus couvrent l'ensemble des valeurs généralement attribuées au pied des mesures prémétriques. Cependant, ce travail a permis de mettre en avant le caractère modulaire de l'architecture celtique et l'utilisation de principes géométriques simples dans la mise en œuvre des constructions. Ces principes rejoignent ceux d'ores et déjà identifiés par Jørgen Jensenius et Franz Schubert. Ce dernier, sur la base des bâtiments de Manching, avait établi une typologie des principes constructifs qui aboutit à la création d'un type par édifice dans la plupart des cas. Notre travail nous a permis de proposer une typologie simplifiée de ces principes qui découlent tous de la répétition d'une valeur de longueur.

Ce travail a également permis de reconsidérer les possibilités de restitution des édifices à schéma de planification circulaire à partir de l'étude géométrique des temples de Manching. Nous avons pu montrer que ces derniers, jusqu'à présent interprétés comme des bâtiments hexagonaux ou circulaires pouvaient également être restitués sous la forme de bâtiments à parois déportées. Ces derniers, particulièrement fréquents au cours de La Tène moyenne et finale, peuvent être planifiés grâce au principe de division du cercle en parties égales tout comme certains bâtiments circulaires,

dont nous appelons aujourd'hui à reconsidérer les possibilités de restitution de l'élévation.

La variabilité des résultats offrait au premier abord un point de vue assez chaotique de la métrologie et de la géométrie celtique. La mise en perspective de ce bilan avec d'autres études métrologiques, en particulier celle publiée par Witold Kula et les observations sur les poids et mesures en Asie du Sud-est, a montré que ce chaos apparent n'est en rien propre à notre domaine d'étude. Les résultats de ce travail s'inscrivent dans le même cadre que les analyses métrologiques des populations antérieures à la métrifications précédemment publiées. À ce titre, ces travaux nous ont permis de trouver des explications quant à la variabilité des applications perçues dans le domaine celtique.

Parmi les facteurs pouvant intervenir dans les choix métrologiques et géométriques les aspects pratiques et les contraintes techniques ont été les premiers à surmonter. Nous avons ainsi pu voir que les applications des principes étaient adaptées aux conditions d'implantations soit en se calquant sur la topographie du terrain, soit en tentant de l'ignorer. Dans le même ordre d'idée, dans les cas où l'espace est restreint, l'utilisation de principes géométriques permet le calcul d'un espace disponible et la coordination de travaux dans le cadre de constructions communautaires ou de grande ampleur comme les remparts.

Ces facteurs peuvent également être d'ordre socio-économique. L'utilisation d'un nombre de principes géométriques réduits peut montrer la présence d'un plan d'urbanisme et d'un plan architectural appliqués à l'ensemble du site ou à une partie de ses aménagements. L'architecture modulaire permet par ailleurs de construire facilement des édifices avec des proportions garantissant une certaine harmonie architecturale. Ces pratiques contribuent alors au caractère ostentatoire des installations. Ces principes ont pu être utilisés dans le but d'optimiser l'espace exploité que ce soit pour l'agriculture ou pour des activités artisanales.

Longtemps limités à la sphère religieuse par certains chercheurs, les principes géométriques que nous avons pu mettre en évidence ne semblent pas restreints à des constructions aux fonctions particulières. Les principes appliqués se retrouvent tout autant au sein des sanctuaires que dans les aménagements publics et privés. Nous sommes désormais en mesure d'affirmer que l'utilisation de principes géométrique n'est pas uniquement limitée à l'architecture sacrée ou à des sites au statut particulier.

Les cadres d'application de ces principes géométriques ainsi que leur diversité nous ont permis de montrer que le savoir et le savoir-faire mis en œuvre dans les constructions font partie d'un bagage intellectuel vraisemblablement possédé par quelques spécialistes dont la nature exacte ne peut être déterminée avec certitude (artisans, arpenteurs, maîtres d'œuvre, architectes ou encore druides). Le développement des techniques utilisées montre également que le savoir qui en découle ne relève pas seulement des connaissances assimilées de façon empirique. Certaines pratiques ont pu être théorisées et démontrées à l'image de l'utilisation des triplets pythagoriciens ou de la maîtrise des propriétés des figures géométriques fondamentales que sont les triangles, les cercles et les

quadrilatères. Si nous ne renions pas l'apport des spécialistes du monde méditerranéen classique, il faut à notre avis plutôt voir dans ces savoirs et savoir-faire un ensemble de connaissances cumulées et adaptées à un environnement propre dont une grande part provient d'un substrat local parfois très ancien, comme le montre l'exemple des maisons du Rubanée dont les rapports et les proportions montrent la maîtrise de ces principes techniques dès le Néolithique.

Au terme de ce travail, plusieurs points restent cependant en suspens. Outre les acteurs de la transmission du savoir et des savoir-faire que nous ne pouvons pas limiter aux seuls druides, la question des décideurs se pose. Il est possible que ce savoir-faire soit mis au service de la perception de l'impôt ou pour toute autre activité fiscale. Qui sont alors les personnes détentrices de l'autorité régissant les mesures et leurs utilisations dans la division de l'espace, son évaluation, dans la mise en place d'un plan d'urbanisme ou l'attribution de lots ? À l'heure actuelle, ces questions ne sauraient trouver de réponses définitives.

Nous sommes évidemment conscients des limites de ce travail. Le corpus reste assez restreint au vu de l'ère chronologique et de l'espace géographique traitées. De plus les sites ayant pu faire l'objet d'une étude métrologique et géométrique sont ceux qui sont le mieux connus, fouillés sur de grandes superficies et durant plusieurs campagnes fouilles. Ces sites sont généralement hors du commun. Les résultats sont cependant identiques à ceux obtenus lors des études appliquées aux sociétés antérieures à la métrification ce qui suggère que notre échantillon de site peut être représentatif de la métrologie celtique. Cette thèse ne constitue qu'un premier pas, qu'une première tentative de synthèse sur la métrologie et les mathématiques celtiques. Grâce au développement de l'archéologie préventive et à l'avancée des recherches sur l'architecture protohistorique ces dernières années, les études d'autres sites pourront, à l'avenir, alimenter ce sujet complexe.

BIBLIOGRAPHIE

TEXTES ANTIQUES

Archimède, *Tome I, de la sphère et du cylindre. La mesure du cercle. Sur les conoïdes et les sphéroïdes*, traduit par C. Mugler, éditions Les Belles Lettres, Paris, 1970.

Archimède, *Tome II, des spirales. De l'équilibre des figures planes. L'arénaire. La quadrature de la parabole*, traduit par C. Mugler, éditions Les Belles Lettres, Paris, 1971.

César, *De Bello Gallico, Guerre des Gaules, livres V-VIII*, traduit par L.-A. Constans, éditions Les Belles Lettres, Paris, 1972.

Columelle, *Res rustica, On agriculture, Vol. 2*, traduit par E.S. Forster et E. H. Heffner, Harvard University Press, Cambridge, 1968.

Diogène Laërce, *Vie et doctrines des philosophes illustres*, traduit par M.-O. Goulet-Cazé, Librairie générale française, Paris, 2009.

Euclide, *Les éléments, Volume I, Livres I-IV: géométrie plane*, traduit par B. Vitrac, Presses universitaires de France, Paris, 1990.

Euclide, *Les éléments, Volume II, Livres V-IX: proportions et similitudes*, traduit par B. Vitrac, Presses universitaires de France, Paris, 1994.

Euclide, *Les éléments, Volume III, Livre X: grandeurs commensurables et incommensurables,*

classification des lignes irrationnelles, traduit par B. Vitrac, Presses universitaires de France, Paris, 1998.

Euclide, *Les éléments, Volume IV, Livres XI-XIII: géométrie des solides*, traduit par B. Vitrac, Presses universitaires de France, Paris, 2001.

Hérodote, *Histoires*, 2 tomes, traduit par Ph.-E. Legrand, Les Belles Lettres, Paris, 1960.

Héron d'Alexandrie, *Dioptre*, traduit par V. Prou, Imprimerie impériale, Paris, 1858.

Porphyre, *Vie de Pythagore*, traduit par E. Des Places, éditions les Belles Lettres, Paris, 1982.

Vitruve, *De l'architecture, Livre III*, traduit par P. Gros, éditions les Belles Lettres, Paris, 1990.

OUVRAGES ET ARTICLES

Adam et Fichtl 2014 :
Adam A.-M., Fichtl S., «L'aristocrate des villes et l'aristocrate des champs : où les élites celtiques habitaient-elles ?», dans Bourdin S., Dubouloz J. et Rosso E., *Peupler et habiter l'Italie et le monde romain. Études d'histoire et d'archéologie offertes à Xavier Lafon*, Aix-en-Provence, 2014, p. 43-52.

Adam 1982 :
Adam J.-P., « Groma et chorobate, exercices de topographie antique », MEFRA, 1982, p. 1003-1029.

Adam 1984 :
Adam J.-P., *La construction romaine, matériaux et techniques*, Grands manuels Picard, Paris, 1984.

Adroher 1996 :
Adroher A., *Urbanisme et architecture dans la ville antique de Lattes, Lattara: mélanges d'histoire et d'archéologie de Lattes, 9*, Lattes, 1996.

Adrymi-Sismani 2013 :
Adrymi-Sismani V., « Iolkos: la ville «bien-construite» d'Homère », dans Garcia D. dir., 2013, p. 167-192.

Ahrens 1993 :
Ahrens D., « Recherches métrologiques de part et d'autre de la frontière linguistique en Lorraine », *Les Cahiers Lorrains*, 4 ,1993, p. 301-305.

Almagro-Gorbea et Gran-Aymerich 1989 :
Almagro-Gorbea M., Gran-Aymerich J., «Le bassin monumental du Mont Beuvray (Bibracte)», *Monuments et mémoires,* 71, Presses Universitaires de France, Paris, 1989, p. 21-41.

Arafat et Morgan 1994 :
Arafat K., Morgan C., «Athens, Etruria and the Heuneburg: mutual misconceptions in the study of Greek-Barbarian relations», dans Morris I. (dir.), *Classical Greece: Ancient Histories and Modern Archaeologies*, Cambridge University Press, Cambridge, 1994, p. 108-134.

Arcelin 1987 :
Arcelin P., «L'habitat d'Entremont: urbanisme et modes architecturaux», dans *Archéologie d'Entremont*, Musée Granet, 1987, p.57-100.

Arcelin et Tréziny 1990 :
Arcelin P., Tréziny H., *Les habitats indigènes des environs de Marseille grecque» dans Voyage en Massalie. 100 ans d'archéologie en Gaule du Sud. Catalogue de l'expostion de la Vieille Charité,* Marseille, 1990, p. 26-31.

Argoud et Guillaumin 1998 :
Argoud G., Guillaumin J.-Y., *Sciences exactes et sciences appliquées à Alexandrie (IIIe siècle av.J.-C. - Ier siècle ap. J.-C.), Actes du Colloque International de Saint-Etienne (6-8 Juin 1996)*, Centre Jean Palerne, Mémoires XVI, Publications de l'Université de Saint-Etienne, Saint-Etienne, 1998.

Argoud 1998 :
Argoud G., «Héron d'Alexandrie et les Pneumatiques», dans Argoud G., Guillaumin J.-Y., 1998, p. 127-146.

Arnold et Langenegger 2012 :
Arnold B., Langenegger F., *Plateau de Bevaix 8, Bevaix-Sud: plongée dans le passé, fouille subaquatique d'un village du Bronze final,* Archéologie neuchâteloise, 50, Office et musée cantonal d'archéologie, Neuchâtel, 2012.

Audouze et Buchsenschutz 1989 :
Audouze F. et Buchsenschutz O., *Villes, villages et campagnes de l'Europe celtique*, Hachette, Paris, 1989.

Agusta-Boularot et Lafon 2004 :
Agusta-Boularot S. et Lafon X. dir., *Des ibères aux Vénètes*, collection de l'école française de Rome, 328, 2004.

Auxiette et al. 1997 :
Auxiette G., Hachem L., Robert B., *Espaces physiques, espaces sociaux dans l'analyse interne des sites du Néolithique à l'âge du Fer, Actes du colloque L'analyse spatiale des sites du Néolithique*

à l'âge du Fer, 119e Congrès national des sociétés historiques et scientifiques, Amiens, 26-30 octobre 1994, editions du CTHS, Paris, 1997.

Bacault et Flouest 2003 :
Bacault M. et Flouest J.-L., «Schémas de construction des décors au compas des phalères laténiennes de Champagne», dans Buchsenschutz et al., 2003, p. 145-170.

Baccou 1951 :
Baccou R., *Histoire de la science grecque de Thalès à Socrate*, éditions Montaigne, Paris, 1951.

Badie et Bernard 2008 :
Badie A. et Bernard L., «Organisation modulaire du site du Verduron à Marseille (Bouches-du-Rhône), habitat gaulois du IIIe siècle avant notre ère», dans Brochier J.-E., Guilcher A. et Pagni M., 2008, p. 291-299.

Baffie 2008 :
Baffie J., «Poids et mesures en Thaïlande : tradition et changement», dans Le Roux P., Sellato B., Ivanoff J., 2008, p. 563-592.

Bats 2004 :
Bats M., «Les colonies massaliètes de Gaule méridionale: sources et modèles d'un urbanisme militaire hellénistique», dans Agusta-Boularot et Lafon, 2004, p. 51-64.

Belarte et Mallart 2009 :
Belarte M., Mallart R., *Le paysage périurbain en méditerranée occidentale pendant la Protohistoire et l'Antiquité, Actes du colloque international institut Catalan d'archéologie classique, Tarragone*, 6-8 mai 2009, Documenta 26, Tarragona 2012.

Bernard 1998 :
Bernard V., *L'Homme, le bois et la forêt en France du Nord du Mésolithique au Haut Moyen Âge*, BAR International Series 733, Oxford, 1998.

Bernard 2002 :
Bernard V., «Vers une maîtrise des ressources forestières? Dendro-typologie des bois d'architecture domestique employés dans le nord-ouest de la France pendant l'âge du Fer (6e-1er s. av. J.-C.)», dans Buchsenschutz O. et Mordant Cl. dir., 2005, p. 13-24.

Bernard 2003 :
Bernard L., *Confrontation de deux régions de l'Europe celtique à l'âge du fer : les cas de la Provence et du Baden-Württemberg*, Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille, 2003.

Bernard 2009 :
Bernard L., «Südfranzösische «Oppida», am Beispiel Verduron (Marseille, Frankreich)» , dans Trebsche P., Balzer I., Eggl Ch., 2009, p. 151-158.

Bernard et Garcia 2012 :
Bernard L., Garcia D., « Die Anfänge der Urbanisierung in der Region von Marseille und in Südfrankreich am Ende des 7. und im 6. Jahrhundert v. Chr.», dans Sievers S., Schönfelder M., 2012, p. 211-220.

Bertrand et al. 2009a :
Bertrand I., Duval A., Gomez de Soto J., *Les Gaulois entre Loire et Dordogne: actes du XXXIe colloque international de l'AFEAF, 17-20 mai 2007, Chauvigny (Vienne, F.), tome 1,* Mémoire/ Société de recherches archéologiques de Chauvigny, 34, Chauvigny, 2009.

Bertrand et al. 2009b :
Bertrand I., Duval A., Gomez de Soto J., *Habitats et paysages ruraux en Gaule et regards sur d'autres régions du monde celtique: actes du XXXIe colloque international de l'AFEAF, 17-20 mai 2007, Chauvigny (Vienne, F.), tome 2,* Mémoire/ Société de recherches archéologiques de Chauvigny, 35, Chauvigny, 2009.

Bittel et al. 1981 :
Bittel K., Kimmig W., Schiek S., *Die Kelten in Baden-Württemberg*, Konrad Theiss Verlag, Stuttgart, 1981.

Bittel et al. 1990 :
Bittel K., Schiek S., Müller D., *Keltischen Viereckschanzen*, Konrad Theiss Verlag, Stuttgart, 1990.

Blaising et Vanmoerkerke 2005 :
Blaising J.-M. et Vanmoerkerke J. et al., *Les bâtiments à supports inclinés dans l'architecture de la fin de l'âge du Fer et du début de l'époque Gallo-romaine en Champagne et en Lorraine, Table ronde de Metz, 15 novembre 2005,* Bulletin de la Société archéologique champenoise, 98e année, n°2, 2005.

Bocquillon 2012 :
Bocquillon H., *Le site protohistorique d'Acy-Romance (Ardennes) - IV, Les constructions du village gaulois*, mémoire de la société archéologique champenoise, 20, 2012.

Bollacher 2009 :
Bollacher Ch., *Die keltische Viereckschanze auf der «Klinge» bei Riedlingen,* Materialhefte zur Archäologie in Baden-Württemberg*,* 88, Konrad Theiss Verlag, Stuttgart, 2009.

Bouchet 1999 :
Bouchet R. et C., *Le livre des morts celte et gaulois*, éditions R et C Bouchet, Québec, 1999.

Bouthier 2002 :
Bouthier A., «Enceintes et enclos des âges du Fer dans le nord-ouest de la Nièvre», dans Maranski D., Guichard V. dir., *Les âges du Fer en Nivernais, Bourbonnais et Berry oriental, Regards européens sur les âges du Fer en France, Actes du XVIIe colloque de l'AFEAF, Nevers 20-23 mai*

1993, Bibracte, 6, Glux-en-Glenne, 2002, p. 345-348.

Braemer et al. 1999 :
Braemer F., Cleuziou S. et Coudart A. dir., *Habitats et sociétés, XIXe rencontres internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes*, Antibes, 1999.

Brénon et al. 2005 :
Brénon J.-Ch., Caumont O. et Tegel W., «Vittel «la Croix Pierrot» (Vosges): abattage, façonnage et mise en place des bois de fondation d'un bâtiment de la fin de l'âge du Fer», dans Buchsenschutz O. et Mordant Cl. dir., 2005, p. 181-200.

Bresson 1978 :
Bresson J.-M., *Maisons de bois, architectures scandinaves*, Dunod, Paris, 1978.

Brochier et al. 2008 :
Brochier J.-E., Guilcher A. et Pagni M., *Archéologie de Provence et d'ailleurs, mélanges offerts à Gaëtan Congès et Gérard Sauzade*, Bulletin Archéologique de Provence, supplément 5, 2008.

Brun et Chaume 2013 :
Brun P., Chaume B., «Une éphémère tentative d'urbanisation en Europe centre-occidentale durant les VIe et Ve siècles av. J.-C.?», Bulletin de la Société préhistorique française, Tome 110, numéro 2, 2013, p. 319-349.

Brunaux et al. 1980 :
Brunaux J.-L., Méniel P., Rapin A., «Un sanctuaire gaulois à Gournay-sur-Aronde (Oise)», *Gallia*, *tome 38*, 1980, p. 1-25.

Brunaux 1984 :
Bruneaux J. L., «Lieux de culte et pratiques rituelles des celtes», *Fornvännen*, vol. 74, 1984, p. 150-164.

Brunaux et al. 1982 :
Brunaux J.-L., Méniel P., Poplin F., *Gournay : Les fouilles sur le sanctuaire et l'oppidum (1975-1984), Gournay 1*, Revue Archéologique de Picardie, 1985.

Brunaux 2006 :
Brunaux J.-L., *Les druides, des philosophes chez les barbares*, Le Seuil, Paris, 2006.

Brunaux 2012 :
Brunaux J.-L., «Phantom der antiken Schriftsteller, Die Druiden», dans *Die Welt der Kelten, Zentren der Macht, Kostbarkeiten der Kunst, Begleitband der Landesaussstellung, Archäologisches Landesmuseum Baden-Württemberg, Landesmuseum Württemberg*, Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart, Jan Thorbecke Verlag, Stuttgart, 2012, p. 396-397.

Brunaux 2016 :

Brunaux J.-L., *Les religions gauloises*, CNRS Éditions, 2016.

Buchez 2005 :
Buchez N., «Architecture de l'habitat de l'âge du Bronze à La Tène ancienne dans la Somme», dans Buchsenschutz O. et Mordant Cl. 2005, p. 203-208.

Buchsenschutz et Ralsont 1981 :
Buchsenschutz O. et Ralston I., «les fortifications des âges des métaux», *Archéologia*, 154, 1981, p. 24-35.

Buchsenschutz 1984 :
Buchsenschutz O., *Structures d'habitats et fortifications de l'âge du Fer en France septentrionale,* Mémoire de la société préhistorique française, 18, Paris, 1984.

Buchsenschutz 1988 :
Buchsenschutz O., «Les habitats hallstattiens et la Méditerranée», dans *Les princes celtes et la Méditerranée, rencontres de l'école du Louvre*, La documentation française, Paris, 1988, p. 165-175.

Buchsenschutz 1989 :
Buchsenschutz O., Olivier L., *Les «Viereckschanzen» et les enceintes quadrilatérales en europe celtique, actes du IXe colloque de l'AFEAF, Châteaudun, 16-19 mai 1985*, Archéologie aujourd'hui, Protohistoire, 9, édition Errance, Paris, 1989.

Buchsenschutz et al. 1993 :
Buchsenschutz O., Colin A., Krausz S., *Le village celtique des Arènes à Levroux: description des structures,* supplément à la Revue Archéologique du Centre de la France, 8, Levroux 2, 1993.

Buchsenschutz 1997 :
Buchsenschutz O., «Analyse spatiale des habitats de l'âge du Fer à partir des structures construites», dans Auxiette G., Hachem L., Robert B., 1997, p. 45-56.

Buchsenschutz 2000 :
Buchsenschutz O., «Les oppidas celtiques, un phénomène original d'urbanisation», Guichard V., Sievers S. et Urban O., 2000, p. 61-64.

Buchsenschutz 2002 :
Buchsenschutz O., «Trous de poteau et Gauloises filtre», Maranski D., Guichard V. dir., *Les âges du Fer en Nivernais, Bourbonnais et Berry oriental, Regards européens sur les âges du Fer en France, Actes du XVIIe colloque de l'AFEAF, Nevers 20-23 mai 1993, Bibracte, 6*, Glux-en-Glenne, 2002, p. 415-424.

Buchsenschutz et al. 2003 :
Buchsenschutz O., et al., *Décors, images et signes de l'âge du Fer européen, XXVIe colloque de*

l'Association Française pour l'Etude de l'Age du Fer, Paris et Saint-Denis, 2002, 24e supplément à la Revu Archéologique du Centre de la France, 2003.

Buchsenschutz et Mordant 2005 :
Buchsenschutz O. et Mordant Cl. dir., *Architectures protohistoriques en Europe occidentale du Néolithique finale à l'âge du Fer: actes du 127e congrès national des sociétés historiques et scientifiques, Nancy, 15-20 avril 2002*, éditions du CTHS, Paris, 2005.

Buchsenschutz 2005 :
Buchsenschutz O., «Du comparatisme à la théorie architecturale», dans Buchsenschutz O. et Mordant Cl. dir., 2005, p. 49-64.

Buchsenschutz et Krausz 2006 :
Buchsenschutz O., Krausz S., «Analyse des structures excavées de l'âge du Fer à partir de deux exemples du Berry», dans Frere-Sautot M.-C. dir., 2006, p. 119-140.

Buchsenschutz 2007 :
Buchsenschutz O., *Les celtes de l'âge du Fer,* A. Colin, Paris, 2007.

Buchsenschutz et al. 2009
Buchsenschutz O., Chardenoux M.-B., Krausz S., Vaginay M., *L'âge du Fer dans la boucle de la Loire. Les Gaulois sont dans la ville, actes du XXXIIe Colloque de l'AFEAF Bourges, 1er-4 Mai 2008*, 35e supplément de la RACF, Paris-Tours, 2009.

Buchsenschutz et Frénée 2009
Buchsenschutz O., Frénée E., «Structures d'habitat de l'âge du Fer dans la boucle de la Loire», dans Buchsenschutz O., Chardenoux M.-B., Krausz S., Vaginay M., 2009, p. 103-120.

Buchsenschutz 2010 :
Buchsenschutz O., «Les celtes de l'âge du fer dans le nord de la France», dans Clottes J. dir., *La France préhistorique, un essai d'histoire,* Gallimard, Paris, 2010.

Buchsenschutz et Ralston 2012 :
Buchsenschutz O., Ralston I., «Urbanisation et aristocratie celtiques», dans Sievers S., Schönfelder M., 2012, p. 347-364.

Buchsenschutz et Von Nicolai 2012 :
Buchsenschutz O., Von Nicolai C., «Gut geschützt im Viereck, Leben auf dem Lande in spätkeltischer Zeit», dans *Die Welt der Kelten, Zentren der Macht, Kostbarkeiten der Kunst, Begleitband der Landesaussstellung*, Archäologisches Landesmuseum Baden-Württemberg, Landesmuseum Württemberg, Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart, Jan Thorbecke Verlag, Stuttgart, 2012, p. 382-387.

Buchsenschutz 2015

Buchsenschutz O., (dir.), *L'Europe celtique à l'âge du Fer (VIIIe - Ier siècle)*, PUF, Paris, 2015.

Burens-Carozza et al. 2005
Burens-Carozza A., Carozza L., De Chazelles Cl.-A., «Les maisons en Languedoc de la fin du Néolithique à la fin de l'âge du Fer», dans Buchsenschutz O. et Mordant Cl. dir., 2005, p. 429-462.

Burkhardt 2010 :
Burkhardt N., «Die Lehmziegelmauer der Heuneburg in mediterranen Vergleich», dans Krausse D., 2010, p. 29-50.

Burmeister et Weski 1992 :
Burmeister S., Weski T., «Archäologische Untersuchungen im Zuge des Ausbaus der Strasse Manching-Westenhausen», Sammelblatt des Historischen Vereins Ingolstadt 101, 1992, p. 9-25.

Castella et Meylan Krause 2008 :
Castella C., Meylan Krause M.-F. dir., *Topographie sacrée et rituels, le cas d'aventicum, capitale des Helvètes, Actes du colloque international d'Avenches, 2-4 novembre 2006*, Antiqua 43, Bâle, 2008.

Cauwe et al. 2007 :
Cauwe N., Dolukhanov P., Kozlowski J., Van Berg P.-L., *Le Néolithique en Europe*, Armand Colin, Paris, 2007.

Chankowski et Hasenohr 2014 :
Chankowski V., Hasenohr C., «Etalon et tables de mesures à Délos hellénistique : évolutions et ruptures» dans Saliou C., 2014, p. 21-39.

Charraud et Valdelièvre 1981 :
Charraud A., Valdelièvre H., «La taille et le poids des Français». dans *Economie et statistique*, *n°132*, Avril 1981, p. 23-38

Chaume et Mordant 2011 :
Chaume B., Mordant, Cl., *Le complexe aristocratique de Vix: nouvelles recherches sur l'habitat, le système de fortification et l'environnement du mont Lassois*, Edition universitaires de Dijon, Dijon, 2 volumes, 2011.

Chaume et al. 2012 :
Chaume B., Nieszery N., Reinhard W., «Ein frühkeltischer Fürstensitz im Burgund: Der Mont Lassois», dans *Die Welt der Kelten, Zentren der Macht, Kostbarkeiten der Kunst, Begleitband der Landesaussstellung,* Archäologisches Landesmuseum Baden-Württemberg, Landesmuseum Württemberg, Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart, Jan Thorbecke Verlag, Stuttgart, 2012, p. 133-138.

Chausserie-Laprée 2000 :

Chausserie-Laprée J. dir., *Le temps des Gaulois de Provenc*e, villes de Martigues, Marseille, 2000.

Chausserie-Laprée 2000 :
Chausserie-Laprée J., «villages gaulois en Provence: genèse et évolution du fait urbain» dans Chausserie-Laprée J. dir., 2000, p. 31-42.

Chausserie-Lapré 2005 :
Chausserie-Laprée J., *Martigues*, *terre gauloise*, Errance, Ville de Martigues, 2005.

Childe 1950 :
Childe G., *Prehistoric Migrations in Europe,* London 1950.

Chouquer et Favory 1992 :
Chouquer G., Favory F., *Les arpenteurs romains. Théorie et pratique*, éditions Errance, Paris, 1992.

Chouquer et Favory 2001 :
Chouquer G., Favory F., *L'arpentage romain*, éditions Errance, Paris, 2001.

Chouquer 2005
Chouquer G., «L'émergence de la planimétrie agraire à l'âge du Fer», *Etudes rurales*, éditions de l'E.H.E.S.S., 2005, p. 29-52.

Cioffi 2014 :
Cioffi C., «Documenting, measuring and integrating sekomata : an example from Naxos» dans Saliou C., 2014, p. 41-56.

Clark 2010 :
Clark J. E., «Aztec dimensions of holiness», dans Morley I., Renfrew C., 2010, p. 150-169.

Clavel-Leveque 1992 :
Clavel-Leveque M., «Centuriation, géométrie et harmonie. Le cas du Biterrois», dans Guillaumin J.-Y. dir., 1992, p. 161-184.

Clément-Charpentier 2008
Clément-Charpentier S., «Les mesures chez les Lao», dans Le Roux P., Sellato B., Ivanoff J., 2008, p. 515-532.

Colin et Verdin 2013 :
Colin A., Verdin F., «Habitat et territoire du nord au sud de la Gaule: regards croisés», dans Krausz S., Colin A., Gruel K., Ralston I., Dechezleprêtre Th., 2013, p. 235-246.

Collis 1984 :
Collis J., *Oppida, earliest towns north of the Alps,* University of Sheffield, Charlesworth and Co., Huddersfield, 1984.

Collis et al. 2000
Collis J., Krausz S., Guichard V., «Les villages ouverts en Gaule centrale aux IIe et Ier s. av. J.-C.», dans Guichard V., Sievers S. et Urban O., 2000, p. 73-82.

Collis 2006 :
Collis J., *The Celts : origins, myths and inventions*. 2e éd. rev. et augm. Stroud : Tempus, 2006.

Collis 2010 :
Collis J., «Zentralisierung und Urbanisierung in Europa nördlich der Alpe während der Eisenzeit», dans Krausse D., 2010, p. 77-91.

Collis 2012 :
Collis J., «Centralisation et urbanisation dans l'Europe tempérée à l'âge du Fer», dans Sievers S., Schönfelder M., 2012, p. 1-14.

Compatangelo 1990 :
Compatangelo R., «Unité de mesure agraire et cadastres romains: stabilité et variabilité des mesures en Italie méridionale», Histoire & Mesure, vol. 5, numéro 3-4, 1990, p. 221-257.

Cony et Wassong 2014 :
Cony A., Wassong R., «Structuration et approche métrologique d'un terroir gaulois : le secteur des Pierrières à Batilly-en-Gâtinais (Loiret)», Revue archéologique du Centre de la France [En ligne], Tome 53, 2014.

Cunliffe 1984 :
Cunliffe, B., *Danebury: An Iron Age hillfort in Hampshire Vol. 1 The excavations 1969-1978 : the site*, 1984.

Cunliffe et Poole 1991 :
Cunliffe, B. and Poole. C., *Danebury: An Iron Age hillfort in Hampshire Vol. 4 The excavations 1979-1988 : the finds*, 1991.

Cuomo 2001 :
Cuomo S., *Ancient Mathematics*, Routledge, London and New York, 2001.

Dacko et Garcia 2012 :
Dacko M., Garcia M., «Processus d'urbanisation à Gergovie (Puy-de-Dôme, France). De Corent à Augustonemetum», dans Sievers S., Schönfelder M., 2012, p. 191-202.

Dahan-Dalmedico et Peiffer 1986 :
Dahan-Dalmedico A., Peiffer J., *Une histoire des mathématiques – Routes et dédales*, Le Seuil, 1986.

Dassié 1999 :
Dassié J., «La grande lieue gauloise. Approche méthodologique de la métrique des voies», Gallia

56, 1999, p. 285-311.

Downey et al. 1980 :
Downey R., King A., Soffe G., «The Hayling Island temple and religious connections accross the Channel», dans Rodwell W., *Temples churches and Religion : Recent Research in Roman Britain with a Gazetteer of Romano-Celtic Temples in Continental Europe*, Oxford, 1980, p. 289-304.

De Boüard 1951 :
De Boüard M., «Un camp Viking: Trelleborg», *Annales de Normandie, numéro 2*, 1951, p. 118-124.

De Chazelles 1997 :
De Chazelles Cl.-A., *Les maisons en terre de la Gaule méridionale*, édition Monique Mergoil, Montagnac, 1997.

De Chazelles 2005 :
De Chazelles Cl.-A., «Les architectures de terre crue du sud de la France aux âges des Métaux (Bronze final-âge du Fer)», dans Buchsenschutz O. et Mordant Cl. dir., 2005, p. 25-40.

Déchelette 1913 :
Déchlette J., *Manuel d'archéologie préhistorique, celtique et gallo-romaine II, Archéologie celtique ou protohistorique, Deuxième partie, Premier âge du fer ou époque de Hallstatt*, Paris, 1913.

Déchelette 1914 :
Déchlette J., *Manuel d'archéologie préhistorique, celtique et gallo-romaine II, Archéologie celtique et protohistorique Troisième partie, Second âge du fer ou époque de la Tène*, Paris, 1914.

Dechezleprêtre et al. 1997 :
Dechezleprêtre Th., Billard C., Blancquaert G., Fournier P., Langlois J.-Y. «Les constructions à plan circulaire de Haute-Normandie», Revue archéologique de l'ouest, tome 14, 1997, p. 49-56.

Dechezleprêtre et Ginoux 2005 :
Dechezleprêtre Th. et Ginoux N., «Les constructions circulaire de la moitié nord de la France: état de la question», dans Buchsenschutz O. et Mordant Cl. dir., *Architectures protohistoriques en Europe occidentale du Néolithique finale à l'âge du Fer: actes du 127e congrès national des sociétés historiques et scientifiques, Nancy, 15-20 avril 2002*, éditions du CTHS, Paris, 2005, p. 77-88.

Decramer et al. 2002 :
Decramer L., Elhaj R., Hilton R., Plas A., «Approche géométrique des centuriations romaines. Les nouvelles bornes du Bled Segui», dans *Histoire & mesure, XVII, 1-2*, 2002, p. 109-162.

Dedet et Py 1985 :

Dedet B., Py M., *Les enceintes protohistoriques de Gaule méridionale*, A.R.A.L.O., 1985.

De Polignac 2005 :
De Polignac F., «Forms and processes: some thoughts on the meaning of urbanization in early archaic Greece», dans Osborne R., Cunliffe B., 2005, p. 45-70.

Dilke 1995 :
Dilke O., *Les arpenteurs de la Rome antique*, éditions APDCA, Sophia-Antipolis, 1995.

Dominaco 2005 :
Domanico L., «Tradition et innovation dans l'architecture de l'âge du Bronze final et du Premier âge du Fer en Etrurie», dans Buchsenschutz O. et Mordant Cl. dir., 2005,p. 513-536.

Dörpfeld 1882 :
Dörpfeld W., «Beiträge zur antiken Metrologie», dans *Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts, Athenische Abteilung, 7*, 1882, p. 277-312.

Dörpfeld 1890 :
Dörpfeld W., «Metrologische Beiträge», dans *Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts, Athenische Abteilung, 15*, 1890, p. 167-187.

Duval et Kruta 1982 :
Duval P.-M., Kruta V., *L'art celtique de la période d'expansion, IVe et IIIe siècles avant notre ère, Actes du colloque organisé sous les auspices du Collège de France et de Ive Section de l'Ecole pratique des Hautes Etudes, du 26 au 28 septembre 1978, au Collège de France à Paris*, Hautes études du monde gréco-romain, 13, Genève, 1982.

Duval 1982 :
Duval P.-M, «Comment analyser, reproduire et expliquer les formes d'art celtique», dans Duval P.-M., Kruta V., 1982, p.3-24.

Duval et al. 1990 :
Duval A., Le Bihan J.-P., Ménez Y., *Les Gaulois d'Armorique: la fin de l'âge du Fer en Europe tempérée: actes du XIIe colloque le l'AFEAF*, *Quimper, mai 1988*, Supplément Revue Archéologique de l'Ouest, 1990.

Eller et al. 2012 :
Eller M., Sievers S., Wendling H., Winger K., «Zentralisierung und Urbanisierung - Manching Entwicklung zur spätkeltischen Stadt», dans Sievers S., Schönfelder M., 2012, p. 303-318.

Euler et Krausse 2012 :
Euler D., Krausse R., «Genèse et développement de la résidence princière sur le mont Ipf près de Bopfingen et de son territoire environnant dans le Nörlinger RIes au début de l'époque celtique», dans Sievers S., Schönfelder M., 2012, p. 29-57.

Epaud 2007 :
Epaud F., *De la charpente romane à la charpente gothique en Normandie; évolution des techniques et des structures de charpenterie au XIIe-XIIIe siècles*, publication du Centre de recherches Archéologiques et Historiques Médiévales, Caen, 2007.

Eriksen 2001 :
Eriksen M. H., «Hallen og landskapet: monumentalitet, liminalitet og transformasjon», Nicolay, Nr 113, 2001, p. 11-18.

Feldhaus 1965 :
Feldhaus F. M., *Die Technik der Vorzeit, der geschichtlichen Zeit und der Naturvölker*, München, 1965.

Fernandez-Götz et al. 2009 :
Fernandez-Götz M., Ruiz Zapatero G., Alvarez-Sanchis J., «Von Dörfer zu Städten: neue Forschungen zu Zentralisierungs- und Urbanisierungsprozessen während der Jüngeren Eisenzeit in Zentralspanien», dans Trebsche P., Balzer I., Eggl Ch., 2009, p. 159-170.

Fernandez-Götz 2012 :
Fernandez-Götz M., «Die Rolle der Heiligtümer bei der Konstruktion kollektiver Identitäten: das Beispiel der treverischen Oppida», Archäologisches Korrespondenzblatt, Jahrgang 42, Heft 4, RGZM, 2012, p. 509-524.

Fernandez-Götz et al. 2014
Fernandez-Götz M., Wendling H., Winger K., *Path to complexity, centralisation and urbanisation in iron Age Europe*, Oxbow Books, Oxford, 2014.

Fichtl 1994 :
Fichtl S., *Gaulois du nord de la Gaule: 150-20 av. J.-C.*, éditions Errance, Paris, 1994.

Fichtl et al. 2000 :
Fichtl S., Metzler J., Sievers S., «Le rôle des sanctuaires dans le processus d'urbanisation», dans Guichard V., Sievers S. et Urban O., 2000, p. 179-188.

Fichtl 2005a :
Fichtl S. dir., *Hiérarchie de l'habitat rural dans le nord-est de la Gaule à La Tène moyenne et finale,* Archaeologia Mosellana, 6, Metz, 2005.

Fichtl 2005b :
Fichtl S., *La ville celtique: les oppida de 150 av. J.-C. à 15 ap. J.-C., 2ème édition corrigée et augmentée*, éditions Errance, 2005.

Fichtl et al. 2008 :
Fichtl S., Barrier S., Noël L., Roux E., *L'habitat rural de Batilly-en-Gâtinais «les Pierrières»*

(Loiret), rapport de fouille programmées, 2008.

Fichtl 2009 :
Fichtl S., «La villa gallo-romaine, un modèle gaulois? Réflexions sur un plan canonique.», dans *Festschrift für Sabine Rieckhoff zum 65. Geburtstag, Teil 2, Universitätsforschungen zur prähistorischen archäologie, band 172*, 2009, p. 439-448.

Fichtl 2010 :
Fichtl S. dir., *Murus Celticus: architecture et fonction des remparts de l'âge du Fer, table ronde internationale organisée par l'unité mixte de recherche 7044 de Strasbourg, l'unité mixte de recherche 6173 CITERES de Tours et Bibracte, centre archéologique européen,* collection Bibracte 19, Glux-en-Glenne, 2010.

Fichtl et al. 2010 :
Fichtl S., Noël L., Roux E., Boynes *«La porte de Puiseaux» (Loiret), Habitat rural gaulois et habitat du haut Moyen-âge, rapport de fouilles programmées*, 2010.

Fichtl et al. 2011 :
Fichtl S., Barrier S., Conny A., Noël L., *Batilly-en-Gâtinais/Boynes (Loiret), Résidence aristocratique gauloise, IIe-Ier s. av. J.-C., rapport de fouilles programmées*, 2011.

Fichtl et al. 2012 :
Fichtl S., Cony A., Forget C., Wassong R., *Batilly-en-Gâtinais/Boynes (Loiret). Résidence aristocratique gauloise IIe-Ier s. av. J.-C., rapport de fouilles programmées*, 2012.

Fichtl et al. 2013 :
Fichtl S., Cony A., Wassong R., Rémy J., Pradier H., *Batilly-en-Gâtinais/Boynes (Loiret). Résidence aristocratique gauloise IIe-Ier s. av. J.-C., rapport de fouilles programmées*, 2013.

Fichtl et al. 2014 :
Fichtl S., Cony A., Wassong R., Hutin T., Pradier H., *Batilly-en-Gâtinais/Boynes (Loiret). Résidence aristocratique gauloise IIe-Ier s. av. J.-C., rapport de fouilles programmées*, 2014.

Fichtl et al. 2015 :
Fichtl S., Cony A., Wassong R., Válečková Š., *Batilly-en-Gâtinais/Boynes (Loiret). Résidence aristocratique gauloise IIe-Ier s. av. J.-C., rapport de fouilles programmées,* 2015.

Fichtl et al. 2016 :
Fichtl S., Conny A., Válečková Š., *Batilly-en-Gâtinais/Boynes (Loiret). Résidence aristocratique gauloise IIe-Ier s. av. J.-C., rapport de fouilles programmées*, 2016.

Fichtl 2013a :
Fichtl S., «A propos des résidences aristocratiques de la fin de l'âge du Fer: l'exemple de quelques sites du Loiret», dans Krausz S., Colin A., Gruel K., Ralston I., Dechezleprêtre Th., 2013, p. 329-

343.

Fichtl 2013b :
Fichtl S., «Les agglomérations gauloises de la fin de l'âge du Fer en Europe celtique (IIIe-Ier siècles av. J.-C.)», dans Garcia D. dir., 2013, p. 45-96.

Fleury 1998 :
Fleury Ph., «Les sources alexandrines d'un ingénieur romain au début de l'Empire», dans Argoud G., Guillaumin J.-Y., 1998, p. 103-114.

Fochesato 2015 :
Fochesato A., «L'architecture en bois à Bibracte», dans *Rapport intermédiaire 2015 du programme quadriennal de recherche 2013-2016 sur le Mont Beuvray,* 2015, p. 335-340.

Frere-Sautot 2006 :
Frere-Sautot M.-C. dir., Des trous... *Structures en creux pré- et protohistoriques, Actes du colloque de Dijon et Baume-les-Messieurs, 24-26 mars 2006, Préhistoire 12*, éditions Monique Mergoil, Montagnac, 2006.

Frey 2008 :
Frey O.-H., «Fund vom Glauberg und die erste Phase der «Keltischen Kunst»», dans Pinsker B. dir., *Der Glauberg in keltischer Zeit, Zum neuesten Stand der Forschung, Öffentliches Symposium 14.-16. September 2006*, Darmstadt, Fundberichte aus Hessen, Beiheft 6, Wiesbaden, 2008, p. 35-56.

Friboulet 1997 :
Friboulet M., *Les cimetières du village gaulois d'Acy-Romance (Ardennes)*, thèse de doctorat, Université Paris I, 1997.

Friederich et Krause 2013 :
Friederich J., Krause R., «Les fermes au tracé rextangulaire en bordure occidentale du Nördlinger Ries: la séquence d'occupation dans une microrégion entre les époques Hallstatt et La Tène finale», dans Krausz S., Colin A., Gruel K., Ralston I., Dechezleprêtre Th., 2013, p. 345-357.

Gailledrat 2011 :
Gailledrat E. et al.., *Pech Maho (Sigean, Aude), rapport de fouille programmée*, 2011.

Gailledrat 2010 :
Gailledrat E., «Innovations architecturales et processus d'acculturation au VIe s. av. n. ère sur le littoral langedocien. L'exemple de Pech Maho (Sigean, Aude)», dans Tréziny H., 2010, p. 333-347.

Galinié 2000 :
Galinié H., *Ville, espace urbain et archéologie, collection sciences de la ville, 16*, publication de

la Maison des Science de la Ville, de l'Urbanisme et des Paysages, Tours, 2000.

Garcia 1994a :
Garcia D., «La zone 8: un îlot longiligne du IIe s. av. n. è.», *Lattara*, *7*, Lattes, 1994, p. 145-155.

Garcia 1994b :
Garcia D., «Une maison à cour de plan méditerranéen de la fin de l'âge du Fer à Lattes (l'îlot 9 au IIe s. av. n. è.)», *Lattara, 7,* Lattes, 1994, p. 155-170.

Garcia 1994c :
Garcia D., «L'îlot 16, un quartier lattois des IIIe et IIe s. av. J.-C.», *Lattara, 7,* Lattes, 1994, p. 171-179.

Garcia 1996 :
Garcia D., «Dynamique de peuplement de la ville de Lattara, implantation, urbanisme et métrologie (Vie s. av. n. è.-IIe s. de n. è.)», *Lattara 9,* Lattes, 1996, p. 7-24.

Garcia 2000 :
Garcia D., «The process of urbanization in southern Gaul during the early Iron Age», Guichard V., Sievers S. et Urban O., 2000, p. 49-60.

Garcia 2005 :
Garcia D., «Proto-urbanisme et actualisme, pour une lecture renouvelée des plans des sites préromains de Gaule méridionale», dans Bouet A., Verdin F., *Territoires et paysages de l'âge du Fer au Moyen Âge, Mélanges offerts à Philippe Leveau, mémoires 16*, Ausonius éditions, Bordeaux, 2005, p. 75-82.

Garcia 2005 :
Garcia D., «Urbanization and spatial organization in southern France and North-East Spain during the Iron age», dans Osborne R., Cunliffe B., 2005, p. 169-186.

Garcia 2006
Garcia D., «Religion et société, la Gaule méridionale», dans Goudineau Ch. dir., *Religion et société en Gaule*, éditions Errance, Paris, 2006, p. 135-164.

Garcia et Tréziny 2010 :
Garcia D., Tréziny H., «Maisons à absides dans le monde grec et en Gaule méditerranéenne», dans Tréziny H., 2010, p. 371-378.

Garcia 2011 :
Garcia D., *Le réseau urbain méridional antérieur aux cités antiques de Narbonnaise,* Provence historique, Tome LXI, Fascicule 243-244, 2011, p. 29-41.

Garcia 2013 :
Garcia D. dir., *L'habitat en Europe celtique et en méditerranée préclassique*, éditions Errance,

Paris, 2013.

Garcia 2013 :
Garcia D., «La ville préclassique en Gaule méridionale», dans Garcia D. dir., *L'habitat en Europe celtique et en méditerranée préclassique*, éditions Errance, Paris, 2013, p. 193-198.

Garcia 2014 :
Garcia D., *La Celtique méditerranéenne. Habitats et sociétés en Languedoc et en Provence. VIIIe-IIe siècles av. J.C.,* Errance, Arles, 2014.

Gay 2012 :
Gay J.-Ph., *Loiret, Epieds-en-Beauce, Les Chantaupiaux. Occupations agro-pastorales laténiennes et espace funéraire gallo-romain, Rapport d'opération, Fouille archéologique*, INRAP, Orléans, 2 vol., 2012.

Gemehl et Buchez 2005 :
Gemehl D. et Buchez N., «L'architecture à pans de bois à Amiens dans les années 30-50 après J.-C.», dans Buchsenschutz O. et Mordant Cl. dir., 2005, p. 209-216.

Gersbach 1995 :
Gersbach E., *Baubefunde der Perioden IVc-IVa der Heuneburg: Text und Tafeln,* Heuneburgstudien, 9, Mainz am Rhein, von Zabern, 1995.

Gersbach 1996 :
Gersbach E., *Baubefunde der Perioden IIIb-Ia der Heuneburg,* Heuneburgstudien, 10, Mainz am Rhein, von Zabern, 1996.

Gorgues 2009 :
Gorgues A., «De l'âge du Bronze à l'âge du Fer en Languedoc occidental: le cas du site de hauteur fortifié de Malvieu (Saint-Pons -De-Thomières, Hérault)», dans Roulière-Lambert M.-J., Daubigney A. et Milcent P.-Y., 2009, p. 513-525.

Goudineau 2006 :
Goudineau Ch. dir., *Religion et société en Gaule*, éditions Errance, Paris, 2006.

Goudineau et Verdier 2006 :
Goudineau Ch., Verdier P., «Religion et sciences», dans Goudineau Ch. dir., *Religion et société en Gaule*, éditions Errance, Paris, 2006, p. 27-78.

Goudineau inédit :
Goudineau Ch., «Cours d'Antiquités nationales du Collège de France consacré au dossier de la lieue gauloise», inédit.

Garcia Alonso et al. 1997 :
Gracia Alonso F., Munilla Cabrillana G., Garcia Lopez E., Munilla Morales I., «Architecture

protohistorique du Nord-Est de la Péninsule Ibérique. Modélisations théoriques pour l'interprétation du microespace», dans Auxiette G., Hachem L., Robert B., 1997, p. 101-114.

Gralak 2013 :
Gralak T., «Architektur, Masse und Dekore wahrend der Hallstatt-C –Periode in Nieder-schlesien», *Faszinosum Lausitzer Kultur. Zählen, Zahlen, Zeit und Kalendar, Heft 4 Schriftenreihe der Spreewälder Kulturstiftung Burg-Müschen,* 2013, p. 62-72.

Gralak 2017 :
Gralak T., *Architecture, Style and Structure in the Early Iron Age in Central Europe*, Wroclaw, 2017.

Gruel 1989 :
Gruel K., *La monnaie chez les Gaulois*, Errance, Paris, 1989.

Guedj 2000 :
Guedj D., *Le mètre du monde*, Le Seuil, 2000.

Guerreau 2011 :
Guerreau A., «Châteaux et mesures: notes préliminaires», dans Mouillebouche H., 2011, p. 12-25.

Guggisberg et Hoppe 2012 :
Guggisberg M., Hoppe T., «Von Zirklen, Ranken und anderen Dingen, Kunst und Künstler der Kelten», dans *Die Welt der Kelten, Zentren der Macht, Kostbarkeiten der Kunst, Begleitband der Landesaussstellung*, Archäologisches Landesmuseum Baden-Württemberg, Landesmuseum Württemberg, Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart, Jan Thorbecke Verlag, Stuttgart, 2012, p. 42-54.

Guichard et Collis 1992 :
Guichard V., Collis J., *Puy de Corent. Rapport de la campagne de fouille de 1992. Projets de recherches « Auvergne Archaeological Survey » (Université de Sheffield) et « Le peuplement des Limagnes à l'Âge du fer » (Association pour la Recherche sur l'âge du Fer en Auvergne)*, Veyre-Monton, 1992.

Guichard et al. 2000 :
Guichard V., Sievers S. et Urban O., *Les processus d'urbanisation à l'âge du Fer, Eisenzeitliche Urbanisationsprozesse, actes du colloque de Glux-en-Glenne, 8-11 juin 1998*, collection Bibracte 4, Glux-en-Glenne, 2000.

Guillaumin 1992 :
Guillaumin J.-Y. dir., *Mathématiques dans l'Antiquité,* Publications de l'Université de Saint-Etienne, 1992.

Guillaumin 1994 :

Guillaumin J.-Y., «Géométrie grecque et agrimensorique romain: la science comme justification d'ue idéologie», Dialogues d'Histoire Ancienne, n° 20,2, 1994, p. 279-295.

Guillaumin 1998 :
Guillaumin J.-Y., «Présence d'Euclide dans un traité du corpus gromatique des années 100 après J.-C.: l'Expositio et ratio omnium formarum de Balbus», dans Argoud G., Guillaumin J.-Y., 1998, p. 73-86.

Hailer 2010 :
Hailer U., «Überlegungen zur Herkunft der Lehmziegelbefestigung auf der Heuneburg», dans Krausse D., 2010, p. 11-28.

Hallier 1985 :
Hallier G., «Métrologie et grand appareil», dans R. Guéry, G. Hallier et P. Trousset, *Des carrières de la Couronne aux vestiges de la Bourse : techniques d'extraction et de construction, dans Histoire des techniques et sources documentaires. Actes du colloque du G.I.S. Maison de la Méditerranée (21-23 octobre 1982), cahier 7, Aix-en-Provence, 1985*, p. 25-52.

Haselgrove 2000 :
Haselgrove C., «The character of oppida in Iron Age Britain», dans Guichard V., Sievers S. et Urban O., 2000, p. 103-110.

Haselgrove et Pope 2007
Haselgrove C. et Pope R., *Earlier Iron Age in Britain and the near continent,* Oxbow Books, Oxford, 2007.

Haselgrove et Moore 2007 :
Haselgrove C. et Moore T., *The Later Iron Age in Britain and beyond, Oxbow Books*, Oxford, 2007.

Heiberg 1925 :
Heiberg J. L., *Geschichte der Mathematik und Naturwissenschaften im Altertum*, München, 1925.

Heller 2005 :
Heller B., *Wie entsteht Wissen? Eine Reise durch die Wissenschaftstheorie*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 2005.

Hellmann 2002 :
Hellmann M.-C., *L'architecture grecque. 1, les principes de la construction,* Picard, Paris, 2002.

Helly 2000 :
Helly B., «Modèles géographiques et développement de l'urbanisation en pays grec: l'exemple de la Thessalie», dans Guichard V., Sievers S. et Urban O., 2000, p. 13-26.

Hentz 1979 :

Hentz G., «Les sources grecques dans les écrits des agronomes latins», dans *La littérature technique dans l'Antiquité*, Ktema, 4, 1979, p. 151-160.

Hermary et Tsetskhladze 2012 :
Hermary A., Tsetskhladze G. R., *From the pillars of Hercules to the footsteps of the argonauts,* Colloquia Antiqua, 4, Peeters, Leuven-Paris-Walpole, 2012.

Hodara 2005 :
Hodara J.-J., «L'architecture de l'habitat protohistorique: contraintes techniques», dans Buchsenschutz O. et Mordant Cl. dir., 2005, p. 65-76.

Hofmann 2009 :
Hofmann K., «Totenrituale und Akkulturation: Zum Kulturwandel in Südostsizilien unter den Einflüssen der Griechen im 8.-5. Jahrhundert v. Chr.» , dans Trebsche P., Balzer I., Eggl Ch., 2009, p. 189-201.

Holzer 2007 :
Holzer V., «Le sanctuaire celtique de Roseldorf-Sandberg (Autriche)», dans Barral Ph., Daubigney A., Dunning C., Kaenel G., Roulière-Lambert M.-J., *L'âge du Fer dans l'arc jurassien et ses marges. Dépôts, lieux sacrés et territorialité à l'âge du Fer. Actes du XXIX e colloque international de l'AFEAF ; Bienne, 5-8 mai 2005, volume 2*, Besançon : Presses universitaires de Franche-Comté, 2007, p. 849-854.

Holzer 2008 :
Holzer V., «Der keltische Kultbezirk in Roseldorf / Sandberg, Niederösterreich», dans *Ritus und Religion in der Eisenzeit,* Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte Mitteleuropas 49*,* 2008, p. 125-134.

Holzer 2009 :
Holzer V., «Roseldorf, Niederösterreiche, Objekt 1/01 - ein keltischer «Troadkasten»», dans Trebsche P., Balzer I., Eggl Ch., 2009, p. 67-75.

Holzer 2010 :
Holzer V., *Roseldorf : interdisziplinäre Forschungen zur grössten keltischen Zentralsiedlung Österreichs* : KG. Roseldorf, MG. Sitzendorf an der Schmida, Wien, 2010.

Holzer 2010 :
Holzer V., «Der Kultbezirk von Roseldorf - ein massgebliches religiöses Zentrum der Kelten», *Veröffentlichungen des Verbandes österreichischer Historiker und Geschichtsvereine 34*, St. Pölten 2010, p. 36-48.

Holzer 2014
Holzer V., «Roseldorf - An Enclosed central settlement of the Early and Middle La Tène Period in Lower Austria (Roseldorf/Němčice Centre)», dans Fernandez-Götz M., Wendling H., Winger K.,

2014, p. 122-131.

Hoppe 1911 :
Hoppe E., *Mathematik und Astronomie im klassischen Altertum*, Heidelberg, 1911.

Hoppe et Schorer 2012 :
Hoppe T., Schorer B., «Geometrisches Ornament, Die Kunst der Hallstattzeit», dans *Die Welt der Kelten, Zentren der Macht, Kostbarkeiten der Kunst, Begleitband der Landesaussstellung*, Archäologisches Landesmuseum Baden-Württemberg, Landesmuseum Württemberg, Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart, Jan Thorbecke Verlag, Stuttgart, 2012, p. 209-221.

Horsnæs 2004 :
Horsnæs H., «Urbanization in Northwestern Lucania», dans Attema P., *Centralization, early urbanization and colonization in first millenium BC Italy and Greece, Part 1: Italy*, Peeters, Leuven, 2004, p. 97-120.

Hultsch 1882 :
Hultsch F., *Grieschische und römische metrologie*, Berlin, 1882.

Håkansdotter 2010 :
Håkansdotter L., *Identitet, interaktion och urbanisering i Skandinavien och Östeuropa under yngre järnålder och tidig medeltid*, Göteborgs Universitet, Göteborg, 2010.

Issenmann 2008 :
Issenmann R., «Proposition d'interprétation des structures sur poteaux d'après les données ethnologiques issues des peuples nomades de la vallée de l'Arkhangaï (Mongolie)», Bulletin de l'Association de Promotion et d'Aide a la Recherche En Archéologie, 10, 2008, p. 43-51.

Jensenius 2001 :
Jensenius J., T*rekirkene før stavkirkene : en undersøkelse av planlegging og design av kirker før ca. år 1100*, Arkitekthøgskolen i Oslo, 2001.

Jerem et Urban 2000 :
Jerem E., Urban O. H., «Höhensiedlungen - Befestigungen - Zentralsiedlungen: Prozesse der urbanisierung im Donau-Karpaten-Raum», dans Guichard V., Sievers S. et Urban O., 2000, p. 157-164.

Joncheray : 2013
Joncheray C., «La ville étrusque classique: d'un modèle urbain à une réalité multiple et méconnue», dans Garcia D. dir., 2013, p. 139-152.

Jovanic 1982 :
Jovanic B., «Elements d'art laténien dans les Balkans du centre aux IIIe et IIe siècles avant notre

ère», dans Duval P.-M., Kruta V., 1982, p. 203-212.

Jung 2009 :
Jung M., «Anmerkungen zur sozialhistorischen Interpretation der Lehmziegelmauer der Heuneburg», dans Trebsche P., Balzer I., Eggl Ch., 2009, p. 109-117.

Juteson 2010 :
Juteson J., «Numerical cognition and the development of «zero» in Mesoamerica», dans Morley I., Renfrew C., 2010, p. 43-53.

Kaenel et al. 2005 :
Kaenel G., Martin-Kilcher S., Wild D., *Siedlungen*, *Baustrukturen und Funde im 1. Jh. v. Chr. zwischen oberer Donau und mittlerer Rhone, Kolloquim in Zürich, 17./18. Januar 2003, Sites, structures d'habitat et trouvailles du 1er s. av. J.-C., entre le Haut-danube et la moyenne vallée du Rhône, Colloque de Zürich, 17-18 janvier 2003,* Cahier d'archéologie romande, Lausanne, 2005.

Karlsson et Westblom 2011 :
Karlsson S. et Westblom J., *En järnåldersboplats i Ytterby, Undersökningar av komplexa huslämningar från förromersk järnålder til vendeltid, grävsäsongerna 2009-2010 vid fornlämning Raä 22:1, Ytterby socken, Bohuslän,* Arkeologiska rapporter No. 98, Göteborg, 2011.

Karlsson et al. 2011 :
Karlsson S., Ragnesten U., Westblom J., *Bebyggelsekomplex med hallbyggnad, fornlämning Raä 22:1, Ytterby socken, Bohuslän grävsäsongen 2011*, Arkeologiska rapporter No. 104, Göteborg, 2012.

Keller 2006 :
Keller O., *Une archéologie de la géométrie,* Vuibert, Paris, 2006.

Kimmig 1983 :
Kimmig W., *Die Heuneburg an der oberen Donau*, Konrad Theiss Verlag, Stuttgart, 1983.

Kimmig 2000 :
Kimmig W., *Importe und mediterrane Einflüsse auf der Heuneburg, Heuneburg Studien XI*, Mainz, 2000.

King et Soffe 1994 :
King A., Soffe G., «The Iron Age and Roman temple on Hayling Island, Hampshire», dans Fitzpatrick A. P., Morris E. L., *The Iron Age in Wessex : recent work*, Salisbury, 1994, p. 114-116.

King et Soffe 1998 :
King A., Soffe G., «Internal organisation and deposition at the Iron Age temple on Hayling Island», *Hampshire Studies 53*, 1998, 35-47.

King et Soffe 2001 :

King A., Soffe G., «Internal organisation and deposition at the Iron Age temple on Hayling Island, Hampshire», dans Collis J., *Society and Settlement in Iron Age Europe. Actes du XVIIIe Colloque de l'AFEAF, Winchester (April 1994) (Sheffield Archaeol. Monog. 11)*, Sheffield: J. R. Collis Publications, 2001, p. 111-124.

King et Soffe 2013 :
King, A., Soffe, G., *A Sacred Island; Iron Age, Roman and Saxon Temples and Ritual on Hayling Island*. Hayling Island Excavation Project Publication, 2013.

Knopf et al. 2000 :
Knopf Th., Leicht M., Sievers S., «Die grossen süddeutschen Oppida. Heidengraben, Manching und Kelheim.», dans Guichard V., Sievers S. et Urban O., 2000, p. 141-150.

Kossina 1911 :
Kossinna G., *Die Herkunft der Germanen. Zur Methode der Siedlungsarchäologie (Mannus-Bibliothek. Band 6)*, Würzburg, 1911.

Kramer 1970 :
Kramer W., *Die Ausgrabungen in Manching 1955-1961: Einführung und Fundstellenübersicht*, Wiesbaden, Steiner, 1970.

Krause 1995 :
Krause R., «Ipf und Goldberg - Zentren einer eisenzeitlichen Siedlungslandschaft am Westrand des Nördlinger Rieses», dans *Fürstensitze, Höhenburgen, Talsiedlungen,* Archäologische Informationen aus Baden-Württemberg, 28, Stuttgart, 1995, p. 66-79.

Krause 2010 :
Krause R., Stobbe A., Euler D., Fuhrmann K., «Zur Genese und Entwicklung des frühkeltischen Fürstensitzes auf dem Ipf bei Bopfingen (Ostalbkreis, Baden-Württemberg) und seiners Umlandes im Nördlinger Ries», dans Krausse D., 2010, p. 169-207.

Krause et Nakoinz 2000 :
Krausse D., Nakoinz O., «Binnenkolonisation und Zentralisation. Überlegungen zur latènezeitlichen Besiedlungs- und Bevölkerungsentwicklung im Mittelgebirgsraum nordwestlich der Mosel», Guichard V., Sievers S. et Urban O., 2000, p. 127-140.

Krausse 2008 :
Krausse D., *Frühe Zentralisierungs- und Urbanisierungsprozesse: zur Genese und Entwicklung frühkeltischer Fürstensitze und ihres territorialen Umlandes, Kolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms 1171 in Blaubeuren, 9-11 Oktober 2006*, Konrad Theiss Verlag, Stuttgart, 2008.

Krausse 2010 :
Krausse D., *Fürstensitze und Zentralorte der frühen Kelten. Abschlusskolloquium des DFG-*

Schwerpunktprogramms 1171 Frühe Zentralisierungs-und Urbanisierungsprozesse. Zur Genese und Entwicklung frühkeltischer Fürstensitze und ihres territorialen Umlandes, Stuttfart 12-15 Oktober 2009, Konrad Theiss Verlag, 2010.

Krausse et Fernandez-Götz 2012 :
Krausse D., Fernandez-Götz M., «Die Heuneburg, Neue Forschungen zur Entwicklung einer späthallstattzitlichen Stadt», dans *Die Welt der Kelten, Zentren der Macht, Kostbarkeiten der Kunst, Begleitband der Landesaussstellung*, Archäologisches Landesmuseum Baden-Württemberg, Landesmuseum Württemberg, Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart, Jan Thorbecke Verlag, Stuttgart, 2012, p. 116-132.

Krausz et al. 2013 :
Krausz S., Colin A., Gruel K., Ralston I., Dechezleprêtre Th., *L'âge du Fer en Europe, mélanges offerts à Olivier Buchsenschutz, Mémoires 32*, Ausonius éditions, Bordeaux, 2013.

Kruta 2000 :
Kruta V., *Les Celtes. Histoire et dictionnaire, des origines à la romanisation et au christianisme*, Paris, Laffont, 2000.

Kula 1984 :
Kula W., *Les mesures et les hommes*, Editions de la Maison des Sciences de l'homme, Paris, 1984.

Kurz 1995 :
Kurz S., «Die Aussensiedlung der Heuneburg, Gemeinde Herbertingen-Hundersingen, Kreis Sigmaringen», dans *Fürstensitze, Höhenburgen, Talsiedlungen,* Archäologische Informationen aus Baden-Württemberg, 28, Stuttgart, 1995, p. 9-23.

Kurz 1998 :
Kurz S., «Neue Ausgrabungen im Vorfeld der Heuneburg bei Hundersingen an der oberen Donau», Germania 76, 1998.

Kurz 2000 :
Kurz S., *Die Heuneburg-Aussensiedlung: Befunde und Funde*, Landesdenkmalamt Baden-Württember, Stuttgart, Konrad Theiss Verlag, 2000.

Kurz 2007 :
Kurz S., *Untersuchungen zur Entstehung der Heuneburg in der späten Hallstattzeit, Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg*, Stuttgart, Konrad Theiss Verlag, 2007.

Kurz 2008 :
Kurz S., «Zur Interpretation der Strukturen in der Heuneburg Aussensiedlung», dans Pinsker B. dir., *Der Glauberg in keltischer Zeit, Zum neuesten Stand der Forschung, Öffentliches Symposium 14.-16. September 2006*, Darmstadt, Fundberichte aus Hessen, Beiheft 6, Wiesbaden, 2008, p.

159-170.

Kurz 2010 :
Kurz S., «Zur Genese und Entwicklung der Heuneburg in der späten Hallstattzeit», dans Krausse *D.,* 2010, p. 239-256.

Kurz 2012
Kurz S., «La Heuneburg. Etat des dernières recherches», dans Sievers S., Schönfelder M., 2012, p. 15-28.

Lambot 1989a :
Lambot B., «Le Bronze final et le premier Âge du Fer sur le site d'Acy-Romance (Ardennes) : sépultures et structures cultuelles» Gallia préhistoire, 1989, p. 209-258.

Lambot 1989b :
Lambot B., «Le complexe protohistorique d'Acy-Romance (Ardennes)». Bulletin intérieur - Association française pour l'étude de l'Âge du Fer, 1989, p. 10-11.

Lambot 1992 :
Lambot B., *Le site protohistorique d'Acy-Romance (Ardennes). I, l'habitat gaulois (1988-1990),* Mémoire de la société archéologique champenoise, 7, Reims, 1992.

Lambot 1999
Lambot B., «Organisation spatiale et sociale du village gaulois d'Acy-Romance (Ardennes)», dans Braemer F., Cleuziou S. et Coudart A. dir., 1999, p. 383-403.

Lambot et Méniel 2000a :
Lambot B., Méniel P., «L'agglomération ouverte d'Acy-Romance», dans Guichard V., Sievers S. et Urban O., 2000, p. 97-102.

Lambot et Méniel 2000b :
Lambot B., Méniel P., «Le village d'Acy-Romance dans son contexte régional» dans Verger S., 2000, p. 7-139.

Lambot 2002 :
Lambot B., «Maisons et société à Acy-Romance (Ardennes)» dans Méniel P., Lambot B., *Découvertes récentes de l'Âge du Fer dans le massif des Ardennes et ses marges. Repas des vivants et nourriture pour les morts en Gaule : XXVe colloque international de l'Association française pour l'étude de l'Âge du Fer, Charleville-Mézières, 2001*, Reims : Société archéologique champenoise, 2002, p. 115-124.

Lambot 2005 :
Lambot B., «Le village d'Acy-Romance (Ardennes) et l'habitat de La Tène finale en Champagne», dans Fichtl S. dir., 2005, p. 19-31.

Lambot 2006 :
Lambot B., «Religion et habitat, les fouilles d'Acy-Romance», dans Goudineau Ch. dir., *Religion et société en Gaule*, éditions Errance, Paris, 2006, p. 177-190.

Lambot 2016 :
Lambot B., «Le territoire et la propriété au deuxième âge du Fer en Champagne», dans Blancquaert G., Malrain F., *Evolution des sociétés gauloise du Second âge du Fer, entre mutations internes et influences externes, Actes du 38e colloque international de l'AFEAF, Amiens, 29 mai - 1er juin 2014*, Revue Archéologique de Picardie, 2016, p. 241-252.

Landels 1981 :
Landels J.G., *Engineering in the ancient world*, University of California Press Berkeley, Los Angeles, Oxford, 1981.

Lang et Salač 2002 :
Lang A. et Salač V., *Fernkontakte in der Eisenzeit*, Konferenz Liblice 2000, Praha, 2002.

Laruaz 2009 :
Laruaz J.-M., «Les formes de l'habitat en territoire turon à la fin de l'âge du Fer», dans Buchsenschutz O., Chardenoux M.-B., Krausz S., Vaginay M., 2009, p. 89-102.

Laurelut et al. 2004 :
Laurelut C., Tegel W., Vanmoerkerke J., *Nouvelles réflexions concernant les bâtiments à porche de la fin de l'âge du Fer, Lunula,* Archeologia protohistorica XII, Aalst, 2004, p. 137-144.

Laurelut et al. 2009 :
Laurelut C., Tegel W., Vanmoerkerke J., «Neue Aspekte zur Architekturgeschichte von der späten Eisenzeit bis zum Beginn der Römerzeit in Ostfrankreich», dans Trebsche P., Balzer I., Eggl Ch., 2009, p. 79-95.

Lebaupin 2014 :
Lebaupin D., *Les origines de Lattara et la présence étrusque. Les données de la zone 27, Lattara 22*, 2014.

Le Bihan 1988 :
Le Bihan J.-P., «Les structures d'habitat dans un hameau de La Tène finale : Le Braden I en Quimper» dans Audouze F., Buchsenschutz O. dir. *Architectures des âges des métaux, fouilles récentes*, Errance, Paris, 1988, p. 87-102.

Leicht et Sievers 2005 :
Leicht M., Sievers S., «Bemerkungen zu den Baustrukturen von Manching», dans Kaenel G., Martin-Kilcher S., Wild D., 2005, p. 231-240.

Lenerz-De Wilde 1977 :

Lenerz-De Wilde M., *Zirkelornamentik in der Kunst der Latènezeit*, München, Beck, 1977

Lepaumier 2005 :
Lepaumier H., Marcigny C. et Ghesquière, «L'architecture des habitats protohistoriques de Normandie: quelques exemples de la fin du IIIe millénaire au début du second âge du Fer», dans Buchsenschutz O. et Mordant Cl. dir., 2005, p. 231-264.

Leroi-Gourhan 1945 :
Leroi-Gourhan A., *Milieu et Techniques*, Albin Michel, Paris, 1945.

Le Roux et al. 2004 :
Le Roux P., Sellato B., Ivanoff J., P*oids et mesures en Asie du Sud-Est, Systèmes métrologiques et sociétés, Volume 1 l'Asie du Sud-Est austronésienne et ses marches*, Paris, 2004.

Le Roux et al. 2008 :
Le Roux P., Sellato B., Ivanoff J., *Poids et mesures en Asie du Sud-Est, Systèmes métrologiques et sociétés, Volume 2 l'Asie du Sud-Est continentale et ses marches*, Paris, 2008.

Le Teuff 2012 :
Le Teuff B., *Census : les recensements dans les provinces de l'empire romain d'Auguste à Dioclétien*, Thèse de doctorat, Université Michel de Montaigne, Bordeaux III, 2012.

Liégard et Fichtl 2009 :
Liégard S., Fichtl S., «Une proto-villa de la fin de l'époque gauloise», l'Archéologue, n° 102, Juin-Juillet, 2009, p. 42-47.

Lorenz 2004 :
Lorenz H., *Chronologische Untersuchungen in dem spätkeltischen Oppidum bei Manching am Beispiel der Grabungsflächen der Jahre 1965-1967 und 1971, Die Ausgrabungen in Manching*/ Römisch-germanische Kommision des Deutschen archäologischen Instituts zu Frankfurt aam Main, 16, Steiner, Stuttgart, 2004.

Luley 1992 :
Luley H., *Urgeschichtlicher Hausbau in Mitteleuropa. Grundlagenforschungen, Umweltbedingungen und bautechnische Rekonstruktionen*, Universitätsforschungen zur Prähistorischen archäologie, Band 7, GMBH, Bonn, 1992.

Maguer 2005 :
Maguer P., «L'architecture des bâtiments de La Tène dans le sud du Maine-et-Loire et en Vendée: études de cas, dans Buchsenschutz O. et Mordant Cl. dir., 2005, p. 331-346.

Maguer et Lusson 2009 :
Maguer P., Lusson D., «Fermes, hameaux et résidences aristocratiques entre Loire et Dordogne», dans Bertrand I., Duval A., Gomez de Soto J., 2009, p. 423-459.

Maguer et Robert 2013 :
Maguer P., Robert G., «La maison gauloise dans l'ouest et le centre de la France», dans Krausz S., Colin A., Gruel K., Ralston I., Dechezleprêtre Th., 2013, p. 247-258.

Maier 1992 :
Maier F. et al., *Ergebnisse der Ausgrabungen 1984-1987 in Manching*, Stuttgart, Steiner, 1992.

Malafouris 2010 :
Malafouris L., «Grasping the concept of number: How did the sapient mind move beyond approximation?», dans Morley I., Renfrew C., 2010, p. 35-42.

Malrain et al. 2002 :
Malrain F., Matterne V. et Méniel P., *Les paysans gaulois*, éditions Errance, Paris, 2002.

Malrain et Pinard 2006 :
Malrain F. et Pinard E., *Les sites laténiens de la moyenne vallée de l'Oise au Ve et Ier s. avant notre ère: contribution à l'histoire de la société gauloise*, Revue archéologique de picardie, Amiens, 2006.

Malrain et Pinard 2016 :
Malrain F. et Pinard E., «La pérennisation d'une tradition gauloise : l'ordonnancement des fermes : l'exemple du site de Poulainville (Picardie, Somme)», dans dans Blancquaert G., Malrain F., *Evolution des sociétés gauloise du Second âge du Fer, entre mutations internes et influences externes, Actes du 38e colloque international de l'AFEAF, Amiens, 29 mai - 1er juin 2014*, Revue Archéologique de Picardie, 2016, p. 241-252.

Mercey 2011 :
Mercey F., Loiret, Ecrennes, *Le Chemin de Saint-Eutrope. Des occupations agro-pastorales du Hallstatt D1 au Bas-Empire. Rapport d'opération de fouille archéologique*, INRAP, Orléans, 2 vol., 2011.

Mercey 2013 :
Mercey F., *Loiret, Meung-sur-Loire, «l'Herbaudière». un imposant établissement à vocation agro-pastorale de La Tène finale, rapport de fouille,* INRAP, Orléans, 2013.

Metin 2011 :
Metin F., «Théorie géométrique de la forification urbaine», dans Mouillebouche H., 2011, p. 146-155.

Meynier 1970 :
Meynier A., *Les paysages agraires*, collection U2, librairie Armand Colin, Paris, 1970.

Milcent 2012 :
Milcent P.-Y., «Résidences aristocratiques et expérience urbaine hallstattiennes en France (VIe-Ve

siècle av. J.-C.)», dans Sievers S., Schönfelder M., 2012, p. 91-114.

Milcent 2014 :
Milcent P.-Y., «Hallstatt Urban Experience before the Celtic Oppida in Central and Eastern Gaul. Two Cases-Studies : Bourges and Vix», dans Fernandez-Götz M., Wendling H., Winger K., 2014 p. 35-51.

Modderman 1970 :
Modderman P.J.R., *Linearbandkeramik aus Elsloo und Stein,* Analecta Praehistorica Leidensia III, Leiden, 1970.

Moret 1991 :
Moret P., «Facteurs indigènes et exogènes dans l'évolution de l'architecture défensive ibérique», dans Molist N., Sanchez E., *Fortificacions, la problematica de l'iberic ple: (segles IV - III a. C.), simposi international d'arqueologia iberica, manresa, 6-7-8 i 9 de desembre del 1990,* Centre d'estudis del Bages - societat catalana d'arqueologia, Manresa, 1991, p. 265-272.

Moret et al. 1994 :
Moret P., Puigcerver A., Rouillard P., Sanchez M., Sillières P., «The fortified settlement of La Picola (Santa Pola, Alicante) and the greek influence in south-east Spain», Proceedings of British Academy, 86, 1994, p. 109-125.

Moret 2002 :
Moret P., «Maisons phéniciennes, grecques et indigènes: dynamiques croisées en Méditerranée occidentale (de l'Hérault au Segura)», PALLAS, 58, 2002, p. 329-356.

Moret et Quesada Sanz 2002 :
Moret P. et Quesada Sanz F., *La guerra en el mundo ibérico y celtibérico (ss. VI-II a. de C.)*, Collection de la Casa de Valazquez, Volume n° 78, Madrid, 2002.

Moret 2002 :
Moret P., «Les fortifications ibériques complexes. Questions de tracé et d'unité de mesure», dans Moret P. et Quesada Sanz F., 2002, p. 189-215.

Moret 2006 :
Moret P., «Architecture indigène et modèles hellénistiques: les ambiguïtés du cas ibérique», dans PALLAS, 70, 2006, p. 207-227.

Moret 2008 :
Moret P., *Architecture, urbanisme et organisation du territoire dans l'Ibérie de l'âge du Fer et de l'époque républicaine (VIIe - Ier siècle avant J.-C.)*, Mémoire d'habilitation, recherches historiques et archéologiques sur l'Ibérie antique, Université de Toulouse - Le Mirail, 2008.

Morley et Renfrew 2010 :

Morley I., Renfrew C., *The archaeology of measurement: comprehending heaven, earth and time in ancient societies*, Cambridge University Press, Cambridge, 2010.

Morley 2010 :
Morley I., «Conceptualising quantification before settlement: Activities and issues underlying the the conception and use of measurement», dans Morley I., Renfrew C., 2010, p. 7-18.

Mouillebouche 2011 :
Mouillebouche H., *Châteaux et mesures: actes des 17es journées de castellologie de Bourgogne, 23-24 octobre 2010*, château de Pierreclos, Centre de castellologie de Bourgogne, Chagny, 2011.

Mousnier 2004 :
Mousnier M., «Mesurer les terres au Moyen Âge, le cas de la France méridionale», Histoire et Sociétés Rurales, 2004, p. 29-63.

Moyon 2008 :
Moyon M., *La géométrie pratique en Europe en relation avec la tradition arabe, l'exemple du mesurage et du découpage: contribution à l'étude des mathématiques médiévales*, Thèse d'Histoire des Sciences, 2 vol., Lille, 2008.

Moyon 2009 :
Moyon M., *Diviser un triangle au Moyen-âge: l'exemple des géométries pratiques latines,* Lille, 2009.

Neugebauer 1934 :
Neugebauer O., *Vorlessung über Geschichte der Antiken mathematischen Wissenschaften, erster Band, Vorgriechiesche Mathematik*, Verlag von Julius Springer, Berlin, 1934.

Neugebauer 1962 :
Neugebauer O., *The exact sciences in antiquity*, New York, Harper and Brothers, 1962.

Nickel 2012 :
Nickel C., «Die spätkeltisch-frührömische Siedling im Oppidum auf dem Martberg (Lkr. Cochem-Zell, Rheinland-Pfalz).» dans Schönfelder M., Sievers S., 2012, p. 291–336.

Nguyen et Dorais 2008 :
Nguyen H., Dorais L.-J., «Des poids et des mesures dans les campagnes du Vietnam», dans Le Roux P., Sellato B., Ivanoff J., 2008, p. 459-463.

Nørlund 1948 :
Nørlund P., *Trelleborg*, Copenhagen, 1948.

Olmos 2010 :
Olmos Benlloch P., *Estudi dels patrons mètrics arquitectònics i urbanístics del món ibèric (segles V-II aC)*, Tesi doctoral, universitat Rovira I Virgili, Tarragona, 2010.

Olmstead 1992 :
Olmsted G., *The gaulish calendar, a reconstruction from the bronze fragments from coligny with an analysis of its function as a highly accurate lunar/solar predictor as well as an explanation of its terminology and development*, GMBH, Bonn, 1992.

Olsen et Schmidt 1977 :
Olsen O., Schmidt H., *Fyrkat I : En Jysk Vinkingeborg : Borgen og Bebyggelsen*, Copenhagen, 1977.

Osborne et Cunliffe 2005 :
Osborne R., Cunliffe B., *Mediterranean Urbanization 800-600 BC*, Oxford University Press - British Academy, Oxford, 2005.

Osborne 2005 :
Osborne R., «Urban sprawl: what is urbanization and why does it matter?», dans Osborne R., Cunliffe B., 2005, p. 1-16.

Pare 1999 :
Pare C., «Weights and weighing in Bronze Age Central Europe», dans *Eliten in der Bronzezeit. Ergebnisse zweier Kolloquien in Mainz und Athen*. Monographien Römisch-Germanisches Zentralmuseum 43, 1999, p. 421-514.

Parzinger 1998 :
Parzinger H., *Der Goldberg: die metallzeitliche Besiedlung, Römisch-germanische Forschungen, 57,* Mainz am Rhein, von Zabern, 1998.

Pederson 1909 :
Pederson H., V*ergleichende Grammatik der keltischen Sprachen*, Vandenhoeck and Ruprecht, Göttingen, vol. I, 1909.

Pederson 1913 :
Pederson H., *Vergleichende Grammatik der keltischen Sprachen*, Vandenhoeck and Ruprecht, Göttingen, vol. II, 1913.

Peterson 1992
Peterson J., «Trigonometry in Roman cadastres», dans Guillaumin J.-Y. dir., *Mathématiques dans l'Antiquité*, Publications de l'Université de Saint-Etienne, 1992, p. 185-204.

Petrie 1934 :
Petrie F., *Measures and weight*, London, 1934.

Pierrevelcin 2012 :
Pierrevelcin G., *Les relations entre la Bohême et la Gaule du IVe au Ier siècle avant J. C., (Dissertationes Archaeologicae Brunenses/Pragensesque, 12)*, Filozofická fakulta Univerzity

Karlovy v Praze, Prague, 2012,

Plana-Mallart 2013 :
Plana-Mallart R., «Le périurbain en question», dans Garcia D. dir., *L'habitat en Europe celtique et en méditerranée préclassique*, éditions Errance, Paris, 2013, p. 127-138.

Poluschny 2012 :
Posluschny A., «Keltische «Fürstensitze» - Orte der Herrschaft?», dans Arnold F., Busch A., Haensch R., Wulf-Rheidt U., *Orte der Herrschaft. Charakteristika von antiken Machtzentren, Forschungscluster 3, Verlag Leidorf*, Rahden/Westf., 2012, p. 19-31.

Poux 2006 :
Poux M., «Religion et société: le sanctuaire arverne de Corent», dans Goudineau Ch. dir., *Religion et société en Gaule*, éditions Errance, Paris, 2006, p. 117-134.

Poux et al. 2011 :
Poux M., Pranyies A., Milcent P.-Y. dir., *Corent (63), rapport de fouille 2011*, 2011.

Poux 2011 :
Poux M. dir., *Corent, Voyage au cœur d'une ville gauloise*, éditions Errance, Paris, 2011.

Poux 2011 :
Poux M., «De piètres architectes?» dans Malrain F. et Poux M. dir., *Qui étaient les gaulois?, éditions de la Martinière*, Paris, 2011, p. 48-61.

Poux et al. 2012 :
Poux M., Pranyies A., Milcent P.-Y. dir., *Corent (63), rapport de fouille 2012*, 2 vol., 2012.

Poux et Demierre 2016 :
Poux M., Demierre M., *Le sanctuaire de Corent (Puy-de-Dôme, Auvergne) Vestiges et rituels,* supplément à Gallia, 2016.

Prouteau 2011 :
Prouteau N., «Mensuratores castrorum - les arpensteurs militaires au Moyen Age», dans Mouillebouche H., 2011, p. 60-71.

Py 1990 :
Py M., *Fouilles dans la ville antique de Lattes, les îlots 1, 3 et 4-nord du quartier Saint-Sauveur, Lattara 3*, 1990

Py 1996 :
Py M., *Urbanisme et architecture dans la ville antique de Lattes*, Lattara 9, 1996

Py 2009 :
Py M., *Lattara: Lattes, Hérault: comptoir gaulois méditerranéen entre Etrusques, Grecs et*

*Romain*s, éditions Errance, Paris, 2009.

Quetelet 1871 :
Quetelet Ad., *Anthropométrie ou mesure des différentes facultées de l'Homme*, Bruxelles, 1871.

Quilliec et Laruaz 2011 :
Quilliec B., Laruaz J.-M., «Un établissement rural de La Tène finale à Couesmes, La Tesserie (Indre-et-Loire)», dans Revue Archéologique du Centre de la France, Tome 50, 2011, p. 175-313.

Rahmsdorf et Pare 2007 :
Rahmsdorf L., Pare Ch., «Zu gewichtssteinen der Späthallstatt- und Latènezeit», Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz, 54. Jahrgang, 2007, p. 265-295.

Ralston et Pope 2005 :
Ralston I., Pope R., «La pierre et le bois dans les maisons des iles britanniques», dans Buchsenschutz O. et Mordant Cl. dir., 2005, p. 41-48.

Ramseyer 2006 :
Ramseyer D., «Interprétation des structures: entre imaginaire et réalité», dans Frere-Sautot M.-C. dir., 2006, p. 91-96.

Rasmussen 2007 :
Rasmussen M., «Building houses and building theories - archaeological experiments and house reconstruction», dans Rasmussen M., *Iron Age houses in flames. Testing house reconstructions at Lejre, Lejre Experimental Cente*r, Lejre, 2007, p. 6-15.

Reymond 1955 :
Reymond A., *Histoire des sciences exactes et naturelles dans l'antiquité gréco-romaine*, presses universitaires de France, Paris, 1955.

Rezkallah-Boussaïd 2014 :
Rezkallah-Boussaïd K., «Les tables de mesures en Algérie antique», dans Saliou C. 2014, p. 57-78.

Richmond 1968 :
Richmond, I., *Hod Hill : excavations*, British Museum Press, 1968.

Rieckhoff 2001 :
Rieckhoff S. dir., *Die Kelten in Deutschland*, Konrad Theiss Verlag, Stuttgart, 2001.

Rieckhoff 2009 :
Rieckhoff S., Hoppadietz R., Mölders D., «Urbanisierung und Romanisierung im Spiegel der Architektur im keltischen Oppidum Bibracte-Mont Beuvray (Burgund, Frankreich)» , dans Trebsche P., Balzer I., Eggl Ch., 2009, p. 141-149.

Robert 2009 :
Robert G., «L'architecture de l'habitat à l'âge du Fer en région Centre (France): problèmes d'interprétations et approches méthodologiques», dans Trebsche P., Balzer I., Eggl Ch., 2009, p. 21-29.

Roth-Congès 1985 :
Roth-Congès A., «Glanum préromaine: recherche sur la métrologie et ses applications dans l'urbanisme et l'architecture», Revue archéologique de Narbonnaise, 18, 1985, p. 189-220.

Rottländer 1979 :
Rottländer R., *Antike Langenmasse*, Vieweg, Weisbaden, 1979.

Roulière-Lambert et al. 2009 :
Roulière-Lambert M.-J., Daubigney A. et Milcent P.-Y., *De l'âge du Bronze à l'âge du Fer en France et en Europe occidentale (Xe-VIIe siècles av. J.-C.) (thème spécialisé), La moyenne vallée du Rhône aux âges du Fer, actualité de la recherche (thème régional): actes du XXXe colloque internationale de l'AFEAF, Saint-Romain-en-Gal, 26-28 mai 2007*, Revue Archéologique de l'Est, Supplément 27, Dijon, 2009.

Roux 2011 :
Roux E., Boynes, *Le Clos à Janlis/Les Pierrières (Loiret), Habitat rural du second âge du Fer, rapport de fouille programmée*, 2011.

Rundkvist 2011 :
Rundkvist M., *Mead-halls of the Eastern Geats, Elite settlements and Political Geography AD 375-1000 in Östergötland, Sweden,* Antikvariska serien, 49, Kungl. Vittershets Historie och Antikvitets Akademien, Stockholm, 2011.

Salač 2002 :
Salač V., «Zentralorte und Fernkontakte», dans Lang A. et Salač V., 2002, p. 20-46.

Salač 2012 :
Salač V., «Les oppida et les processus d'urbanisation en Europe centrale», dans Sievers S., Schönfelder M., 2012, p. 319-346.

Saliou 2014 :
Saliou C. *La mesure et ses usages dans l'Antiquité : la documentation archéologique, Dialogues d'histoire ancienne, 12*, 2014.

Sanmarti Grego et Carme Belarte 2013 :
Sanmarti Grego J., Carme Belarte M., «La matérialisation du pouvoir dans l'organisation de l'espace: modèles hétérarchiques et modèles centralisés en Ibérie du Nord», dans Garcia D. dir., 2013, p. 97-126.

Schiek 1984 :
Schiek S., «Zu einer Viereckschanze bei Ehningen, Ldkr. Böblingen, Baden-Württemberg», Archaeologische Ausgrabungen Baden-Württemberg, 1984, p. 78-82.

Schindler 1977 :
Schindler R., A*ltburg von Bundenbach: eine befestigte Höhensiedlung des 2./1. Jahrhunderts v. Chr. im Hunsrück*, Trierer Grabungen und Forschungen, 10, Von Zabern, Mainz am Rhein, 1977.

Schubert 1983 :
Schubert F., «Neue Ergebnisse zum Bebauungsplan des Oppidums von Manching», Bericht der Römisch-Germanischen Kommision, 64, Verlag Philipp von Zabern, Mainz am Rhein, 1983, p. 5-19.

Schubert 1992 :
Schubert F., *Metrologische Untersuchungen zu einem keltischen Längmass,* Germania 70, 1992, p. 293- 305.

Schubert 1993 :
Schubert F. et M., «Metrological research into the foot measurement found in the celtic oppidum of Manching», Complutum, 4, Madrid, 1993, p. 227-236.

Schubert 1994 :
Schubert F., *Zur Mass- und Entwurfslehre keltischer Holzbauten im Oppidum von Manching, Untersuchungen zu Grundrisstypen, Bauten und Baustrukturen,* Germania 72, 1994, p. 133-192.

Schubert 1995 :
Schubert F., «Keltische Umgangstempel von Ingolstadt-Zuchering?», dans *Archäologie um Ingolstadt. Archäologishe Untersuchungen beim Bau der B 16 und der Bahn*, Hercynia, Kipfenberg, 1995, p. 127-186.

Serres 1993 :
Serres M., *Les origines de la géométrie*, Flammarion, Paris, 1993.

Sievers 2000-2001 :
Sievers S., «Zur Rekonstruktion des Manchinger Wegenetzes», Berichte der Bayerischen Bodendenkmalpflege, 41-42, 2000-2001, p. 101-106.

Sievers 2003 :
Sievers S., *Manching: die Keltenstadt*, Konrad Theiss Verlag, Stuttgart, 2003.

Sievers 2010 :
Sievers S., «Die Wallgrabungen von Manching im Vergleich», dans Fichtl S. dir., 2010, p. 176-186.

Sievers et Schönfelder 2012a :

Sievers S., Schönfelder M., *Die Frage der Protourbanisation in der Einsenzeit, la question de la proto-urbanisation à l'âge du Fer, actes du 34ème colloque international de l'AFEAF du 13 au 16 mai 2010 à Aschaffenbourg*, GmbH, Bonn, 2012.

Sievers et Schönfelder 2012b :
Sievers S., Schönfelder M., *L'âge du Fer entre la Champagne et la vallée du Rhin, Die Eisenzeit zwischen champagne und Rheintal, 34ème colloque international de l'AFEAF du 13 au 16 mai 2010 à Aschaffenbourg*, RGZM, Mainz, 2012.

Sievers 2012 :
Sievers S., «Auf dem Weg zum Oppidum? Unbefestigte Grosssiedlungen.», dans *Die Welt der Kelten, Zentren der Macht, Kostbarkeiten der Kunst, Begleitband der Landesaussstellung*, Archäologisches Landesmuseum Baden-Württemberg, Landesmuseum Württemberg, Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart, Jan Thorbecke Verlag, Stuttgart, 2012, p. 345-354.

Sievers et al. 2012 :
Sievers S., Urban O., Ramsl P., *Lexikon zur keltischen Archäologie, 2 vol*., Verlag der Österreischen Akademie der Wissenschaften, Wien, 2012

Sievers 2013 :
Sievers S., Leicht M., Ziegaus B., *Ergebnisse der Ausgrabungen in Manching-Altenfeld 1996–1999,* Die Ausgrabungen in Manching, 18, Reichert Verlag Wiesbaden, 2013.

Skinner 1967 :
Skinner F. G., *Weights and measures*, London, 1967.

Smith 2007 :
Smith M., «Form and meaning in the earliest cities: a new approach to ancient urban planning», Journal of planning History, vol. 6, February 2007, p. 3-47.

Smith 2011 :
Smith M., «Empirical urban theory for archaeologists», Journal of Archaeological Method and Theory, 18, 2011, p. 167-192.

Stegmaier 2010 :
Stegmaier G., «Zur Entstehung, Datierung und Besiedlung der Heuneburg-Vorburg, Ergebnisse der Grabungen 2000 bis 2003», dans Krausse *D., F* 2010, p. 257-268.

Sugiyama 2010 :
Sugiyama S., «Teotihuacan city layout as a cosmogram: preliminary results of the Measurement Unit Study», dans Morley I., Renfrew C., 2010, p. 130-149.

Tannery 1887 :

Tannery P., *La Géométrie Grecque*, éditions Jacques Gabay, Sceaux, 1887.

Tannery 1930 :
Tannery P., *Pour l'Histoire de la science hellène, deuxième édition*, éditions Jacques Gabay, Sceaux, 1930.

Testart 2004 :
Testart A., «Mesure et société», dans Le Roux P., Sellato B., Ivanoff J., 2004, p. 9-20.

Toupet 2004 :
Toupet Ch., «Vers une géométrie des enclos quadrangulaires celtiques à partir du cas des enclos de Bruyères-sur-Oise (Val-d'Oise)», Bulletin archéologique du Vexin français, 36, 2004, p. 5-18.

Toupet 2005 :
Toupet Ch., «Vers une géométrie des enclos quadrangulaires du deuxième âge du Fer à partir du cas des enclos de Bruyères-sur-Oise (Val-d'Oise)», Bulletin 23, AFEAF, 2005, p. 49-52.

Trebsche et al. 2009 :
Trebsche P., Balzer I., Eggl Ch., *Architektur: Interpretation und Rekonstruktion: beiträge zur Sitzung der AG Eisenzeit wärend des 6. Deutschen Archäologie-Kongresses in Mannheim 2008, Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte Mitteleuropas, 55*, Bier & Beran, Langenweissbach, 2009.

Trebsche 2009 :
Trebsche P., «Folgt die Funktion aus der Form? Zu einer Methodik der Interpretation archäologischer Baubefunde», dans Trebsche P., Balzer I., Eggl Ch., 2009, p. 5-19.

Trebsche et al. 2010 :
Trebsche P., Müller-Scheessel, Reinhold S., *Der gebaute Raum, Bausteine einer Architektursoziologie vormoderner Gesellschaften,* Tübinger Archäologische Taschenbücher, 7, Waxmann, Münster/ New York / Munchen / Berlin, 2010.

Trebsche 2010 :
Trebsche P., *Eisenzeitliche Architektur in Oberösterreich: Entwurf einer Gebäudetypologie,* Fines Transire, 19, 2010.

Tréziny 1989 :
Tréziny H., *Question de métrologie architecturale massaliète,* Revue de Narbonnaise, tome 22, 1989, p. 1-46.

Tréziny 2004 :
Tréziny H., «Urbanisme grec, urbanisme indigène dans le Midi de la Gaule», dans Augusta-Boularot S. et Lafon X. dir., 2004, p. 65-77.

Tréziny 2010 :
Tréziny H., G*recs et indigènes de la Catalogne à la mer Noire, Actes des rencontres du programme*

européen Ramses (2006-2008), Bibliothèque d'Archéologie Méditerranéenne et Africaine, 3, 2010.

Tréziny 2012 :
Tréziny H., «Topography and Town Planning in Ancient Marseilles», dans Hermary A., Tsetskhladze G. R., *From the pillars of Hercules to the footsteps of the argonauts, Colloquia Antiqua, 4*, Peeters, Leuven-Paris-Walpole, 2012, p. 83-108.

Tùng 2008 :
Tùng N., «D'une colonisation à l'autre : deux poids et deux mesures au Vietnam?» dans Le Roux P., Sellato B., Ivanoff J., 2008, p. 441-459.

Urton 2010 :
Urton G., «Recording measure(ment)s in the Inka khipu», dans Morley I., Renfrew C., 2010, p. 54-68.

Valdés 2013 :
Valdés L., «El santuaro de Gastiburu (Arrazua, Vizcaya) y sus constructores», dans Krausz S., Colin A., Gruel K., Ralston I., Dechezleprêtre Th., 2013, p. 609-617.

Van Der Leuw et al. 2003 :
Van Der Leeuw S., Favory F., Fiches J.-L., *Archéologie et système sociio-environnementaux*, cnrs éditions, 2003.

Van Endert 1987 :
Van Endert D., *Das Osttor des Oppidums von Manching*, Stuttgart, Steiner, 1987.

Venclová 1998 :
Venclová N., *Mšecké Žehrovice in Bohemia. Archaeological background to a Celtic hero, 3rd-2nd cent. B.C.*, Sceaux, 1998.

Venclová 2002 :
Venclová N., «External contacts: visible and invisible», dans Lang A. et Salač V., 2002, p. 72-82.

Verger 2000 :
Verger S., *Rites et espaces en pays celte et méditerranéen, colloque, 1997*, Collection de l'école française de Rome, 276, Rome, 2000.

Verger 2008a :
Verger S., «Enterré dans le souvenir de la maison, à propos du tumulus 4 de la Heuneburg dans la haute vallée du Danube», dans Bartoloni G. dir., *Sepoltu tra i vivi, Buried among the living, evidenza ed interpretazione di contesti funeraru in abitato, 26-29 avril 2006*, Rome, 2008.

Verger 2008b :
Verger S., «540-520 Quelques synchronismes dans les relations entre l'Europe hallstattienne et

les cultures de la Méditerranée occidentale», dans Lehoërff A. dir., *Construire le temps, histoire et méthodes des chronologies et calendriers des derniers millénaires avant notre ère en Europe occidentale, Actes du XXXe colloque internationale de Halma-Ipel, 7-9 décembre 2006*, Lille, Collection Bibracte, 16, 2008, p. 251-274.

Villes 1982 :
Villes A., «Quelques exemples nouveaux de maisons protohistoriques circulaires sur le continent», dans Collis J., Duval A., Perichon R., *Le deuxième âge du Fer en Auvergne et en Forez et ses relations avec les régions voisines*, Université de Sheffield, Centre d'études Foréziennes, Saint-Etienne, 1982.

Vitrac 2010 :
Vitrac B., «Héron d'Alexandrie et le corpus métrologique: état des lieux», manuscrit auteur, journées d'études Géométrie(s), pratiques d'arpentage et enseignement: quels liens et dans quel contexte?, Paris, 2010.

Von Nicolai 2012 :
Von Nicolai C., «Die keltische Version der antiken Stadt, Die Oppida», dans *Die Welt der Kelten, Zentren der Macht, Kostbarkeiten der Kunst, Begleitband der Landesaussstellung*, Archäologisches Landesmuseum Baden-Württemberg, Landesmuseum Württemberg, Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart, Jan Thorbecke Verlag, Stuttgart, 2012, p. 357-358.

Wendling 2013 :
Wendling H., «Manching reconsidered: new perspectives on settlement dynamics and urbanization in Iron Age Central Europe», European Journal of Archaeology, 16 (3), 2013, p. 459-490.

Wendling et Winger 2014 :
Wendling H., Winger K., «Aspects of Iron Age Urbanity and Urbanism in Manching», dans Fernandez-Götz M., Wendling H., Winger K., 2014, p. 132-139.

Wiegert 2002 :
Wiegert M., *Der Hunnenring von Otzenhausen, Lkr. St. Wendel. Die Siedlungsfunde und Bebauungsstrukturen einer spätlatènezeitlichen Höhenbefestigung im Saarland., Int. Arch. 65*, Rahden/Westf., 2002

Wieland 1999a :
Wieland G., *Keltische Viereckschanzen, Einem Rätsel auf der Spur*, Konrad Theiss Verlag, Stuttgart, 1999.

Wieland 1999b :
Wieland G., *Die keltischen Viereckschanzen von Feldbach-Schmiden und Ehningen,* Forschungen und Berichte zur vor und Frühgeschichte in Baden-Württemberg, 80, Konrad Theiss Verlag,

Stuttgart, 1999.

Winger 2015 :
Winger K., *Baubefunde und Siedlungsentwicklung der Südumgehung im Oppidum von Manching,* Die Ausgrabungen in Manching 20, Römisch-Germanische Kommission des Deutschen Archäologischen Instituts zu Frankfurt am Main, 2015.

Yang 2008 :
Yang K.-L., «Mesurer et compter chez les Hmong du Laos. Aspects techniques, notions de précision», dans Le Roux P., Sellato B., Ivanoff J., 2008, p. 533-562.

Zeuthen 1902 :
Zeuthen H. G., *Histoire des Mathématiques dans l'Antiquité et le Moyen-âge*, traduit par Mascart J., Gauthier-Villars, Paris, 1902.

Zippelius 1954
Zippelius, A., «Das vormittelalterliche dreischiffige Hallenhaus in Mitteleuropa», *Bonner Jahrbücher*, *153*, 1953, p. 13-45.

Rémy WASSONG

Architectures et métrologie en Europe celtique entre le VIIe et le Ier siècle avant notre ère.

Résumé

Ce travail de recherche propose d'étudier l'architecture celtique sous l'angle de la métrologie et de la géométrie en se concentrant sur un corpus de quinze sites bien connus grâce à des fouilles extensives. Les sites traités dans le cadre de cette étude couvrent une vaste zone géographique, allant de la Grande-Bretagne à la République Tchèque. Ces études systématiques nous permettent de présenter un premier aperçu des techniques et des savoirs utilisés dans la construction des édifices à l'âge du Fer en Europe celtique.

Cette thèse s'articule autour de trois chapitres. Le premier d'entre eux est consacré à la présentation des cadres de l'étude, des termes du sujet et des problématiques. Le second chapitre présente la méthodologie employée. il se poursuit ensuite pas l'étude détaillée des unités architecturales site après site et phase par phase. Une synthèse générale concernant la métrologie et la géométrie architecturale de l'âge du Fer constitue le dernier chapitre. Le second volume de ce travail rassemble l'ensemble des plans de sites et d'édifices traités dans le cadre de l'étude.

Mots-clés : âge du Fer, architecture, habitat, métrologie, géométrie, savoir-faire, savoir.

Summary

This thesis aims to study celtic architecture with a metrological and geometrical point of view. To do so, fifteen well excavated settlements were selected. These latter cover a large geographical scale, going from Great Britain to the Czech Republic. The systematic studie of these settlements allows us to offer un first glance of the techniques and knowledge used in the making of buildings during the iron Age in celtic Europe.

This thesis contains three chapters. The first one presents the history of celtic architecture and metrological research, defines the terms of the study and questions to be answered. The second chapter is dedicated to the detailed analysis of the architectural units site by site and stage by stage after the presentation of the methodological aspects of this work. The third chapter consist in a synthesis about metrology and geometry during the iron Age. The second volume of this work gathers all the plans of each settlement and each building studied.

Key-words : iron Age, architecture, settlement, metrology, geometry, know-how, knowledge.

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

ÉCOLE DOCTORALE 519

UMR 7044 - Archimède

THÈSE présentée par :

Rémy WASSONG

soutenue le : **19 mars 2018**

pour obtenir le grade de : **Docteur de l'université de Strasbourg**

Discipline/ Spécialité : Archéologie Protohistorique

Architectures et métrologie en Europe celtique entre le VIIe et le Ier siècle avant notre ère.

Volume II : Catalogue

THÈSE dirigée par :

Madame ADAM Anne-Marie Professeure émérite, université de Strasbourg
Monsieur FICHTL Stephan Professeur, université de Strasbourg

RAPPORTEURS :

Monsieur BUCHSENSCHUTZ Olivier Directeur de recherche émérite, CNRS, Ecole Normale Supérieur
Monsieur MORET Pierre Directeur de recherche, CNRS, université Toulouse Jean Jaurès

---

AUTRES MEMBRES DU JURY :

Monsieur GARCIA Dominique Professeur, Président de l'INRAP

TABLE DES MATIÈRES

Remarques introductives au catalogue *4*
Acy-Romance *5*
Batilly-en-Gâtinais *17*
Bundenbach *22*
Corent *33*
Ehningen *38*
Entremont *41*
Goldberg *43*
Gournay-sur-Aronde *51*
Hayling Island *55*
Heuneburg *59*
Lattara *88*
Manching *90*
Mšecké Žehrovice *97*
Riedlingen *100*
Roseldorf *104*
Verduron *107*

REMARQUES INTRODUCTIVES AU CATALOGUE

Les sites étudiés sont présentés par ordre alphabétique. Dans un premier temps, une fiche présente rapidement le site concerné, ainsi que la bibliographie y faisant référence. Les ouvrages cités renvoient à la bibliographie générale.

S'en suit ensuite le plan de masse. Celui-ci a été redessiné par nos soins dans les cas où cela s'avérait nécessaire et/ou possible (Bundenbach, Ehningen, Goldberg, Grounay-sur-Aronde, Haylling Island, Heuneburg, Lattara, Mšecké Žehrovice, Riedlingen). Cette reprise des plans a permis de faire le tri entre les données brutes et les données restituées, qui ont été par la suite exclues de l'étude afin de se rapprocher au mieux des informations recueillies sur le terrain. Dans les cas où un phasage général du site est disponible, chaque état est présenté séparément suivi par les planches comprenant les bâtiments étudiés se rattachant à la phase en question (Bundenbach, Corent, Goldberg, Heuneburg). Les plans de bâtiments sont tous (sauf mention contraire) orientés avec le nord vers le haut de la page.

ACY-ROMANCE

Présentation du site :

Le site d'Acy-Romance, «La Warde» (Ardennes) a été fouillé entre 1988 et 2003 sous la direction de Bernard Lambot. Il s'agit d'une agglomération ouverte dont la fondation remonte à La Tène C1 et mesurant environ 15 hectares de superficie. La quasi-totalité de l'habitat a pu faire l'objet d'une fouille. Le site est entouré par des nécropoles de l'âge du Bronze et de La Tène ancienne. Un tumulus datant du Bronze final aurait été le point de départ de la planification de l'ensemble de l'habitat et de sa division en quartiers aux activités distinctes et spécialisées. L'habitat comporte également trois espaces vides dont on ne connaît pas de système de délimitation ainsi qu'un enclos palissadé en quartier d'orange dont la superficie cumulée approche des 8 hectares. Les bâtiments présentent souvent de nombreuses phases de reconstruction. Des sépultures de personnes inhumées assises ont été retrouvées à proximité de la place et d'un quartier interprété comme un complexe religieux.

Bibliographie :

Bocquillon, 2012

Friboulet, 1997

Lambot, 1989 a

Lambot, 1989 b

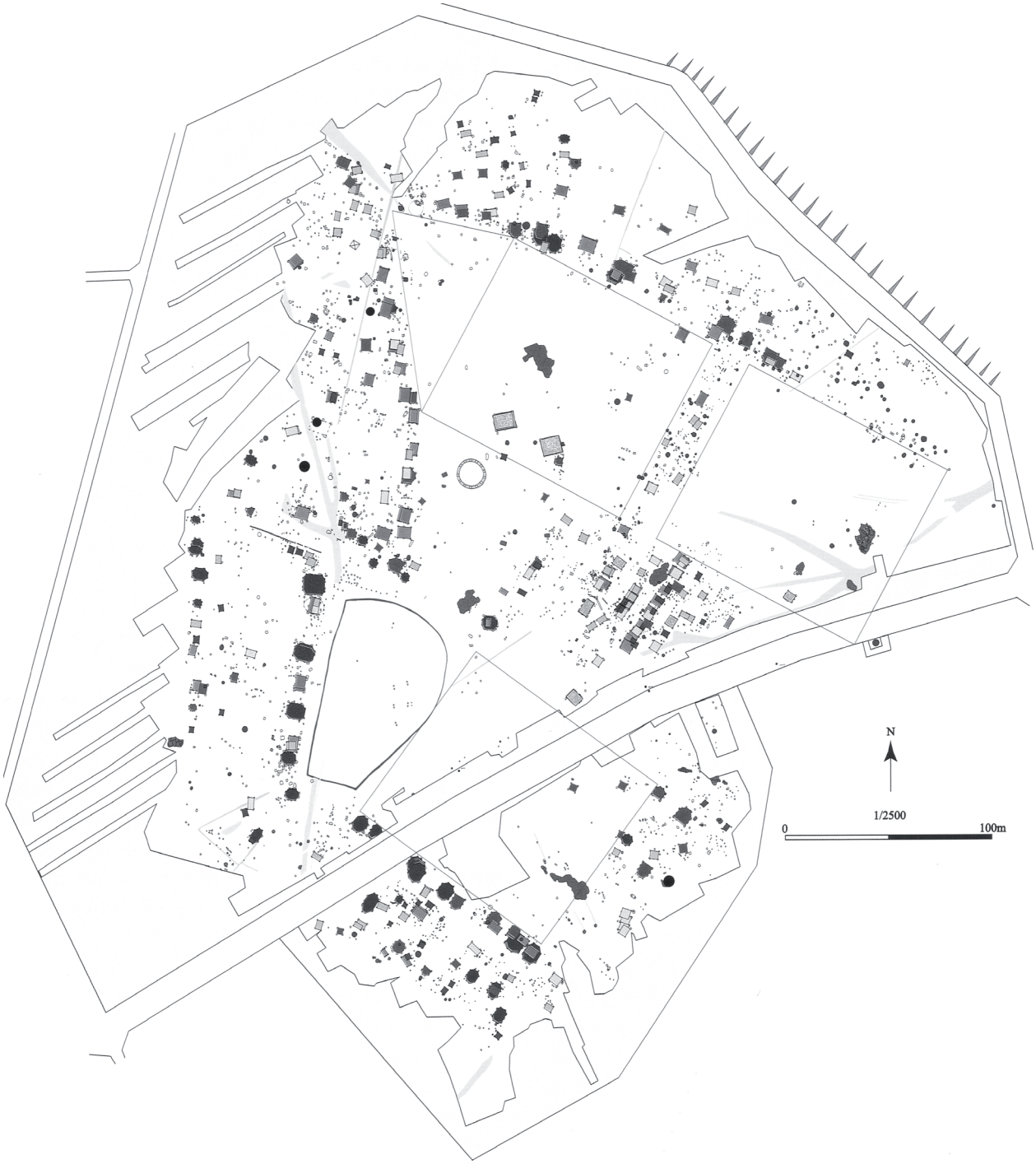
Lambot et Méniel, 1992

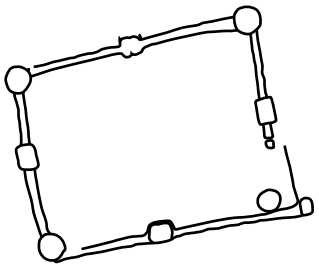
Lambot, Friboulet et Méniel, 1994

Lambot, 2000

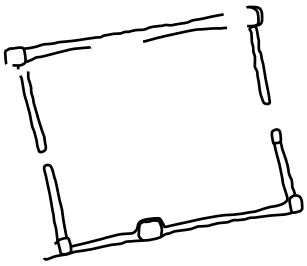
Lambot, 2002 a

Lambot, 2002 b

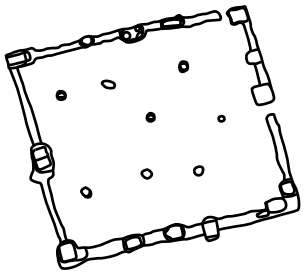

N
1/2500
0
100m



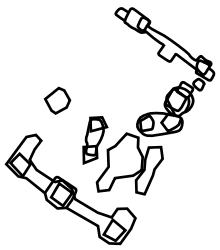
203.12



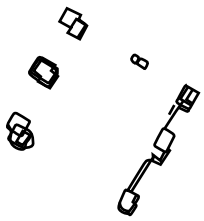
203.13



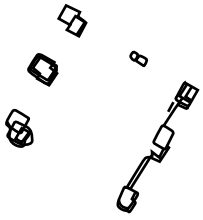
304.1



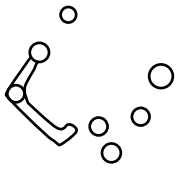
304.19



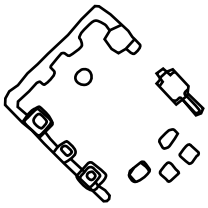
404.05



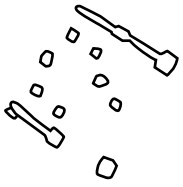
404.04



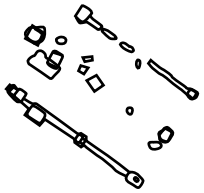
306.01



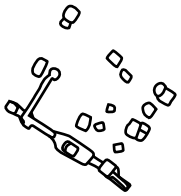
404.08



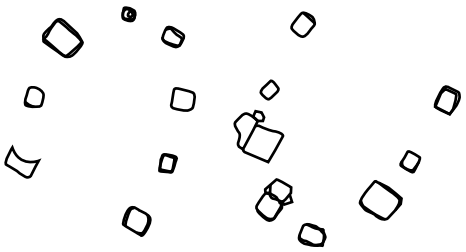
305.30



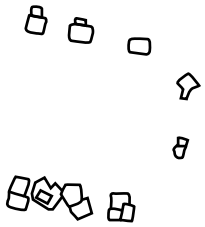
304.11



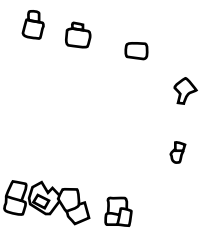
305.24



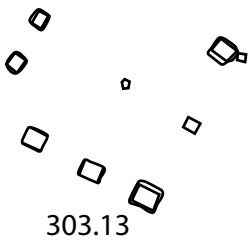
205.13 206.02



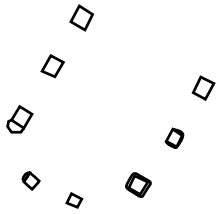
303.05



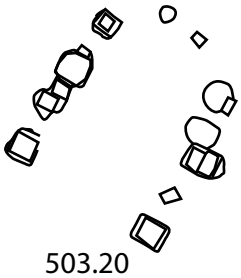
303.06



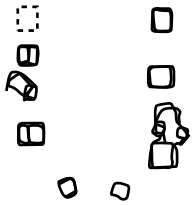
303.13



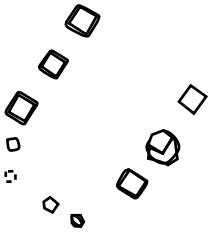
503.18



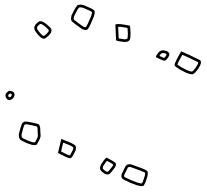
503.20



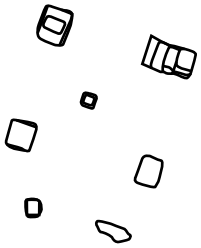
103.18



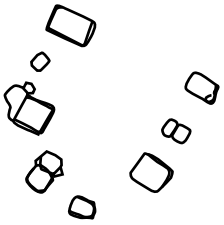
505.03



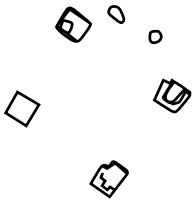
102.01



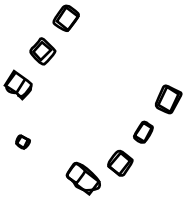
104.10



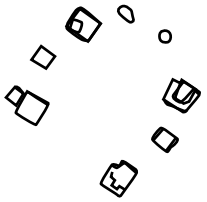
206.01



405.02

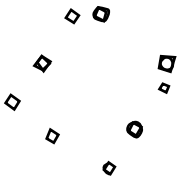


503.42

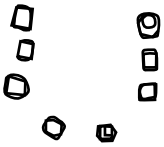


405.03

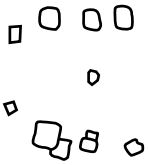
503.38



503.39

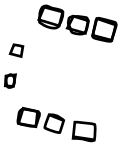


104.06

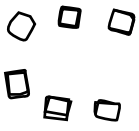


203.09

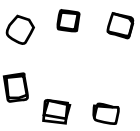
304.07



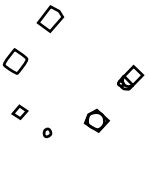
401.04



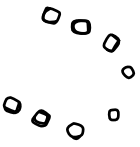
303.18



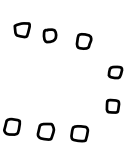
303.19



503.29

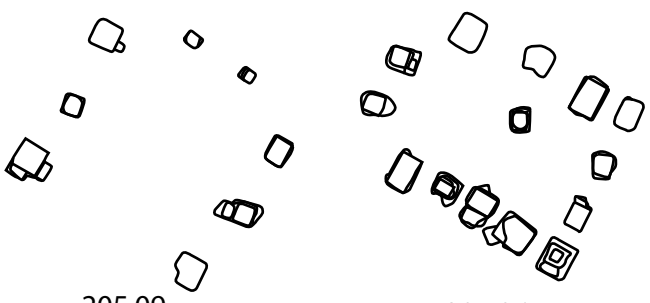


202.11

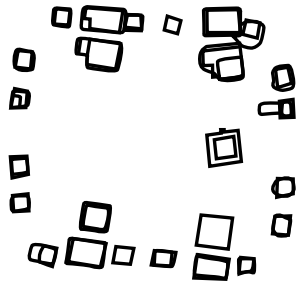


302.03

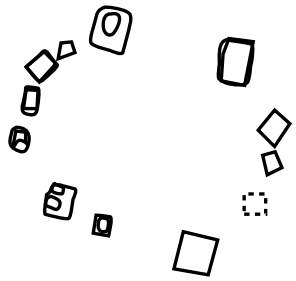
304.02



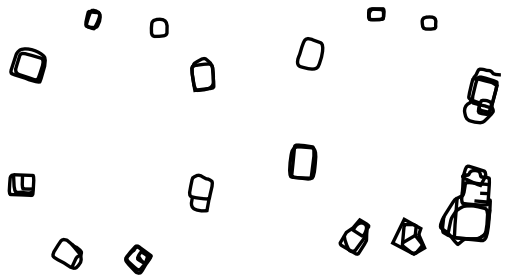
205.09 204.06



302.16

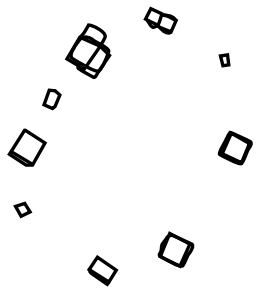


402.02

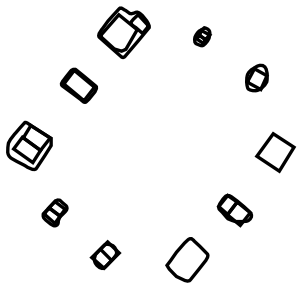


204.01

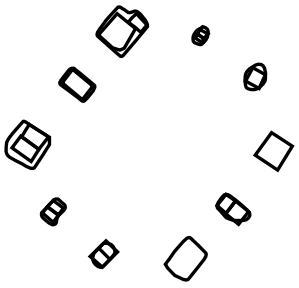
204.02



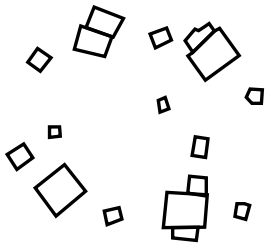
504.09



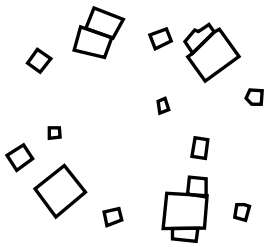
503.40



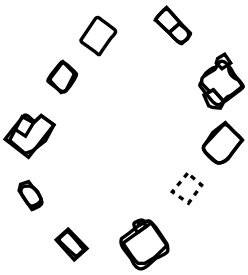
503.41



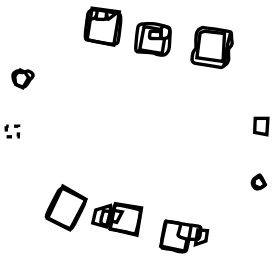
402.05



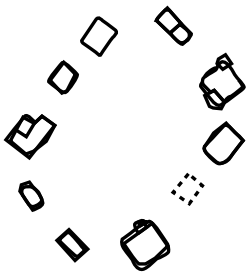
402.06



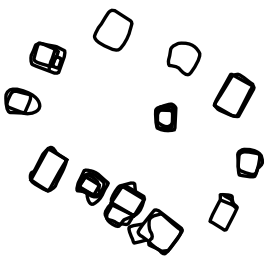
503.05



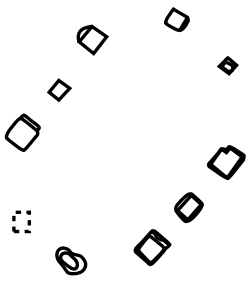
302.17



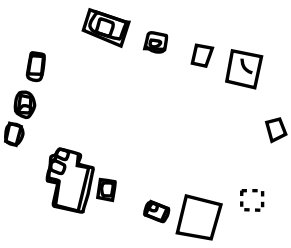
503.04



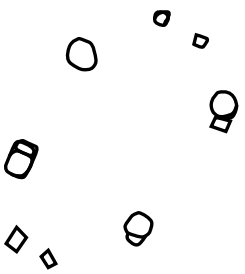
204.07



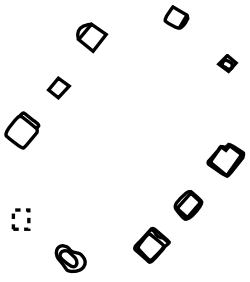
405.05



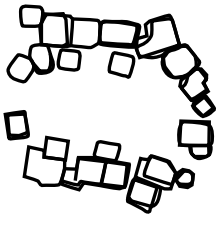
402.01



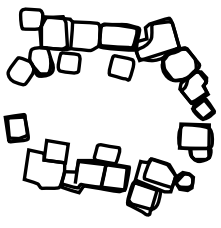
502.02



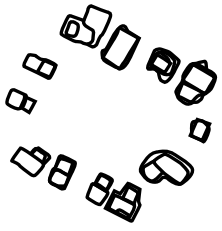
405.04



303.20

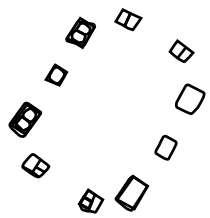


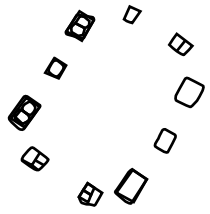
303.21

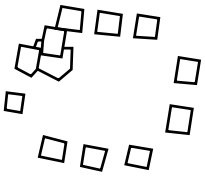


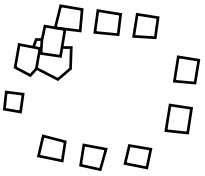
204.08

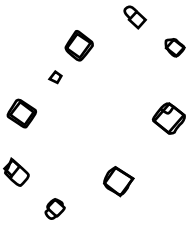
0 10m

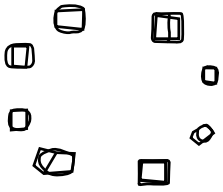

503.36

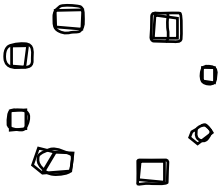

503.37

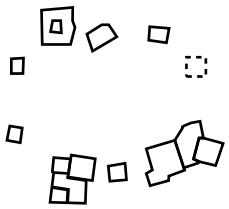

402.12

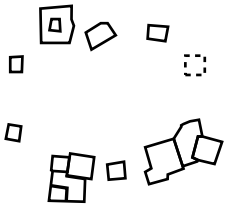

403.13

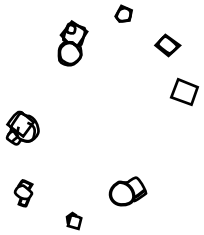

501.01

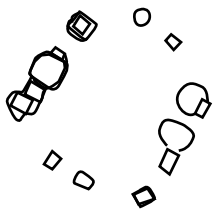

301.09

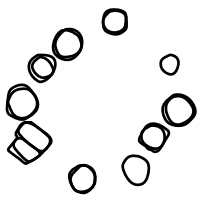

301.10

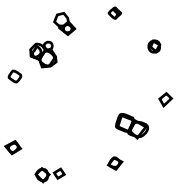

402.10

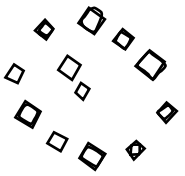

402.11

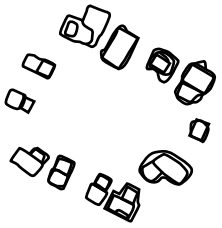

503.33

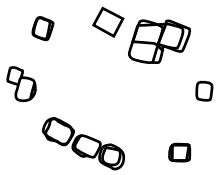

503.19

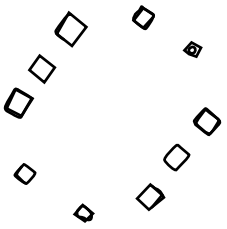

503.22

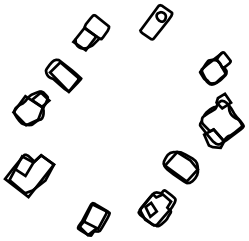

503.34

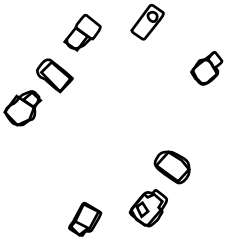

301.01

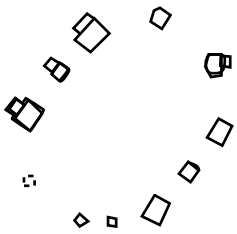

204.09

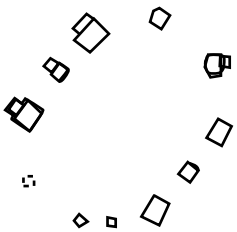

202.10

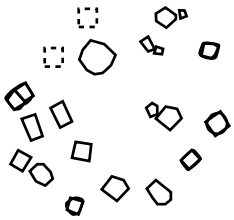

503.01

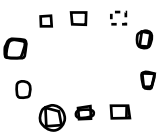

503.03

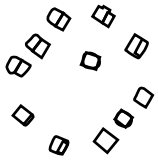

503.02

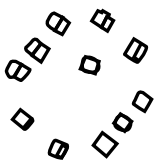

503.16


503.17

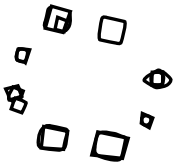

402.14


104.03

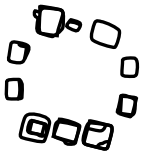

504.01



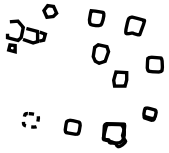
504.02



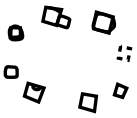
301.06



302.07

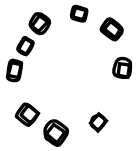


302.06

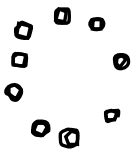


301.04

301.05



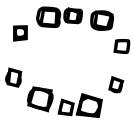
302.10



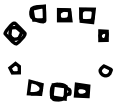
302.15

301.07

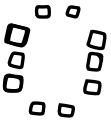
503.06



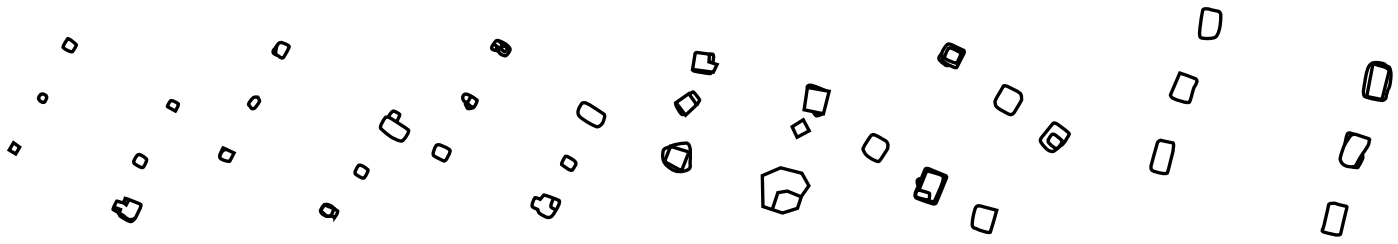
301.11



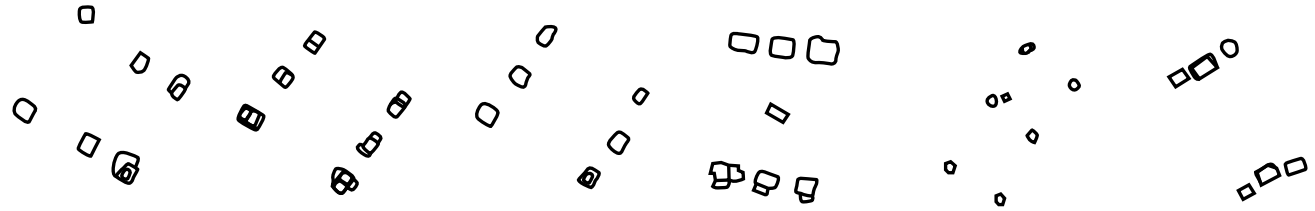
401.07



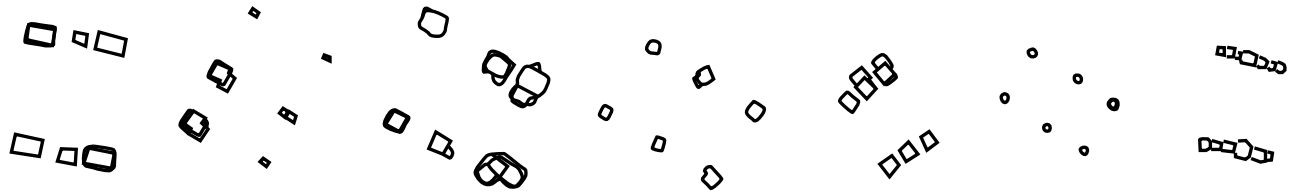
103.06



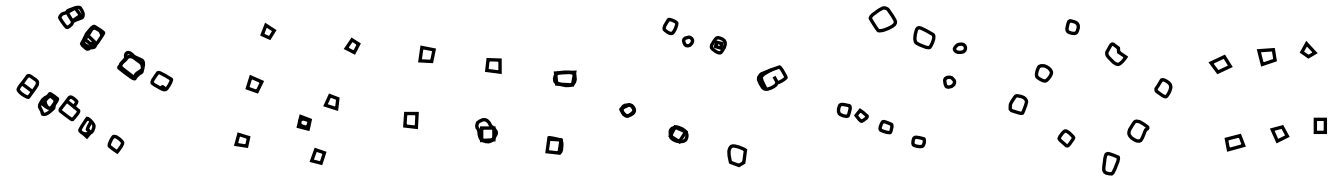
305.10 305.09 305.11 205.01 305.08 204.04



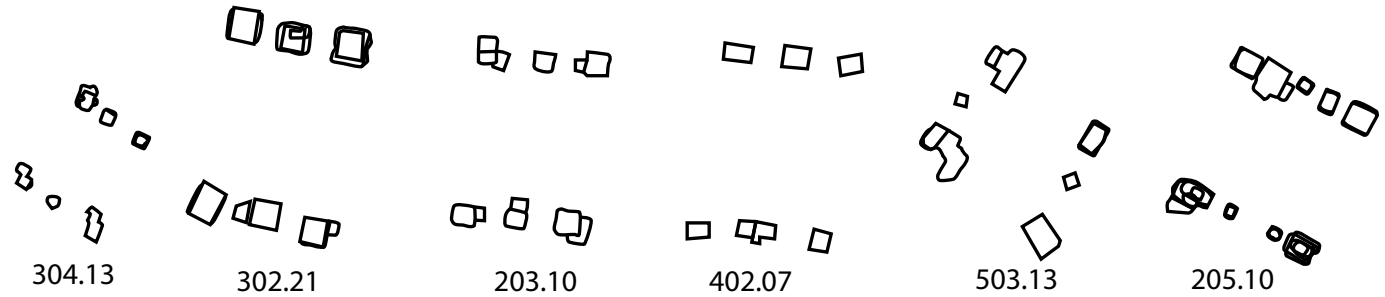
305.23 304.35 305.22 303.01 305.34 503.24



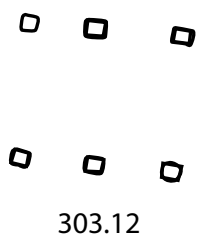
401.05 404.01 204.10 304.29 502.09 303.17 302.05



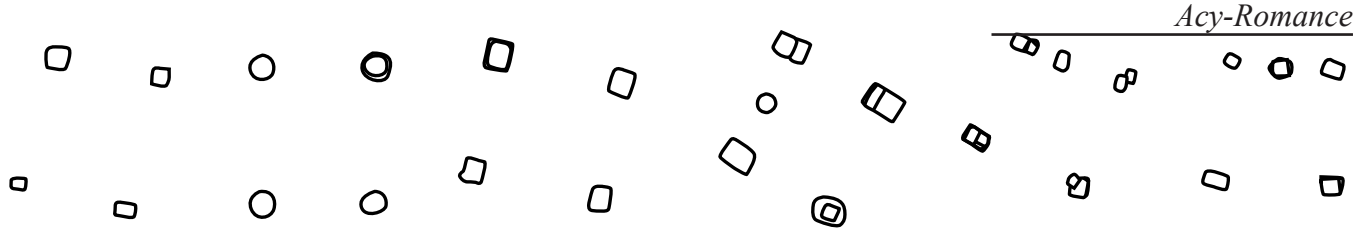
304.34 401.02 301.02 304.06 202.12 305.18 104.04



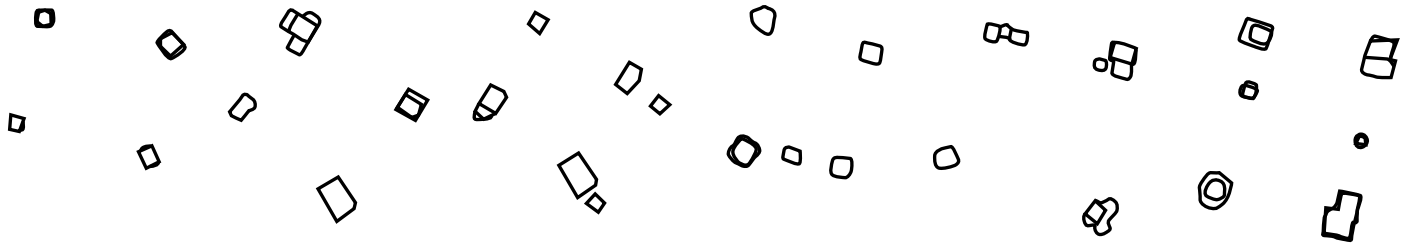
304.13 302.21 203.10 402.07 503.13 205.10



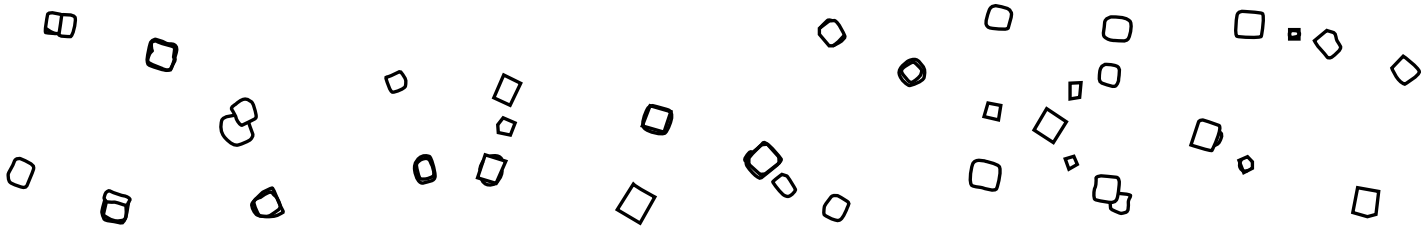
303.12



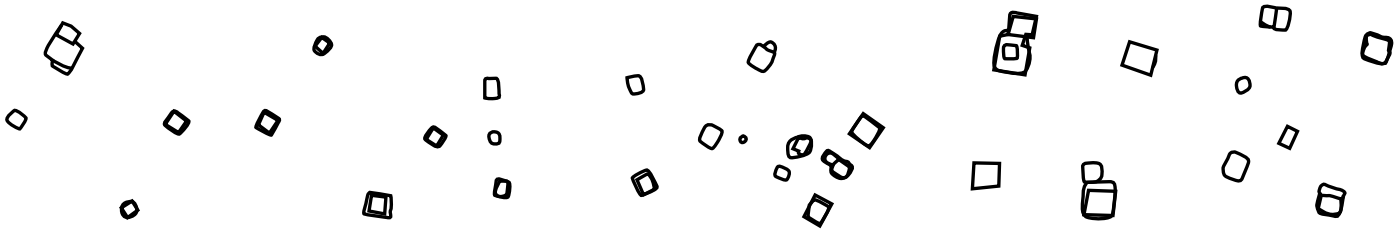
202.16 202.13 203.05 205.11 305.03 203.03



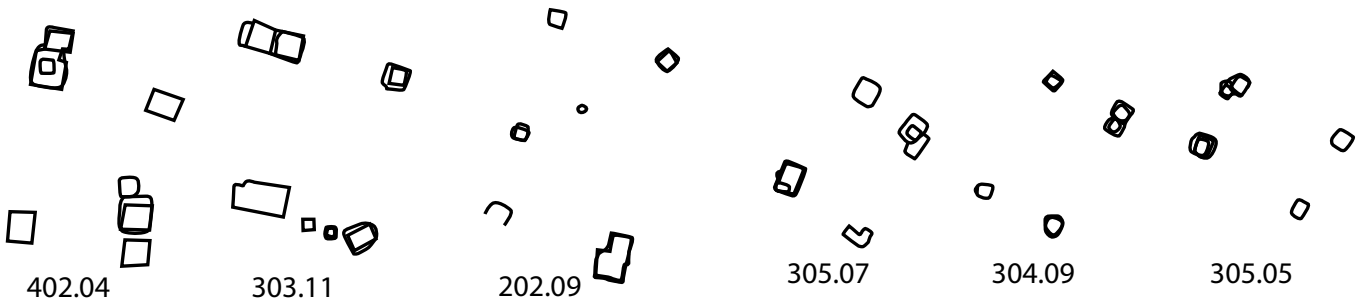
104.08 503.14 503.15 202.17 302.01 202.08



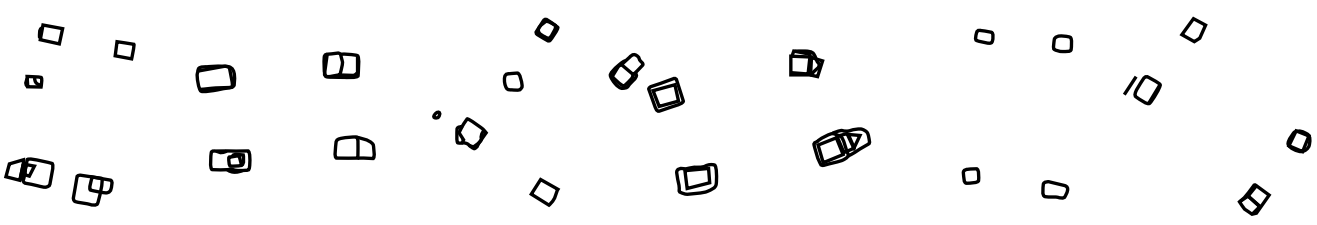
202.06 103.12 205.08 205.14 203.07 302.08



504.08 503.21 103.13 304.16 402.03 202.05

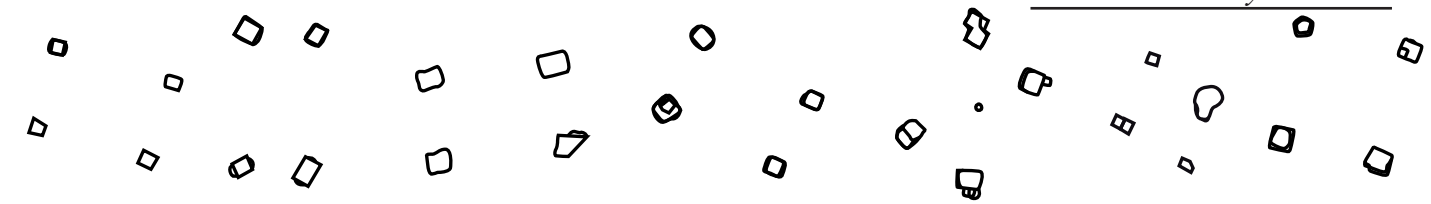


402.04 303.11 202.09 305.07 304.09 305.05

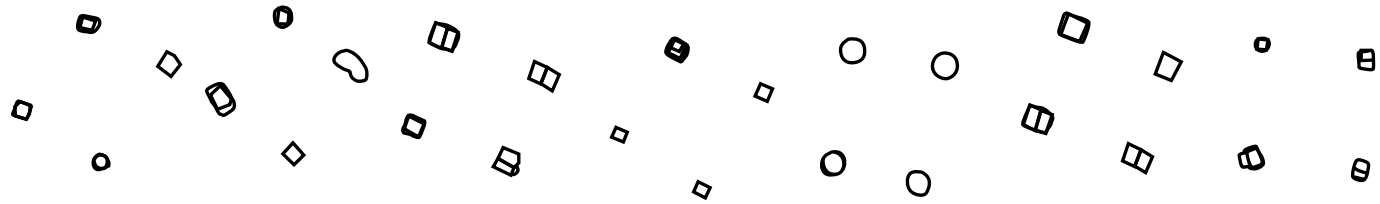


302.18 103.16 304.32 202.19 302.04 503.27

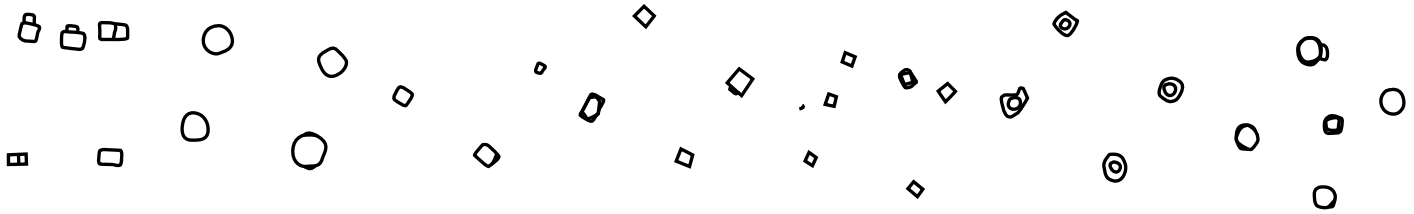
0 10m



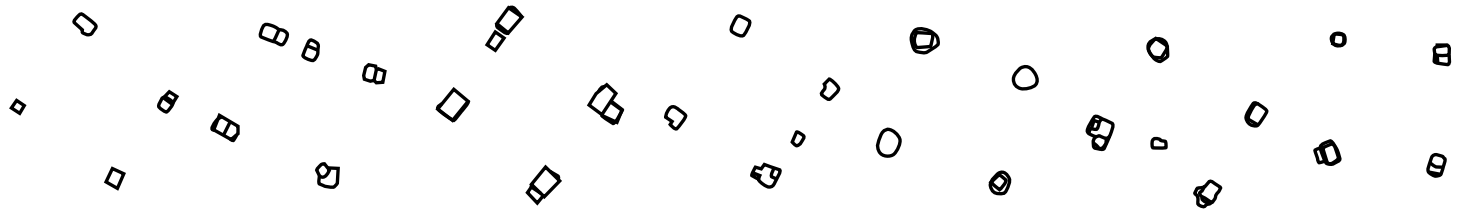
401.03 401.10 103.11 206.05 304.18 504.03 102.07



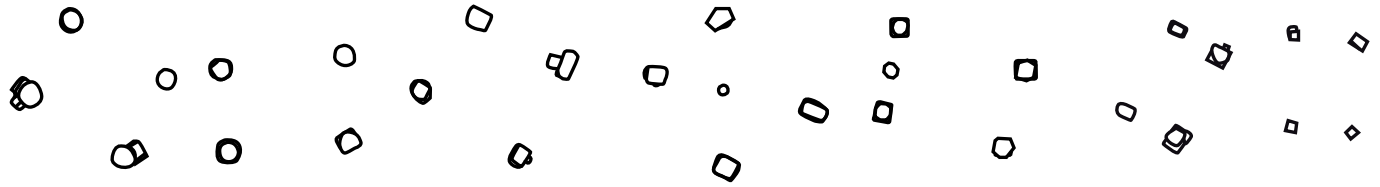
504.07 404.06 504.06 405.01 401.06 504.05 203.02



303.07 104.09 305.27 205.02 504.04 305.14 102.04

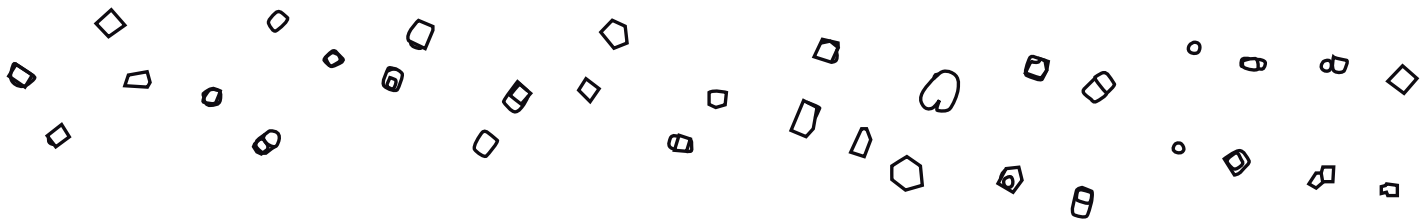


304.36 305.04 504.11 305.12 204.11 304.26 203.01



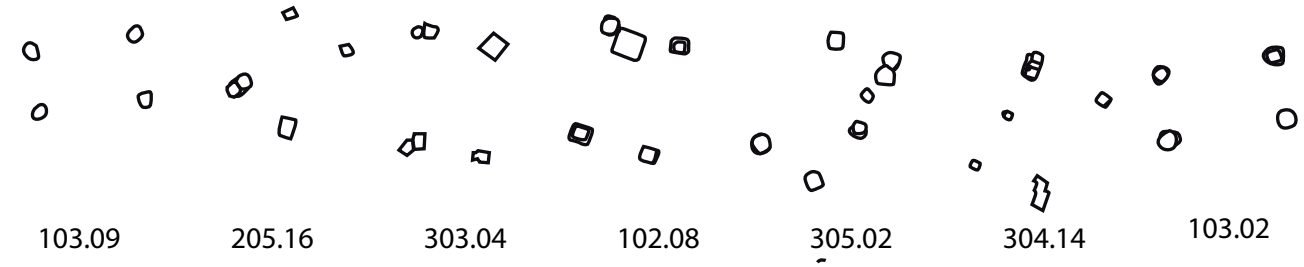
503.32 103.14 304.24 202.07 205.06 304.15 301.08

305.31 104.05 304.21 206.04 205.03 304.04 302.19 202.03

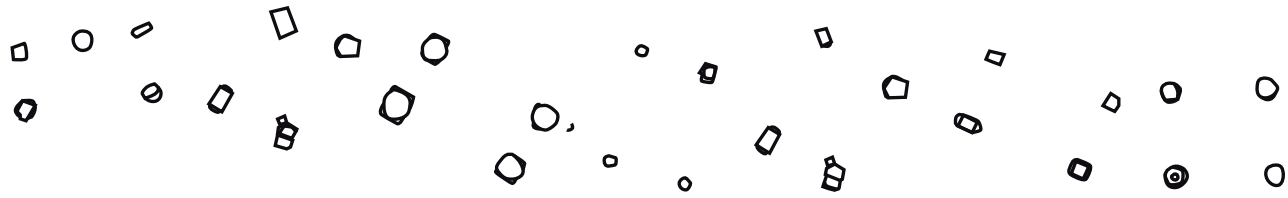


304.20 205.15 305.06 502.01 205.04 203.04 102.10 303.03

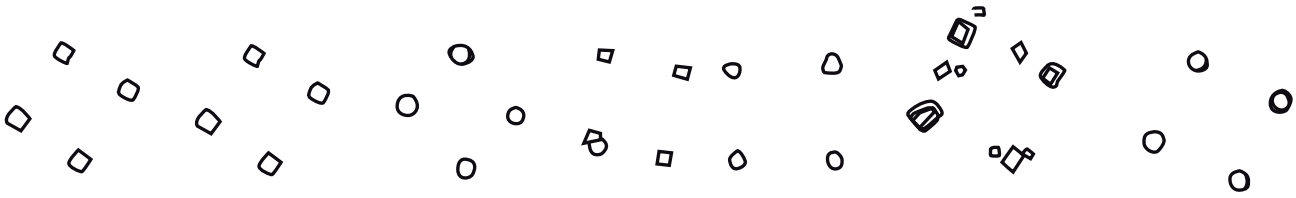
0 10m



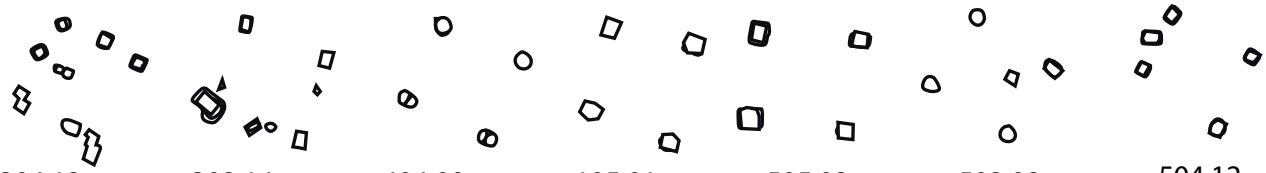
103.09 205.16 303.04 102.08 305.02 304.14 103.02



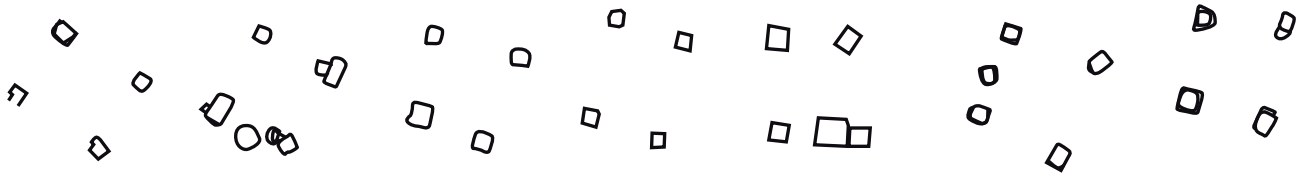
103.05 503.10 105.02 204.03 503.09 502.03 103.15



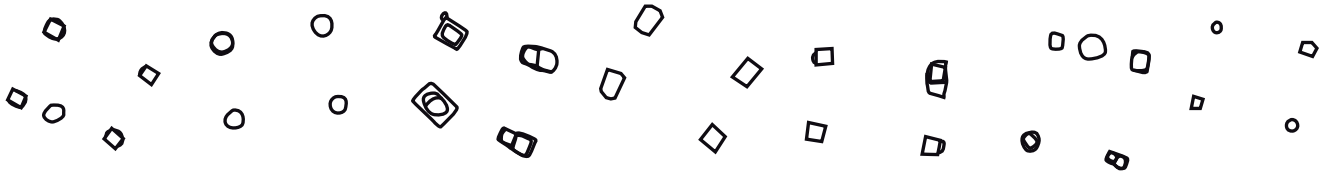
305.19 305.20 503.28 301.03 103.08 302.15 404.10



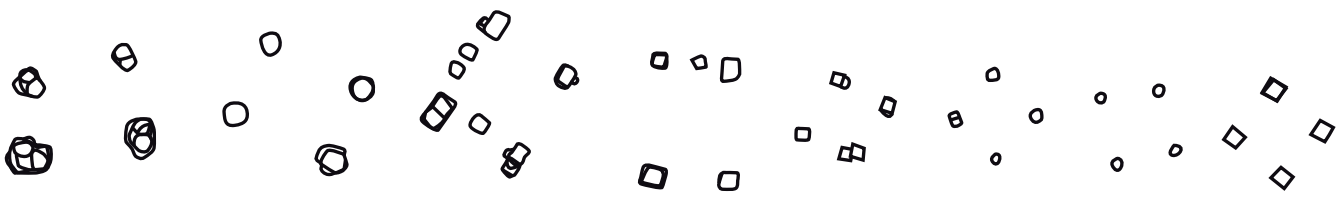
304.12 302.14 404.09 105.01 505.02 503.08 504.12



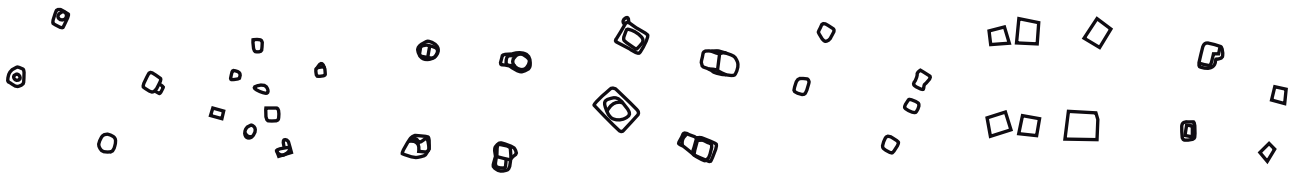
304.28 304.23 203.06 502.04 402.09 304.05 102.06



303.14 103.07 102.14 502.07 301.13 102.09 205.07

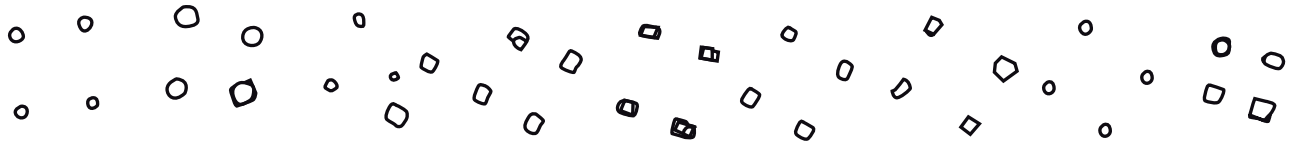


102.02 305.28 304.25 202.04 503.26 303.09 103.01 603.01

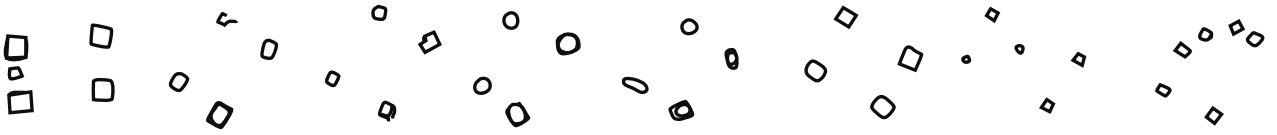


305.15 304.22 102.12 102.13 305.32 402.08 302.13

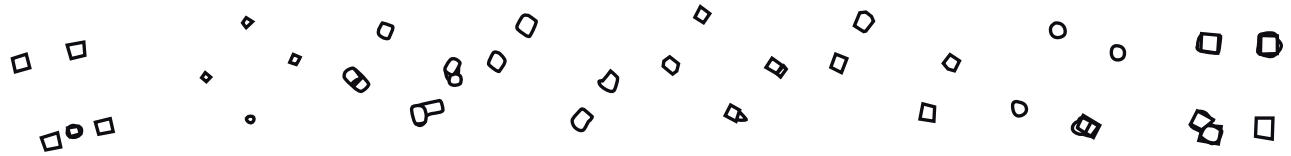
202.15 304.33 503.23 104.01 103.10 303.16 503.25 404.03 205.05



505.01 502.05 305.29 305.17 302.12 305.16 503.35 302.09 104.02



103.03 304.31 304.27 304.03 405.07 206.06 304.10 305.13



401.11 503.31 304.08 305.21 503.12 502.06 404.11 401.01

102.05 501.02 401.08 104.07 503.30 207.01 401.09 304.37 202.14

204.12 301.12 205.17 302.02 502.08 503.07 503.11 103.04 305.26

302.11 305.33 304.30 405.06

BATILLY-EN-GÂTINAIS

Présentation du site :

Le site de Batilly-en-Gâtinais, « Les Pierrières » (Loiret) est un habitat rural aristocratique datant du IIe et du Ier siècles avant notre ère. Il était connu par des photographies aériennes de Dominique Chesnoy et a fait l'objet d'une fouille préventive dirigée par Sophie Liégard entre 2005 et 2007 suite à la construction de l'autoroute A19. De nouvelles campagnes de fouilles programmées ont par la suite eu lieu sous la direction de Stephan Fichtl en 2008, et entre 2010 et 2014 (conjointement avec Émilie Roux en 2011). Il s'agit d'un habitat avec deux enclos emboîtés d'une superficie de près de 20 hectares dont plus de 7 hectares ont à ce jour été explorés. Le plan de l'établissement rappelle celui des villas de la période romaine avec une séparation entre une pars urbana et une pars rustica. À l'extérieur du site, cinq inhumés assis ont été découverts lors de la fouille menée par l'équipe de l'INRAP. Le site s'inscrit dans un terroir plus vaste avec 18 autres sites potentiellement protohistoriques, dont un, « La Porte de Puiseaux » à Boynes, a fait l'objet d'une fouille en 2010.

Bibliographie :

Cony et Wassong, 2014

Fichtl, 2009

Fichtl, 2010

Fichtl, 2012

Fichtl, 2013 a

Fichtl, 2013 b

Fichtl et al., 2008

Fichtl et al., 2010

Fichtl et al., 2011

Fichtl et al., 2012 a

Fichtl et al., 2012 b

Fichtl et al., 2013

Fichtl et al., 2014

Fichtl et al., 2015

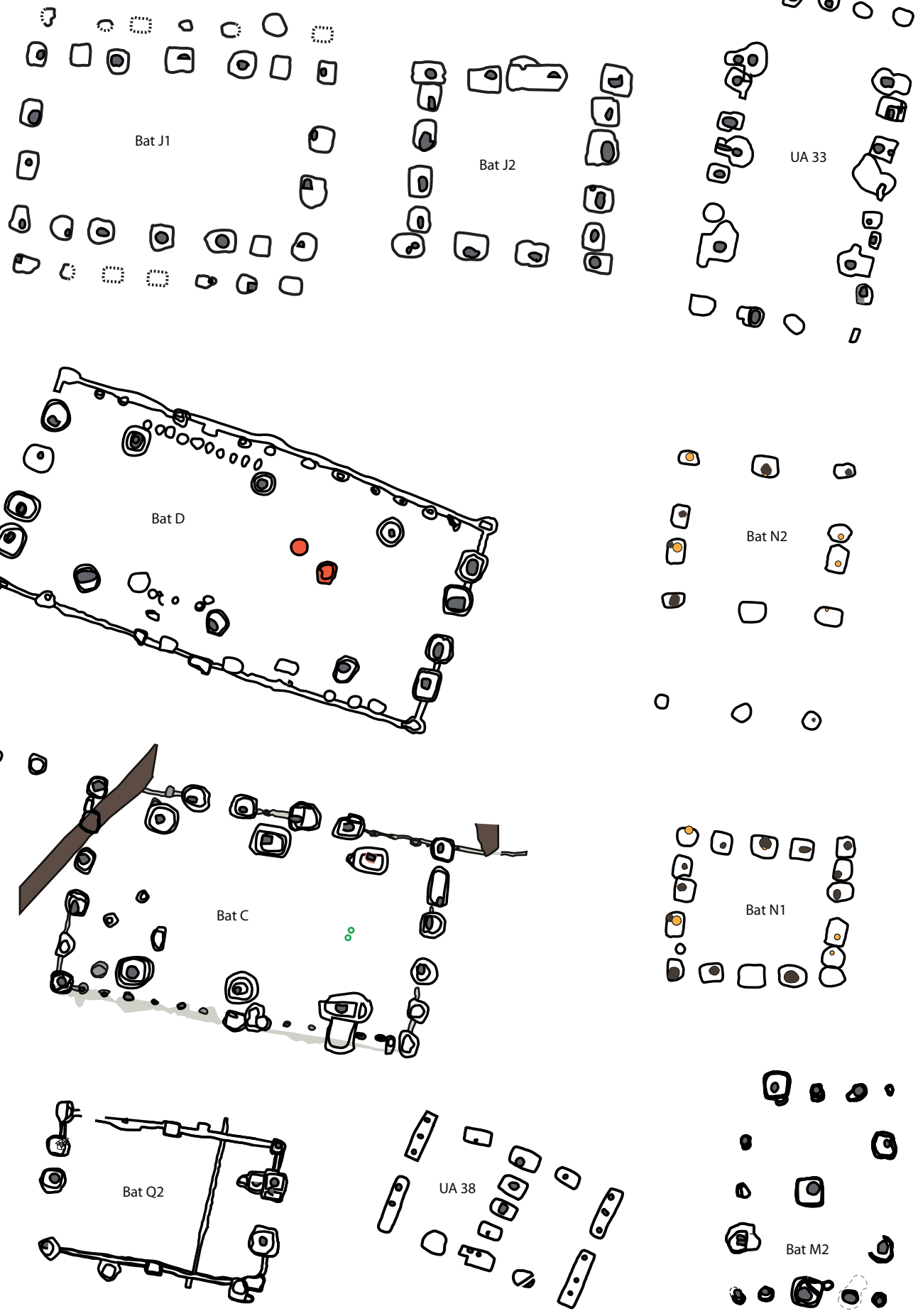
Fichtl et al., 2016

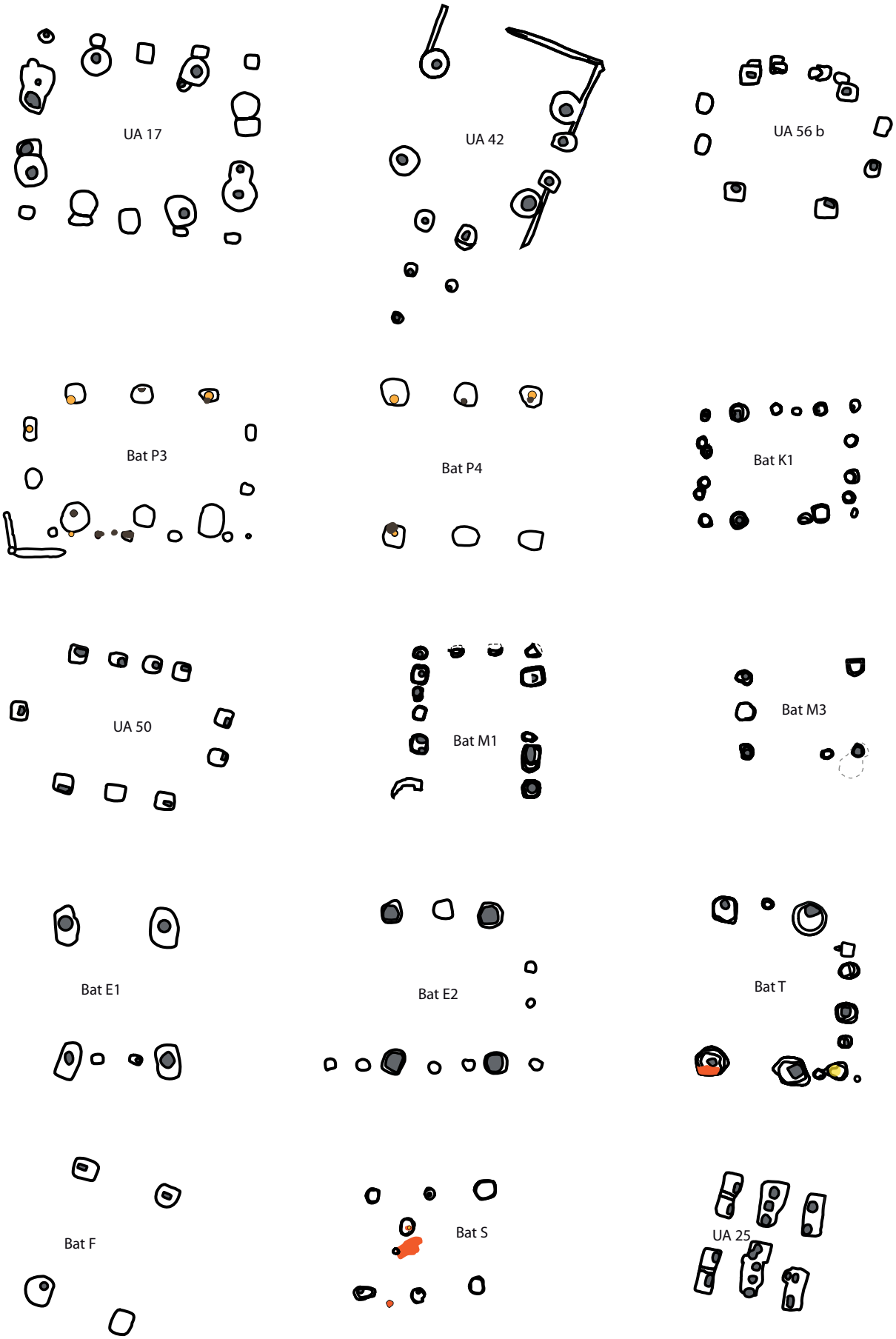
Liégard (dir.), à paraître

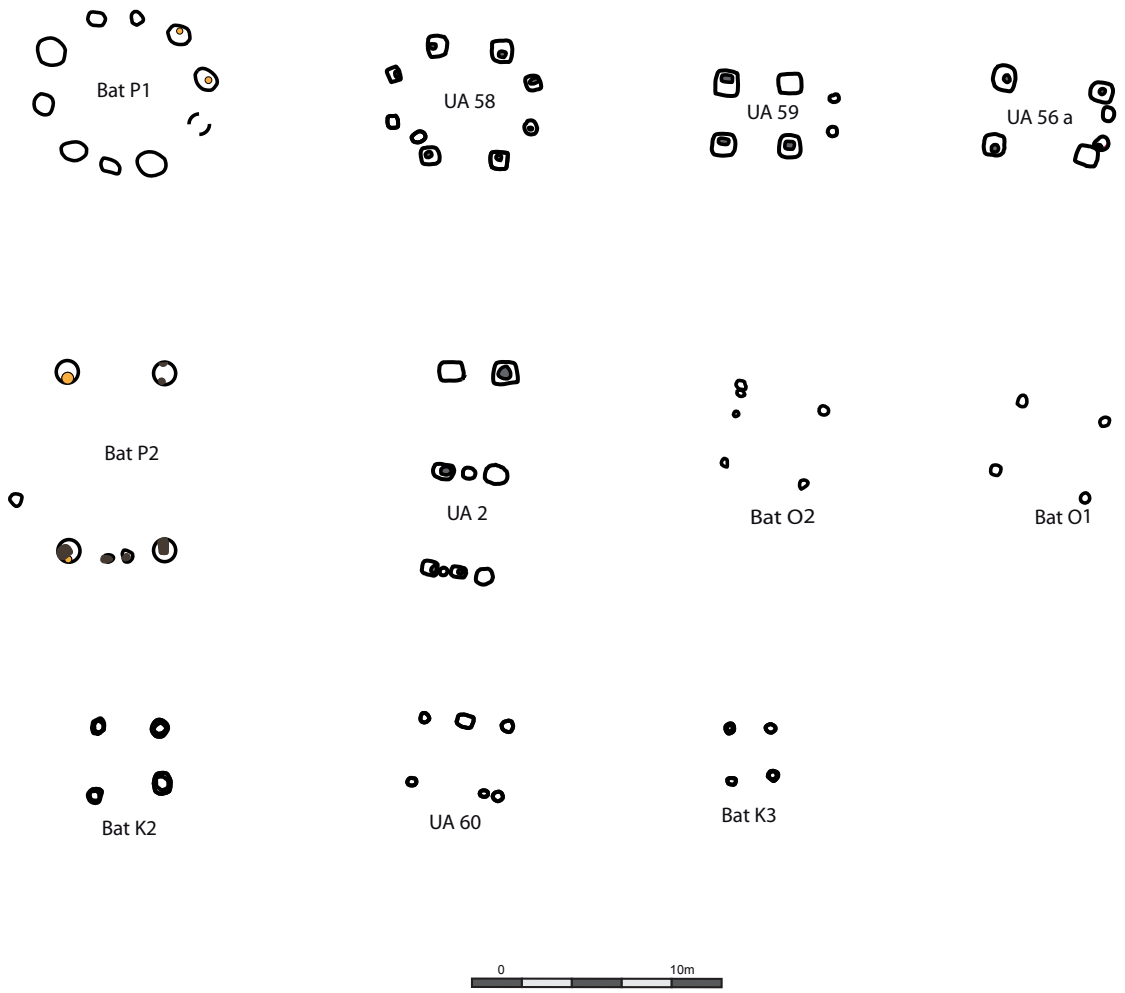
Robert, 2009

Roux, 2011

100 m
0
N
SF 2011
SF 2012
ER 2011
SL 2006-07
SF 2008
SF 2013
SF 2016
SF 2015
SF 2014
A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
M
N
P
Q


Bat J1
Bat J2
UA 33
Bat D
Bat N2
Bat C
Bat N1
Bat Q2
UA 38
Bat M2
0
10m


UA 17
UA 42
UA 56 b
Bat P3
Bat P4
Bat K1
UA 50
Bat M1
Bat M3
Bat E1
Bat E2
Bat T
Bat F
Bat S
UA 25
0
10m


Bat P1
UA 58
UA 59
UA 56 a
Bat P2
UA 2
Bat O2
Bat O1
Bat K2
UA 60
Bat K3
0
10m

BUNDENBACH

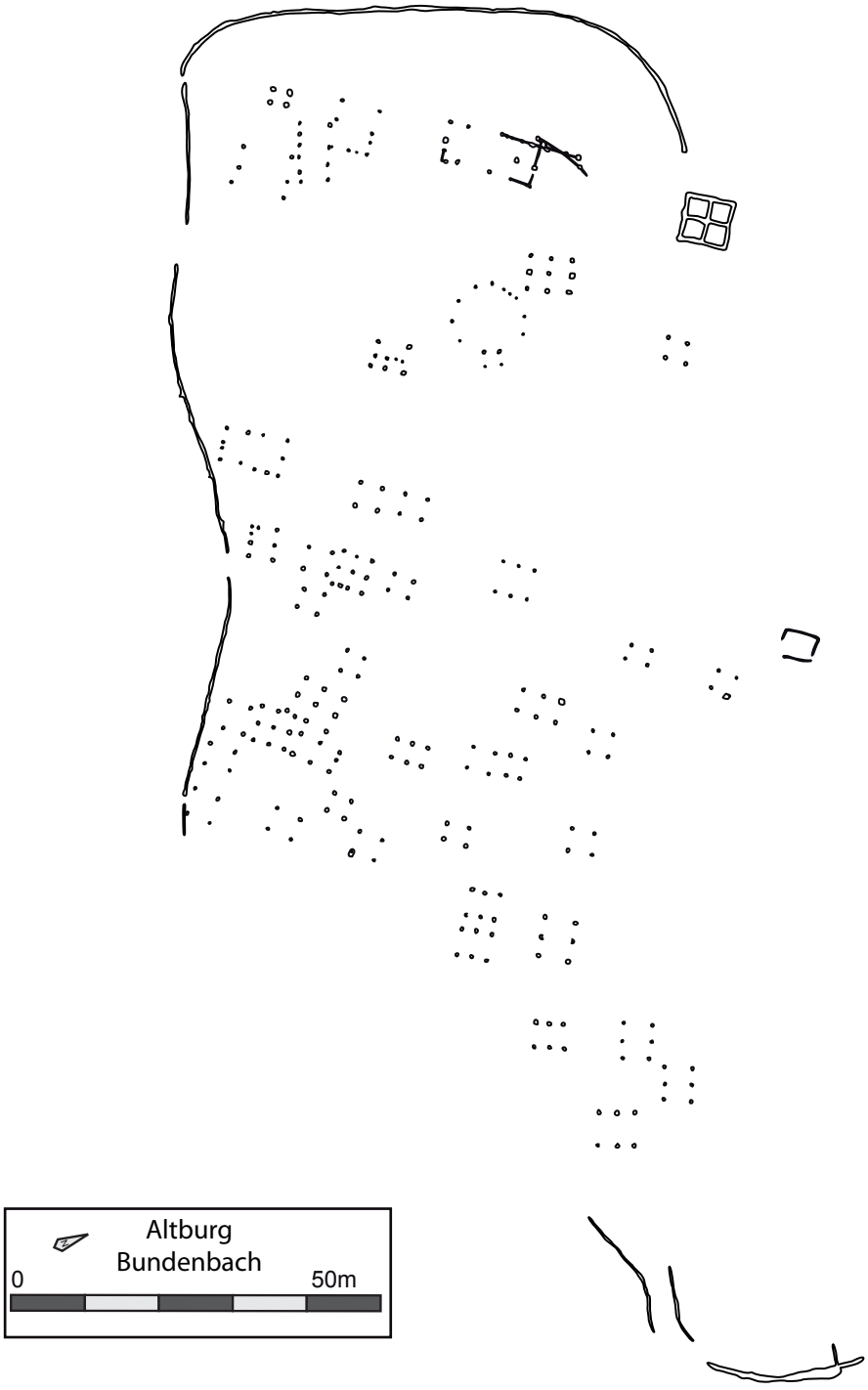
Présentation du site :

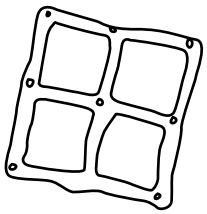
L'Altburg de Bundenbach (Rheinland-Pfalz, Allemagne) est un habitat fortifié de hauteur couvrant une superficie de 1,5 hectare. Il a été fouillé en quasi-totalité entre 1890 et 1894 par F. Back puis entre 1971 et 1975 par K.-H. Koch. Le site a été occupé entre 170 et 50 avant notre ère environ et présente au moins trois phases d'aménagement. Ces datations sont basées sur des analyses dendrochronologiques. Durant la première phase, le site est délimité par une palissade. Une porte monumentale construite sur sablière basse permet d'accéder à l'habitat. Au cours de la seconde phase, un enclos intérieur est aménagé dans la partie ouest du site. De nombreux plans de bâtiments correspondant vraisemblablement à des greniers et à des habitations ont pu être identifiés aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de cet enclos. Le rempart est désormais construit en pierre et en bois. Il s'agit de la phase d'apogée du site, mise en place aux alentours de 130 à 120 avant notre ère et qui présente la plus dense concentration de constructions. Suite à un incendie, une nouvelle phase d'habitation est mise en place vers 70 avant notre ère, l'architecture du rempart est légèrement remaniée, l'enclos intérieur est abandonné et le nombre de constructions au sein du site diminue fortement.

Bibliographie :

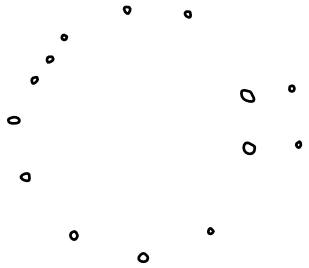
Schindler, 1977

Altburg
Bundenbach
0
50m

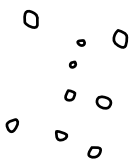

Altburg
Bundenbach
0
50m



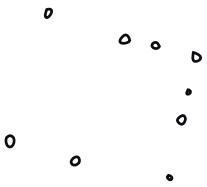
Burgtor 1



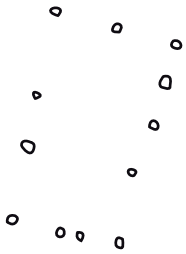
200



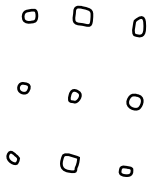
16



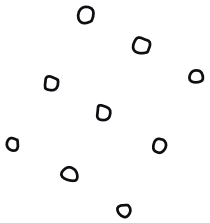
33



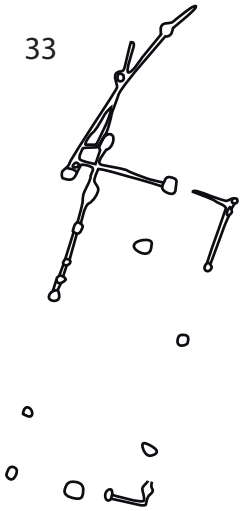
41



28

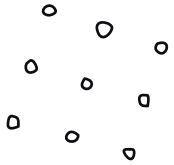


75

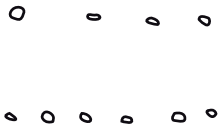


18

52

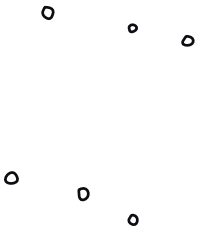


83

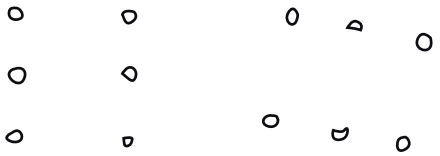


11

157



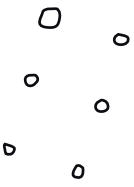
13



175

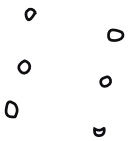
125

57

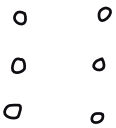


78

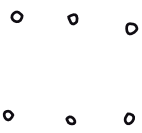
89



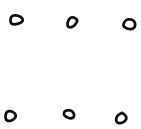
121



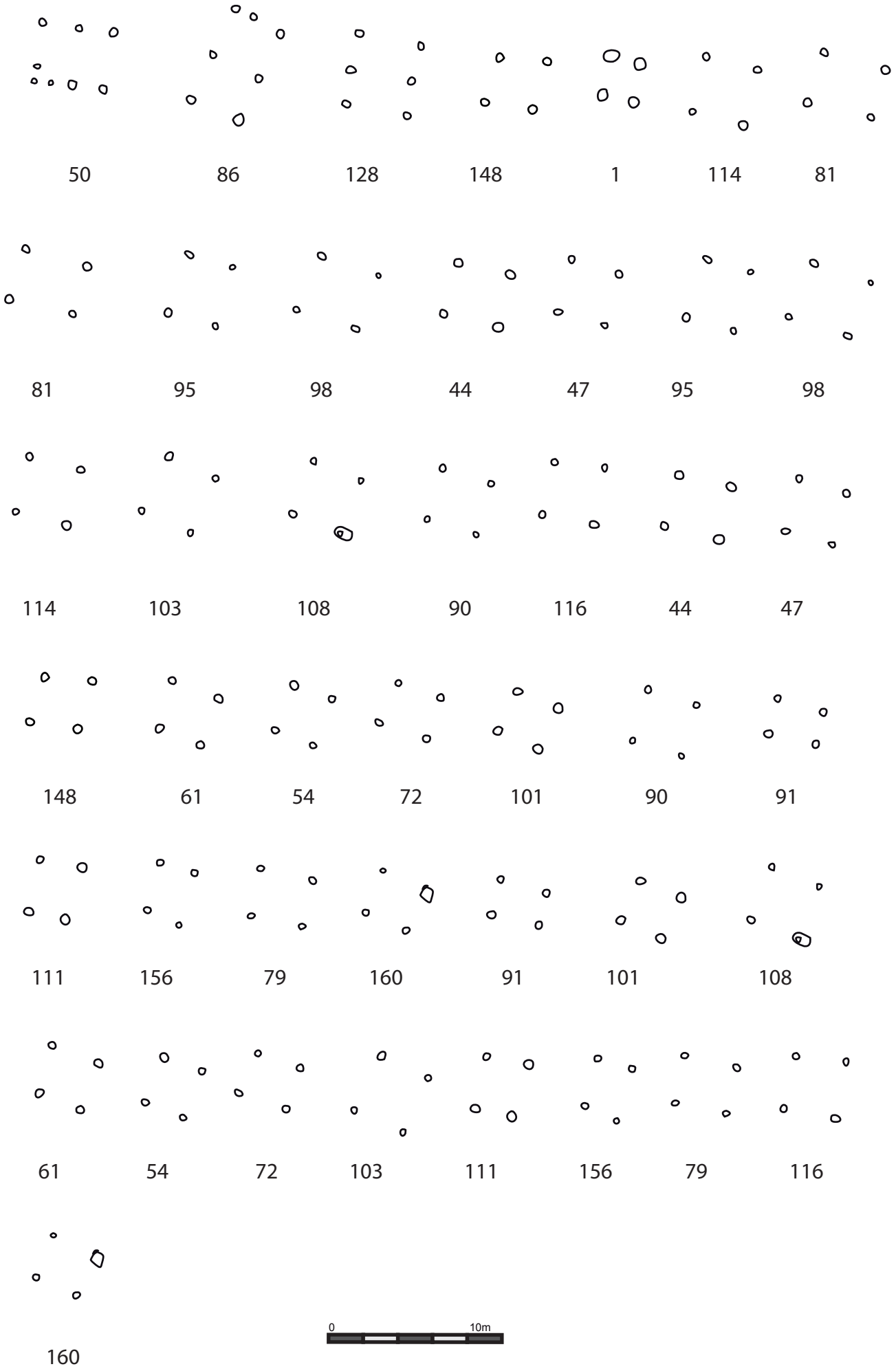
167

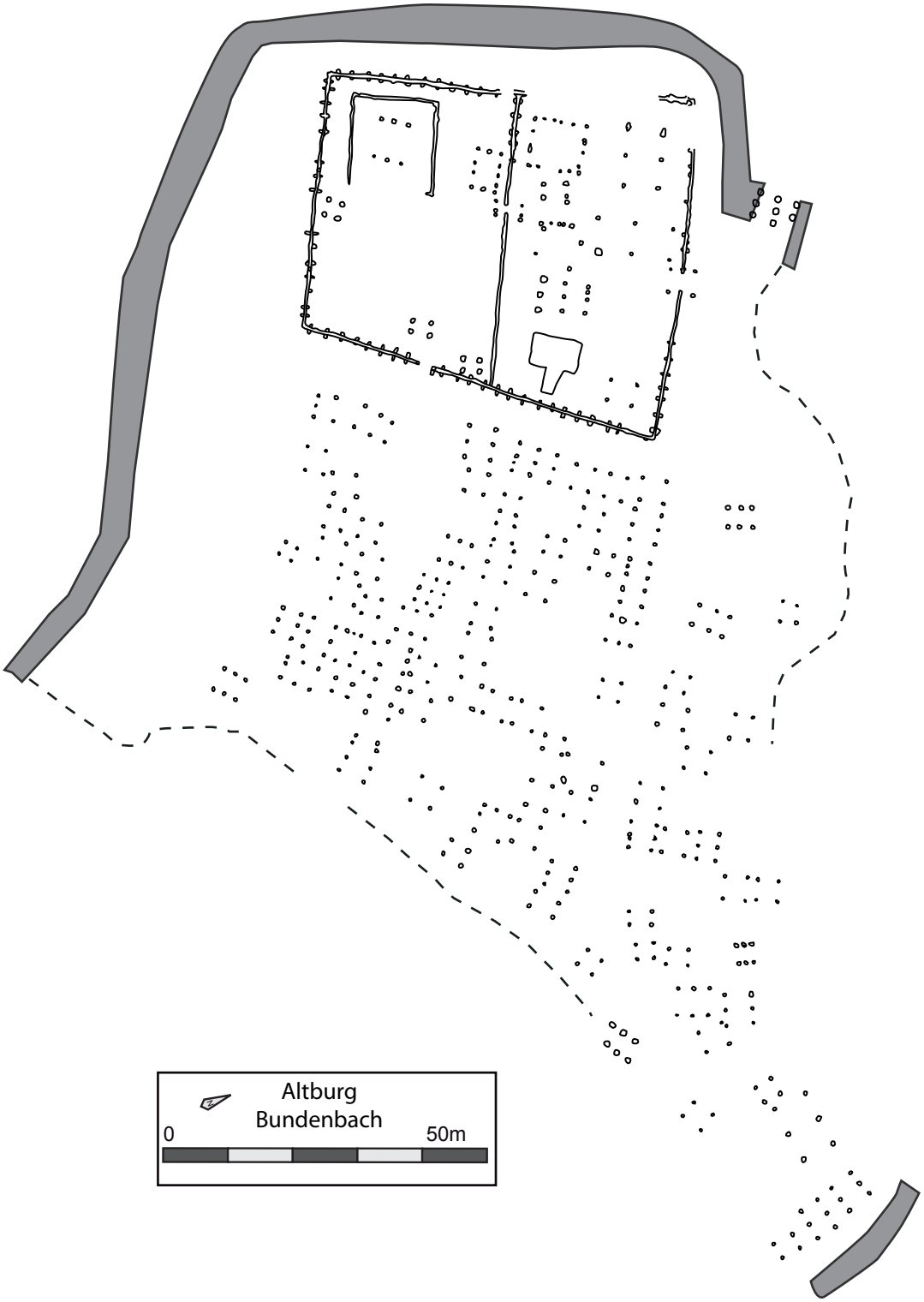


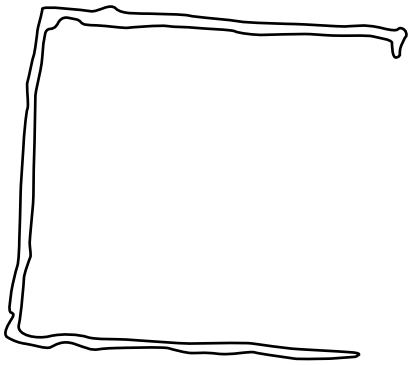
168



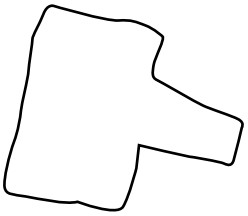
172


50 86 128 148 1 114 81
81 95 98 44 47 95 98
114 103 108 90 116 44 47
148 61 54 72 101 90 91
111 156 79 160 91 101 108
61 54 72 103 111 156 79 116
160
0
10m

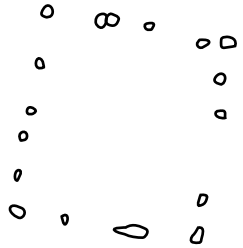

Altburg
Bundenbach
0
50m



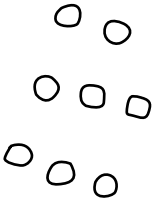
14



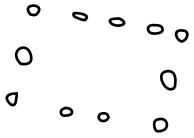
24-25



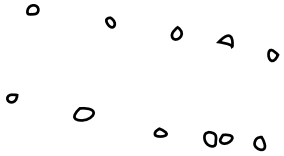
17



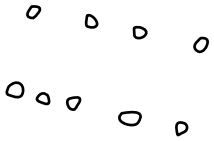
Burgtor 2



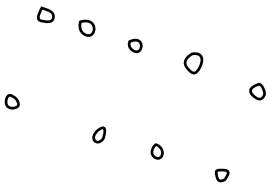
15



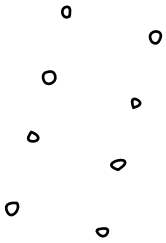
124



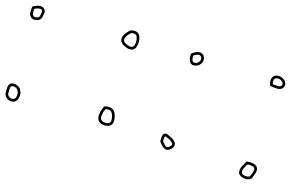
67



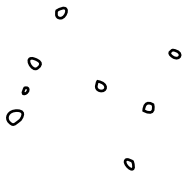
84



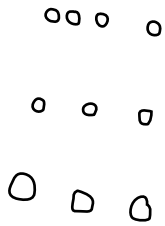
48



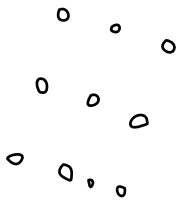
120



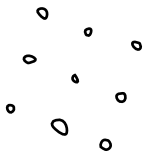
82



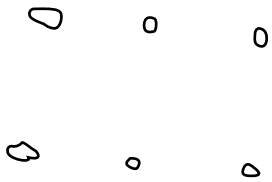
21



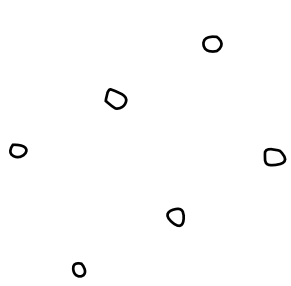
47



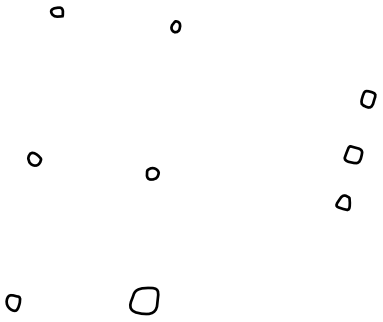
71



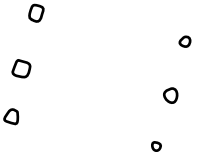
19



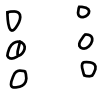
186



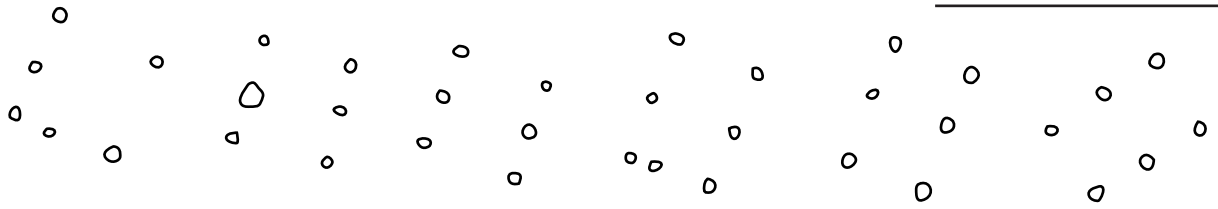
29



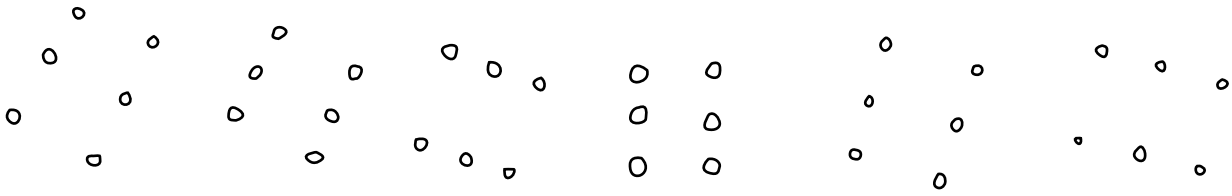
12



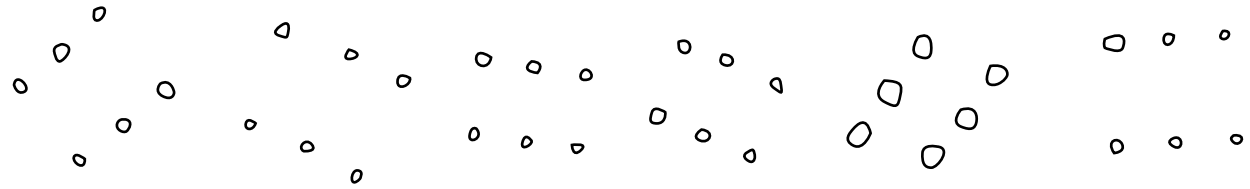
171



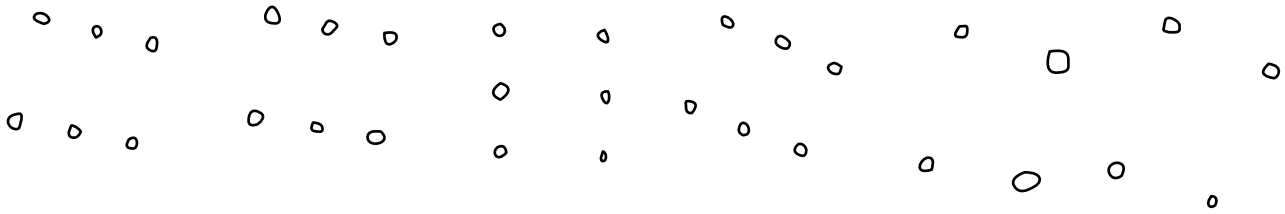
119 77 62 144 68 189



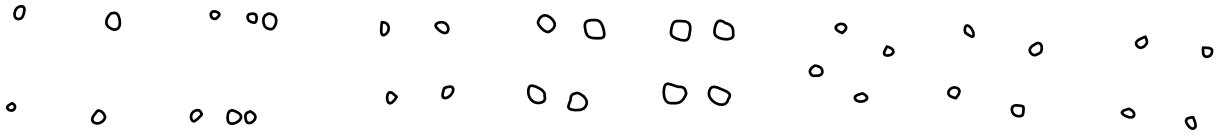
42 145 129 153 74 63



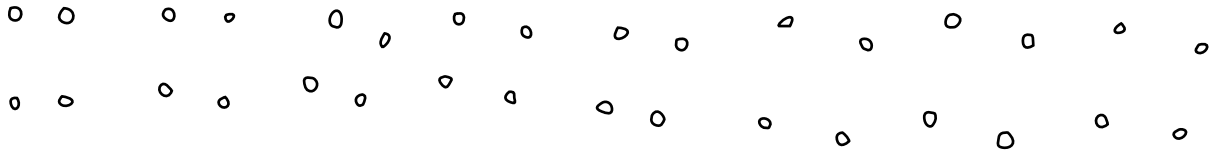
190 105 127 140 179 176



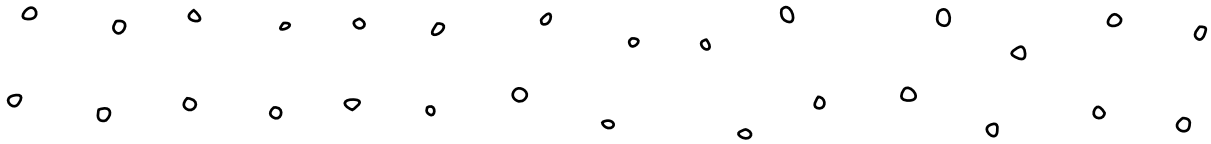
59 45 174 142 118 30



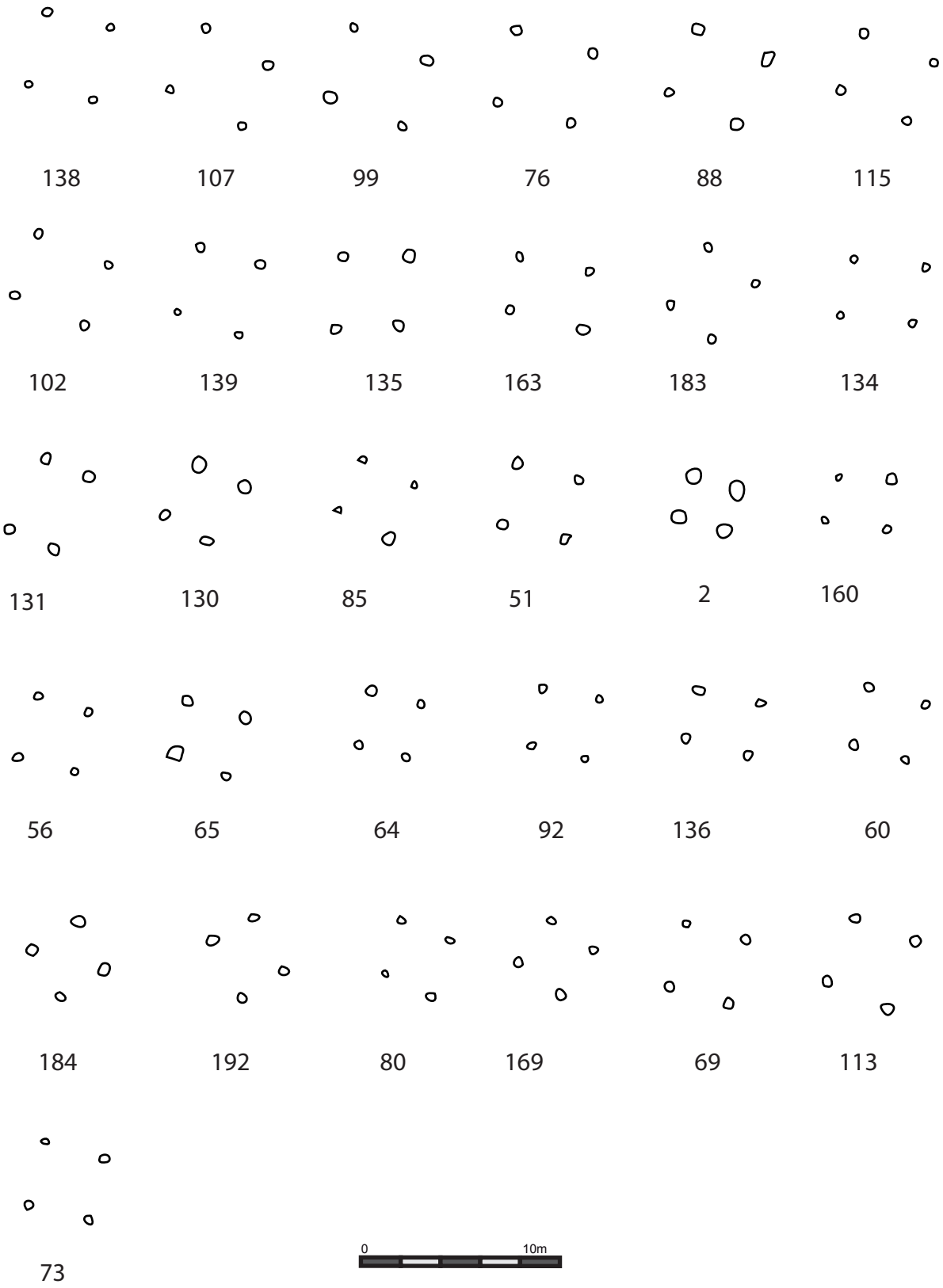
34 20 170 5 6 137 53 55

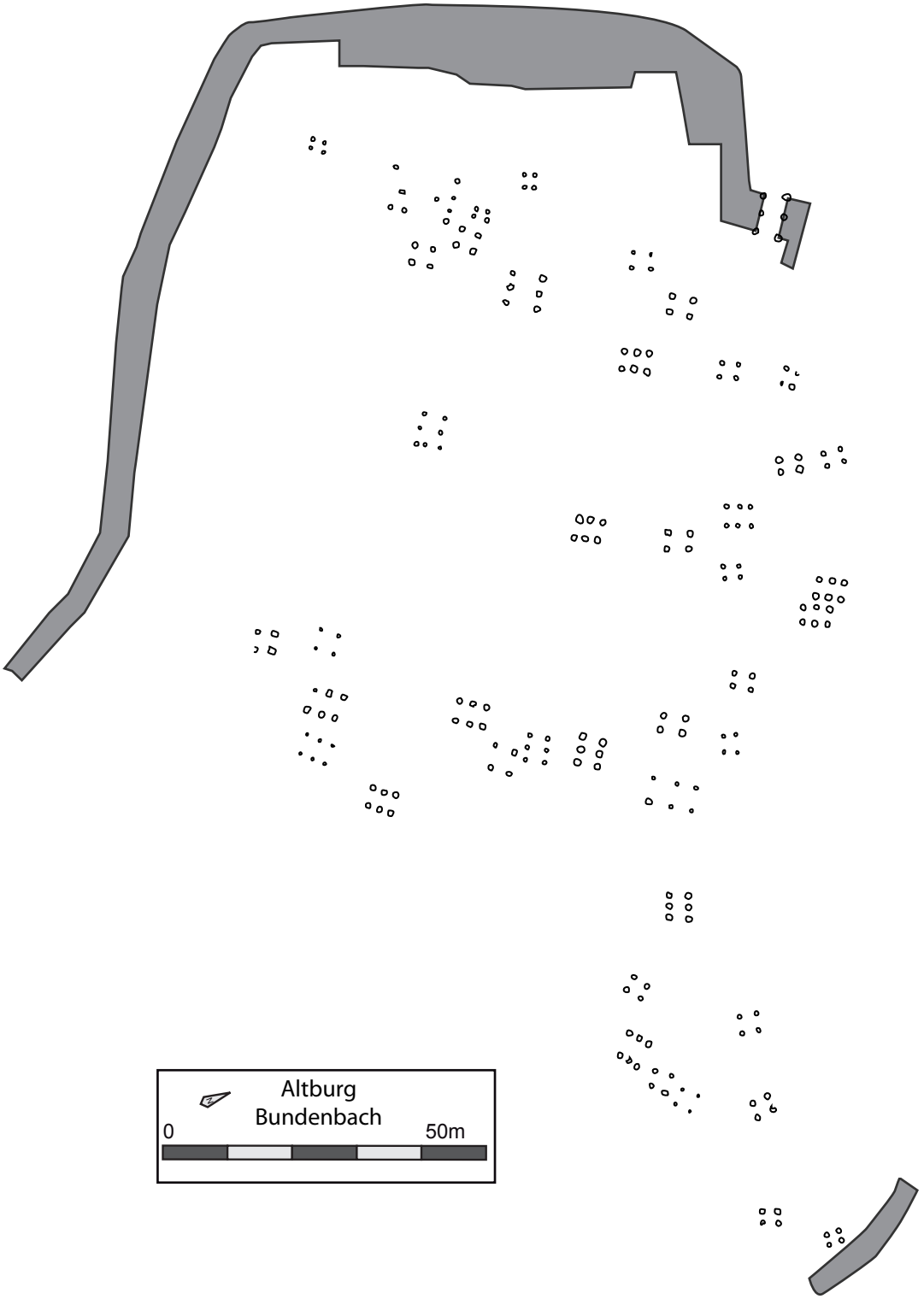


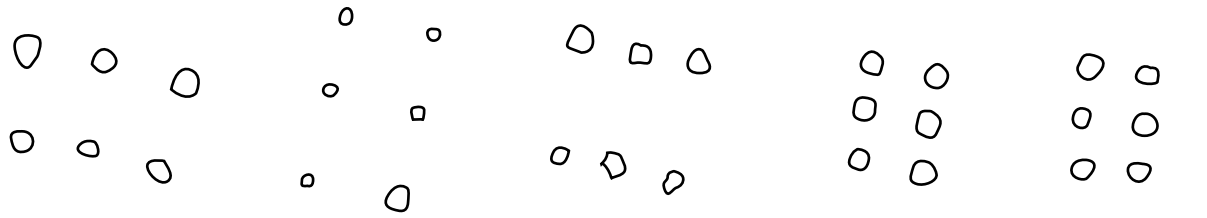
193 194 96 70 111 23 93 117



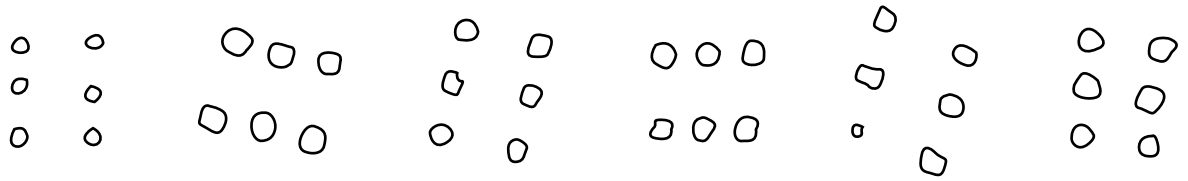
126 166 165 121 178 68 49


138
107
99
76
88
115
102
139
135
163
183
134
131
130
85
51
2
160
56
65
64
92
136
60
184
192
80
169
69
113
73
0
10m

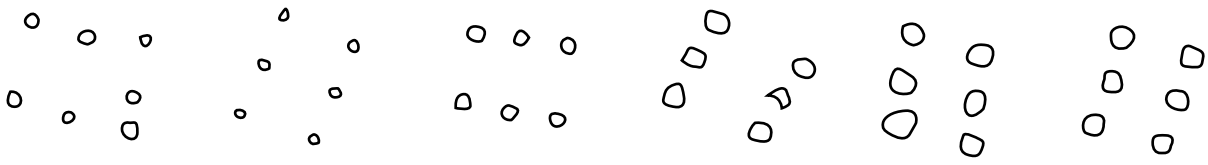

Altburg
Bundenbach
0
50m



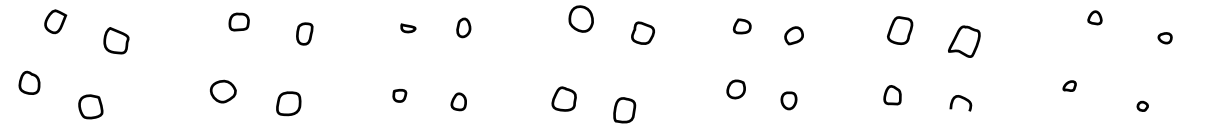
Burgtor 3 123 22 160 161



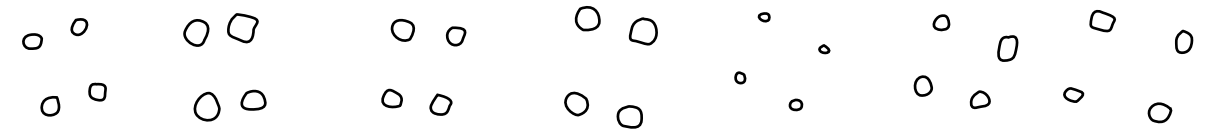
153 112 100 132 97 10



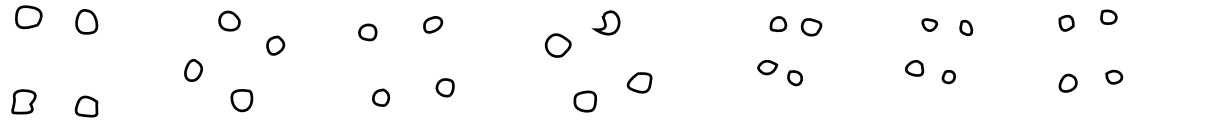
43 104 110 180 58 106



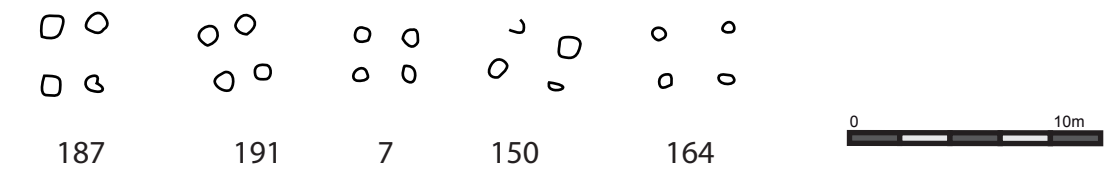
3 4 8 9 149 141 143



152 151 162 94 182 181 109



154 173 177 185 26 27 155



187 191 7 150 164

CORENT

Présentation du site :

Le site du « Puy de Corent » à Corent (Puy-de-Dôme) est un oppidum d'une surface de 50 hectares et dont le système de fortification n'est pas connu. Le site est fouillé depuis 1992 par Vincent Guichard et John Collis, puis plus régulièrement depuis 2001 par Matthieu Poux. Le plateau est occupé dès le Néolithique et jusqu'au Haut-Empire, sa phase d'occupation principale concerne La Tène finale et la période augustéenne. Un sanctuaire celtique réaménagé au cours de la période romaine a pu être fouillé. Ce dernier jouxte une esplanade ainsi qu'un quartier artisanal et commercial au nord de ladite esplanade et un hémicycle au sud. L'occupation du site est dense et planifiée. Cet oppidum se situe à très peu de distance de Gergovie et de Gondole, deux autres oppida de la cité des Arvernes.

Bibliographie :

Dacko et Garcia, 2012 : 191-202

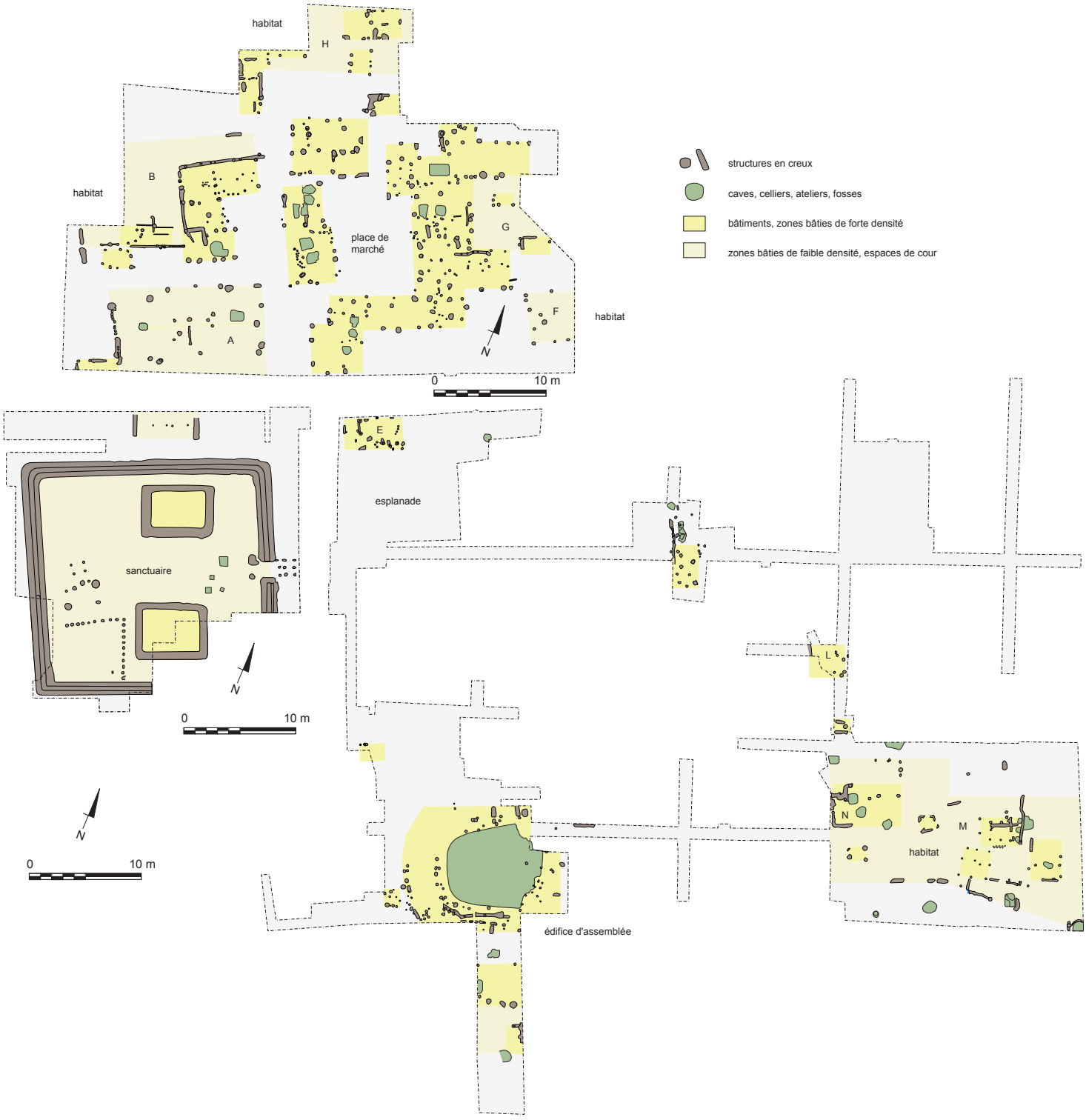
Guichard et Collis, 1992

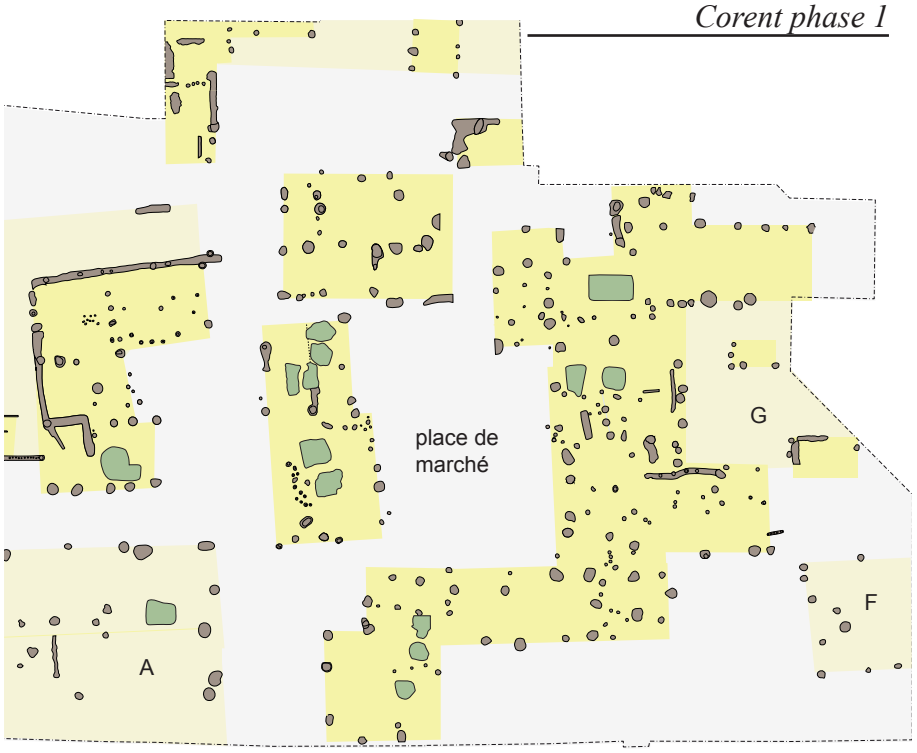
Poux et al., 2001 à 2014

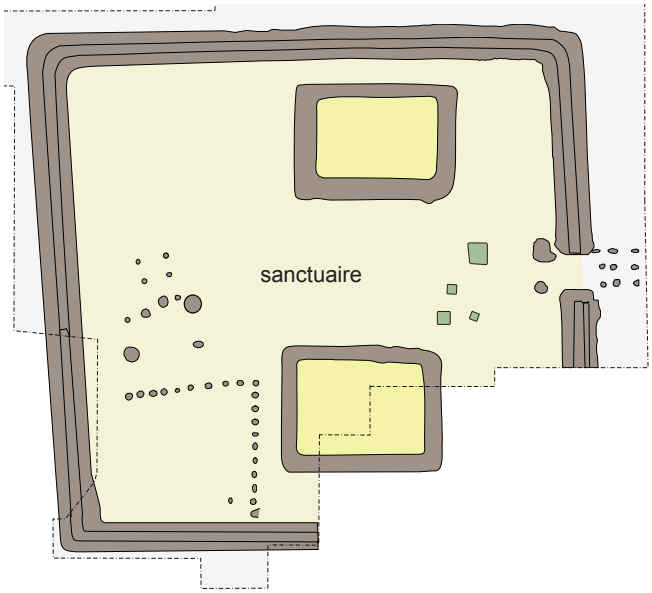
Poux dir., 2012

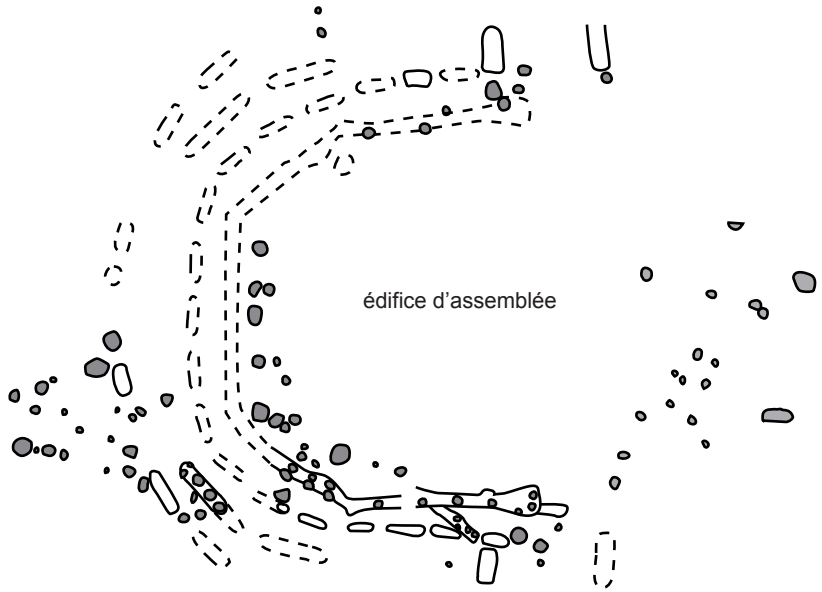
Poux, 2014 : 156-166

Poux et Demierre, 2016


habitat
H
habitat
B
place de marché
G
F
habitat
A
N
0
10 m
structures en creux
caves, celliers, ateliers, fosses
bâtiments, zones bâties de forte densité
zones bâties de faible densité, espaces de cour
E
esplanade
sanctuaire
N
0
10 m
L
N
M
habitat
N
0
10 m
édifice d'assemblée

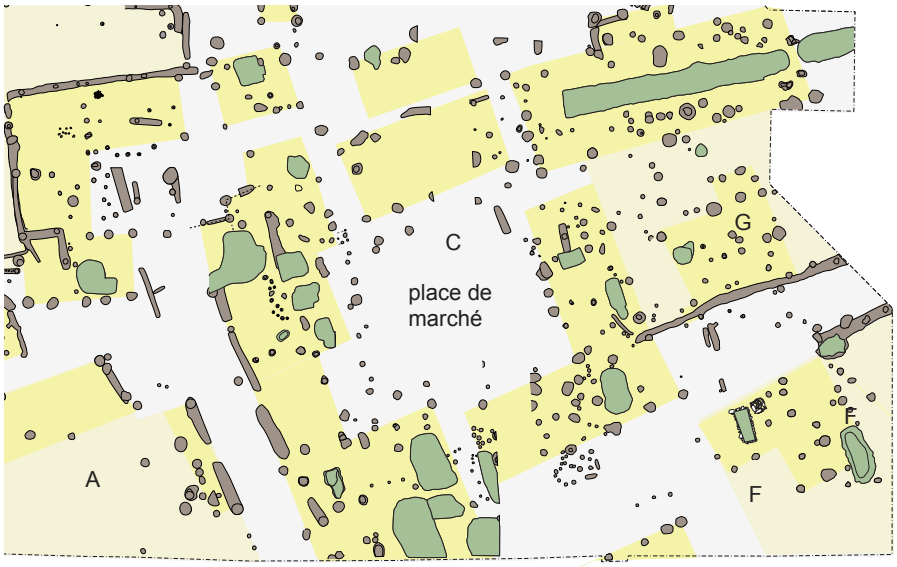

place de
marché
G
F
A

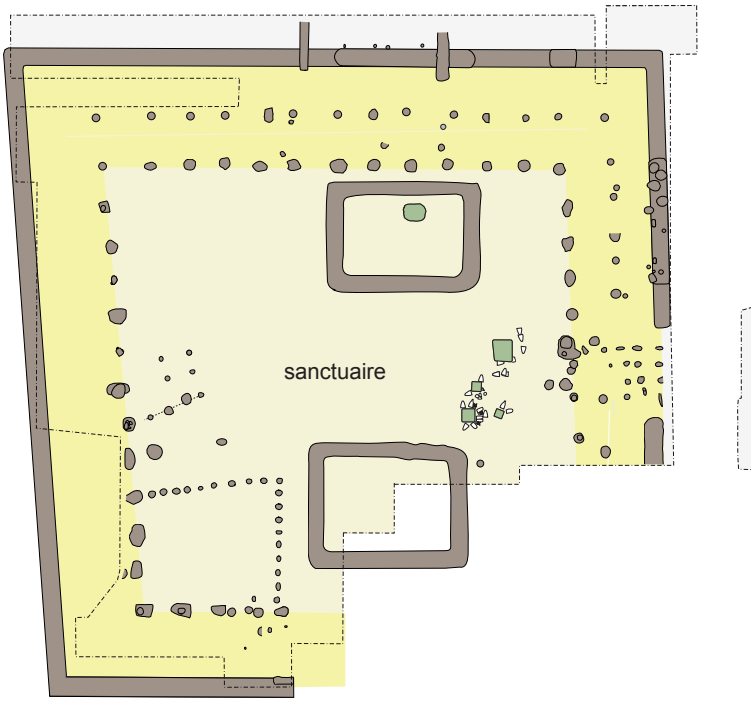

sanctuaire

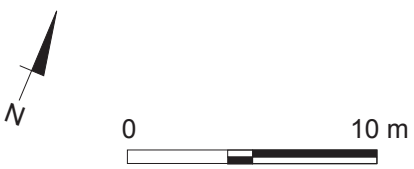

édifice d'assemblée

N
0
10 m

habitat
H
entrepôt à vin
habitat
B
C
G
place de marché
A
F
habitat
E
esplanade
K
habitat
sanctuaire
esplanade
habitat
M
habitat
habitat
édifice d'assemblée
habitat
structures en creux
caves, celliers, ateliers, fosses
bâtiments, zones bâties de forte densité
zones bâties de faible densité, espaces de cour
N
0
10 m


C
place de
marché
G
A
F
F


sanctuaire


N
0
10 m

EHNINGEN

Présentation du site :

Le site d'Ehninhen dans le Kreis de Böblingen (Baden-Württemberg, Allemagne) fût fouillé en 1984 par S. Schiek après avoir été découvert par photographie aérienne en 1982. Il s'agit d'une Viereckschanze de plan carré d'environ 82 mètres de côté pour une superficie de 6820 m² et est délimité par un fossé de 4 mètres de large pour une profondeur conservée de 1,7 mètre. L'ensemble de l'enclos a pu être fouillé et une dizaine de bâtiments au moins ont été perçus. L'occupation principale du site date des IIe et Ier siècles avant notre ère. L'habitat présente au moins deux phases particulièrement bien identifiables au niveau de la porte d'entrée de l'enclos.

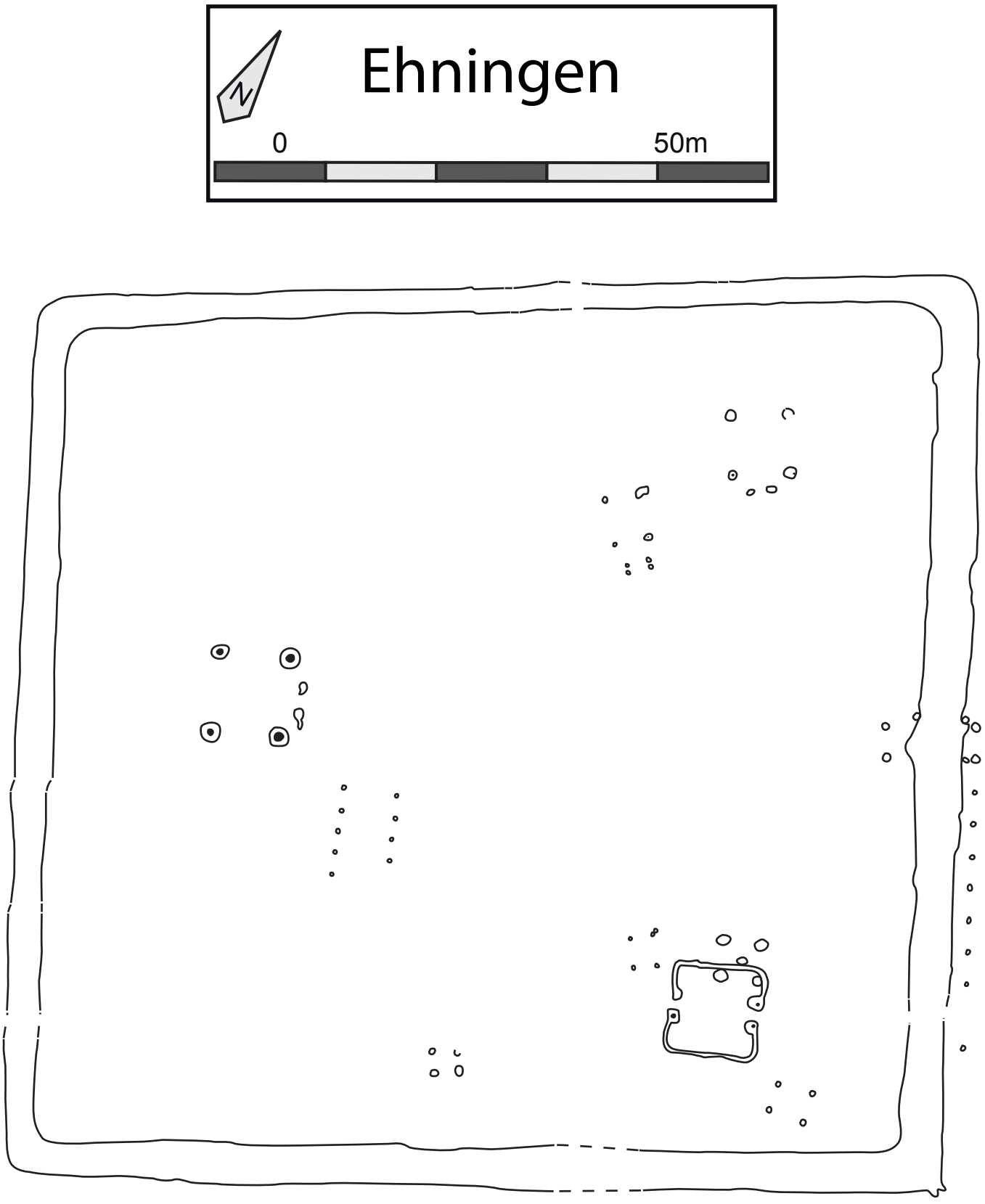
Bibliographie :

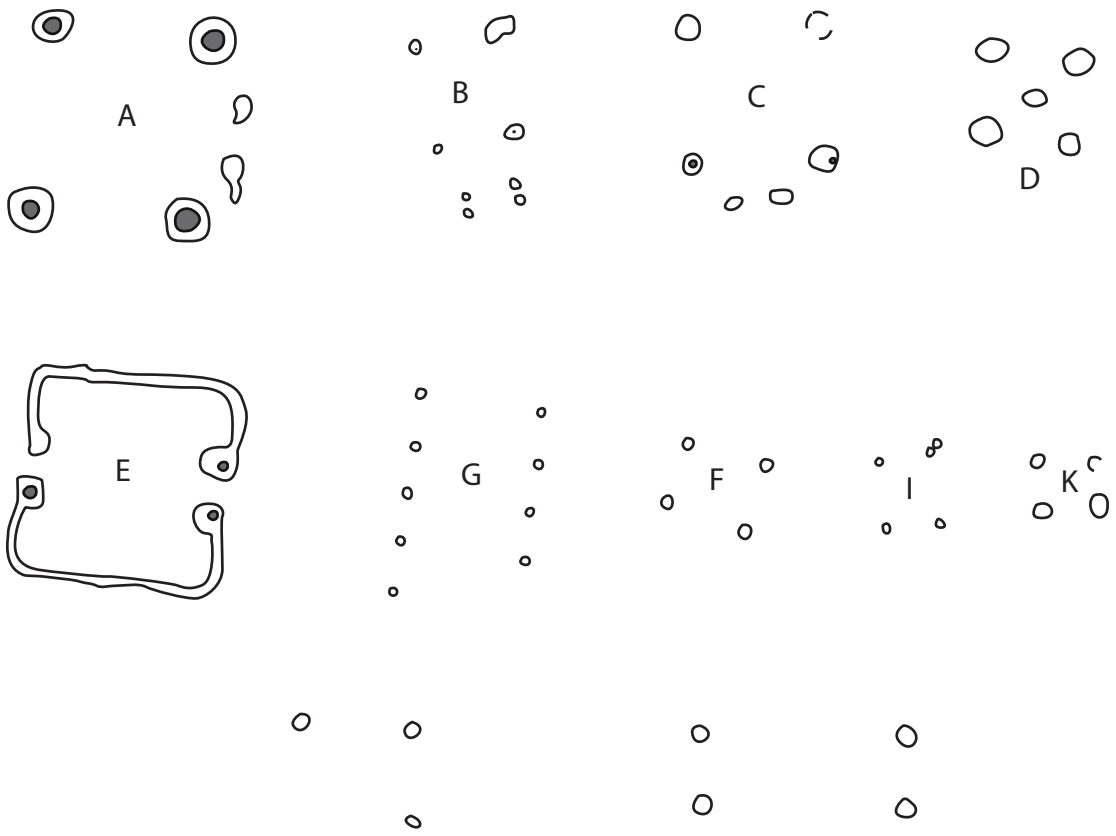
Bittel, Schiek et Müller, 1990

Schiek, 1984

Wieland, 1999 a

Wieland, 1999 b


Ehningen
0
50m



Toranlage 1 Toranlage 2

ENTREMONT

Présentation du site :

Le site d'Entremont à Aix-en-Provence (Bouches-du-Rhône) est occupé entre le début du IIIe siècle et le début du Ier siècle avant notre ère. L'habitat est abandonné au moment de la création de la colonie romaine d'Aquae Sextiae. Il s'agit d'un oppidum d'une superficie de 3,5 hectares au moment de sa plus grande expansion. Dans un premier temps, le site se limite à une superficie de 9000 m². Il est délimité par un rempart et appelé « la ville haute ». Le rempart est ensuite démantelé pour augmenter la surface occupée et l'enclore dans un second rempart. C'est à ce moment qu'est édifiée une salle hypostyle, utilisant les vestiges du premier rempart comme appui. De nombreux éléments de statuaire et des crânes humains ont été découverts sur le site, témoignant d'un culte des têtes coupées. L'habitat prend la forme de plusieurs cellules aux dimensions régulières, regroupées au sein d'îlots d'habitations, séparés par la voirie. Certains îlots ont un plan comparable à l'îlot central du site du Verduron à Marseille.

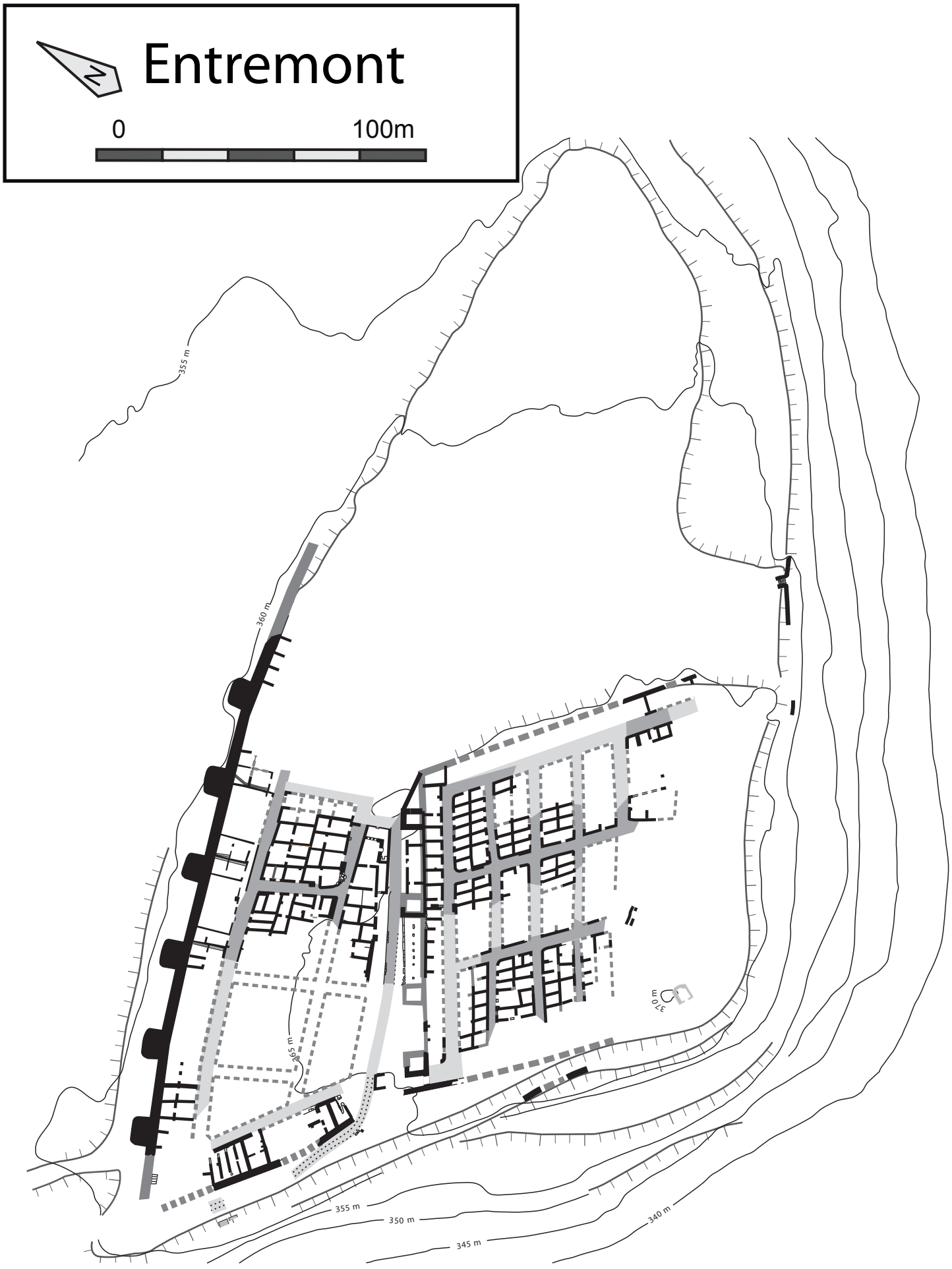
Bibliographie :

Badie et Bernard, 2008 : 291-299

Coutagne, 1987

Dufraigne, 2000 : 139-142

Garcia, 2014


N
Entremont
0
100m
355 m
360 m
365 m
370 m
355 m
350 m
345 m
340 m

GOLDBERG

Présentation du site :

Le site du « Goldberg » à Riesbürg (Baden-Württemberg, Allemagne) est un habitat de hauteur fortifié, occupé principalement entre le Néolithique et le Moyen-âge, bien que les vestiges de l'âge du Bronze, de la fin de l'âge du Fer et du Moyen-âge soient plus ténus. Il fût fouillé au trois quarts par Gerhard Bersu entre 1911 et 1929. Les vestiges architecturaux ont été parmi les premiers à être étudiés pour permettre de proposer des hypothèses de restitution de l'élévation (CHILDE 1950 et ZIPPELIUS 1953). Les phases qui nous occuperont plus principalement dans ce cas, sont celles datées entre le Hallstatt D1 et La Tène ancienne. Les habitations sont régulièrement espacées ce qui laisse penser à des groupes de fermes indépendantes se rassemblant sur le plateau fortifié au cours du premier âge du Fer. Au nord-est du plateau, un enclos englobe deux bâtiments de grandes dimensions. Le premier est de plan quadrangulaire assez irrégulier, le second, quant à lui, est un bâtiment à deux nefs avec des parois courbes. Le site du Goldberg est à rapprocher du mont Ipf, situé à 4,5 kilomètres plus à l'ouest et en partie contemporain : il semblerait qu'au moment où le Goldberg est abandonné, l'Ipf commence à être occupé.

Bibliographie :

Childe, 1950

Euler et Krausse, 2012 : 29-56

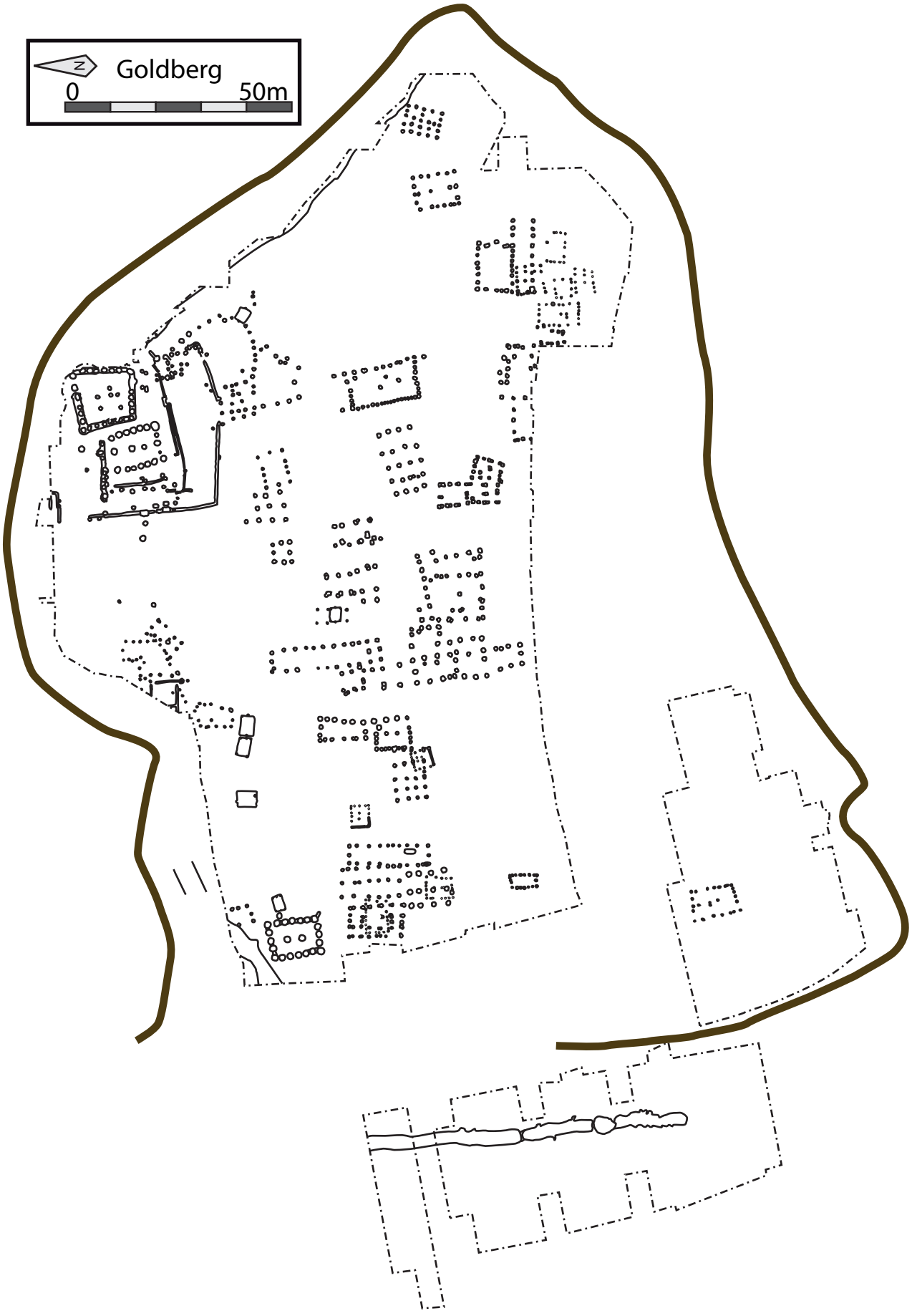
Krausse, 2008

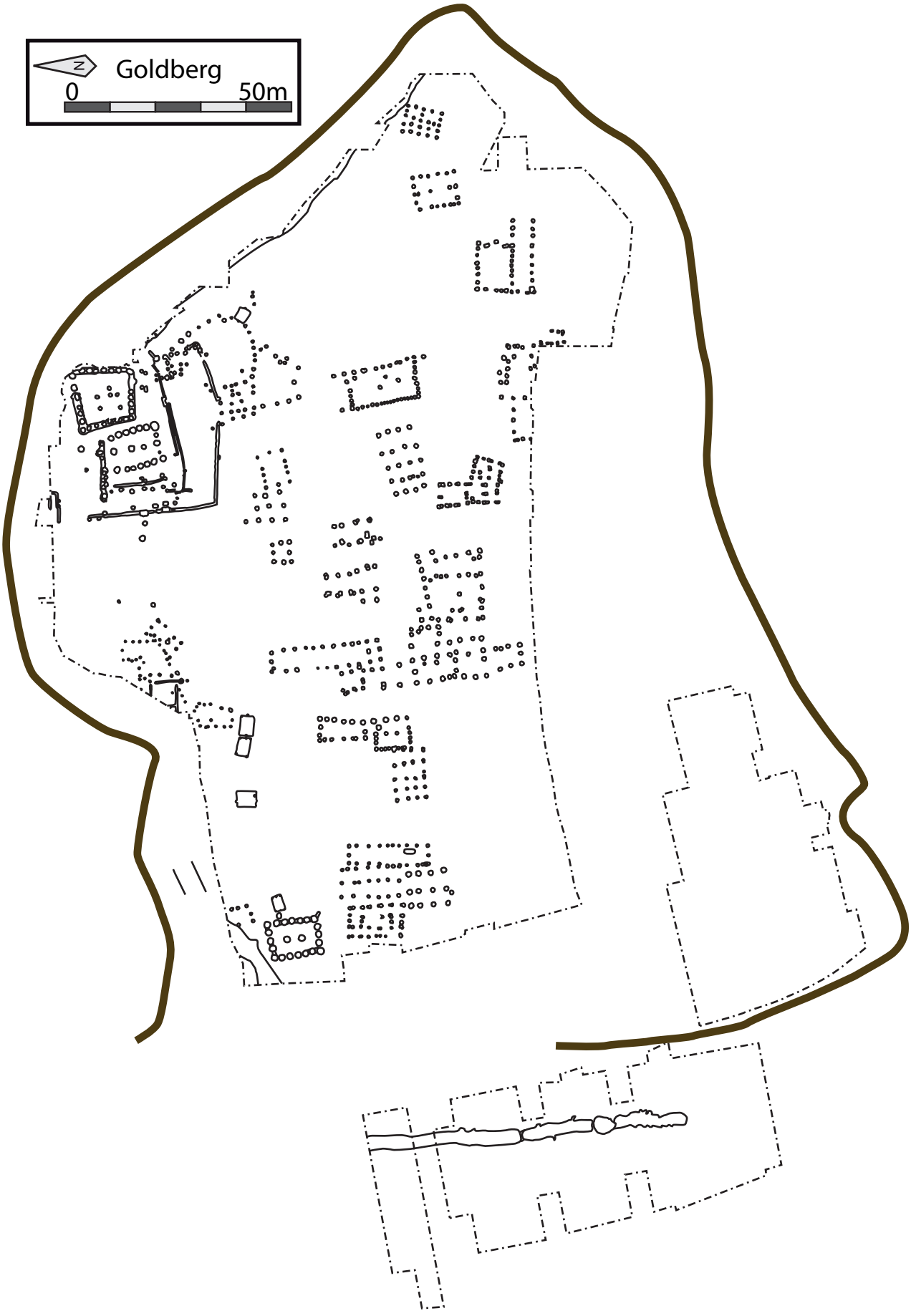
Krausse, 2010 a

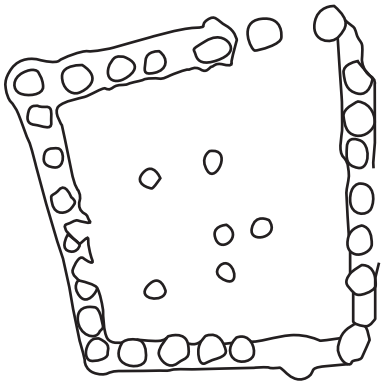
Krausse, 2010 b

Parzinger, 1998

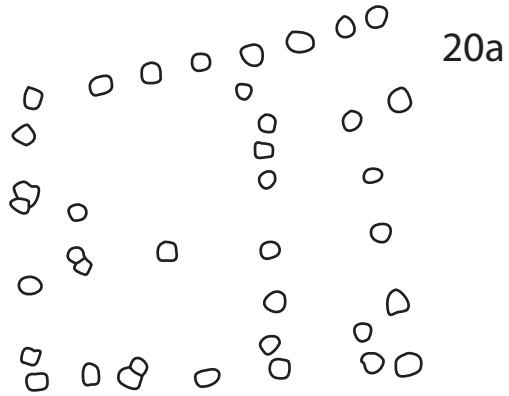
Zippelius, 1953 : 13-45


N
Goldberg
0
50m


N
Goldberg
0
50m

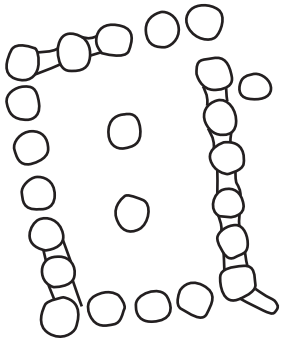


1

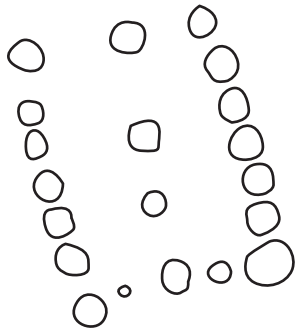


20a

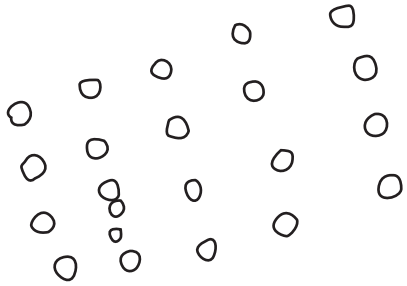
20



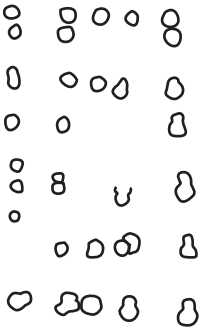
3



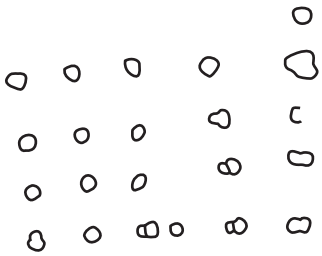
2



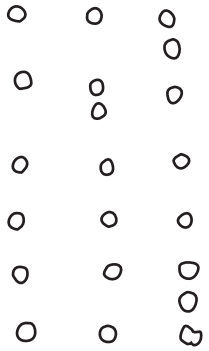
21



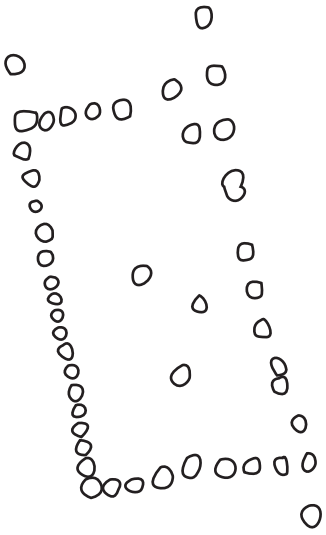
4



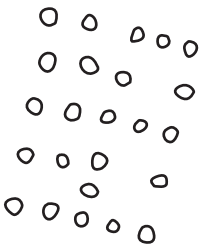
8



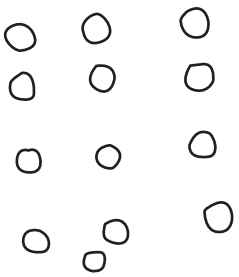
5



24

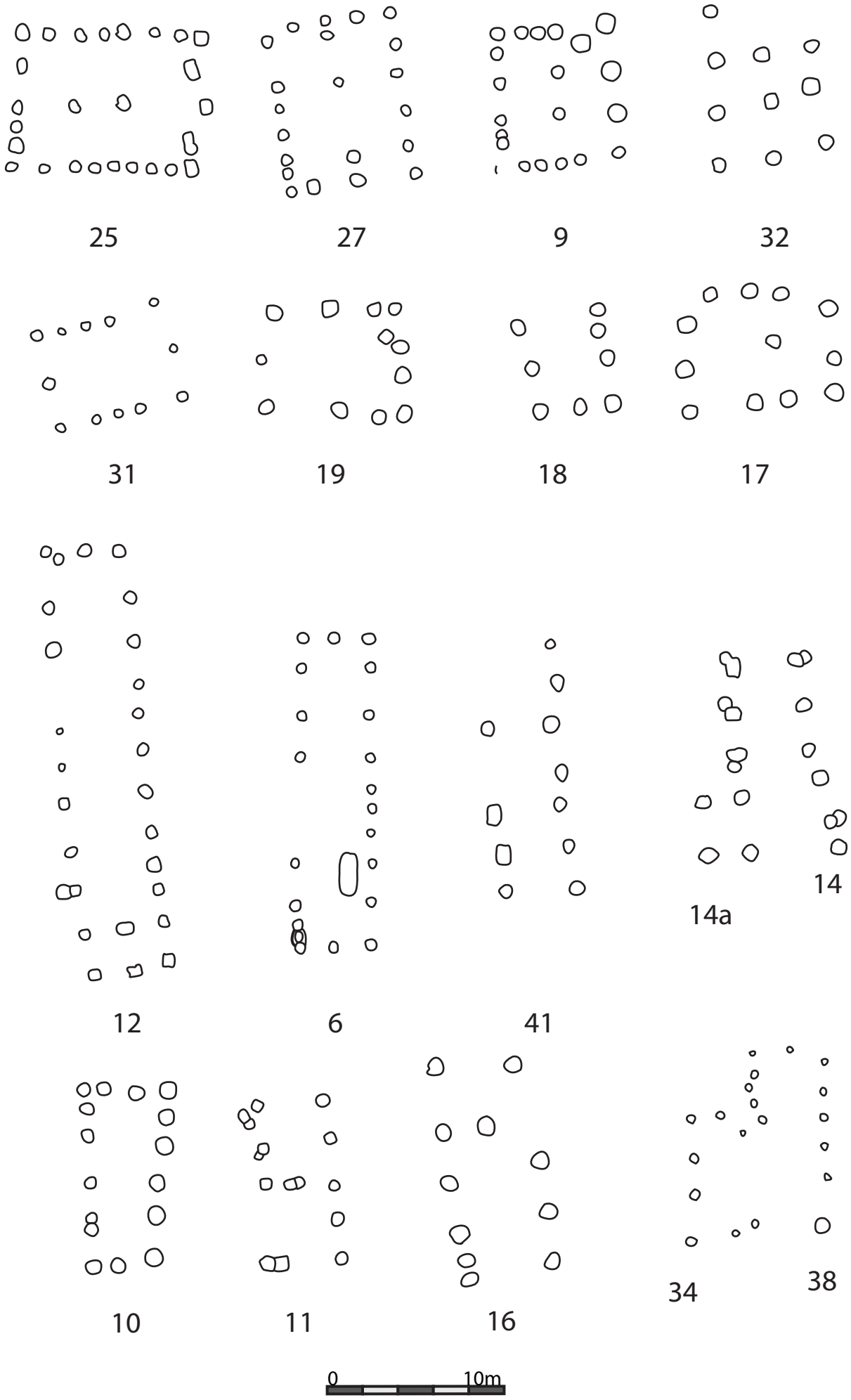


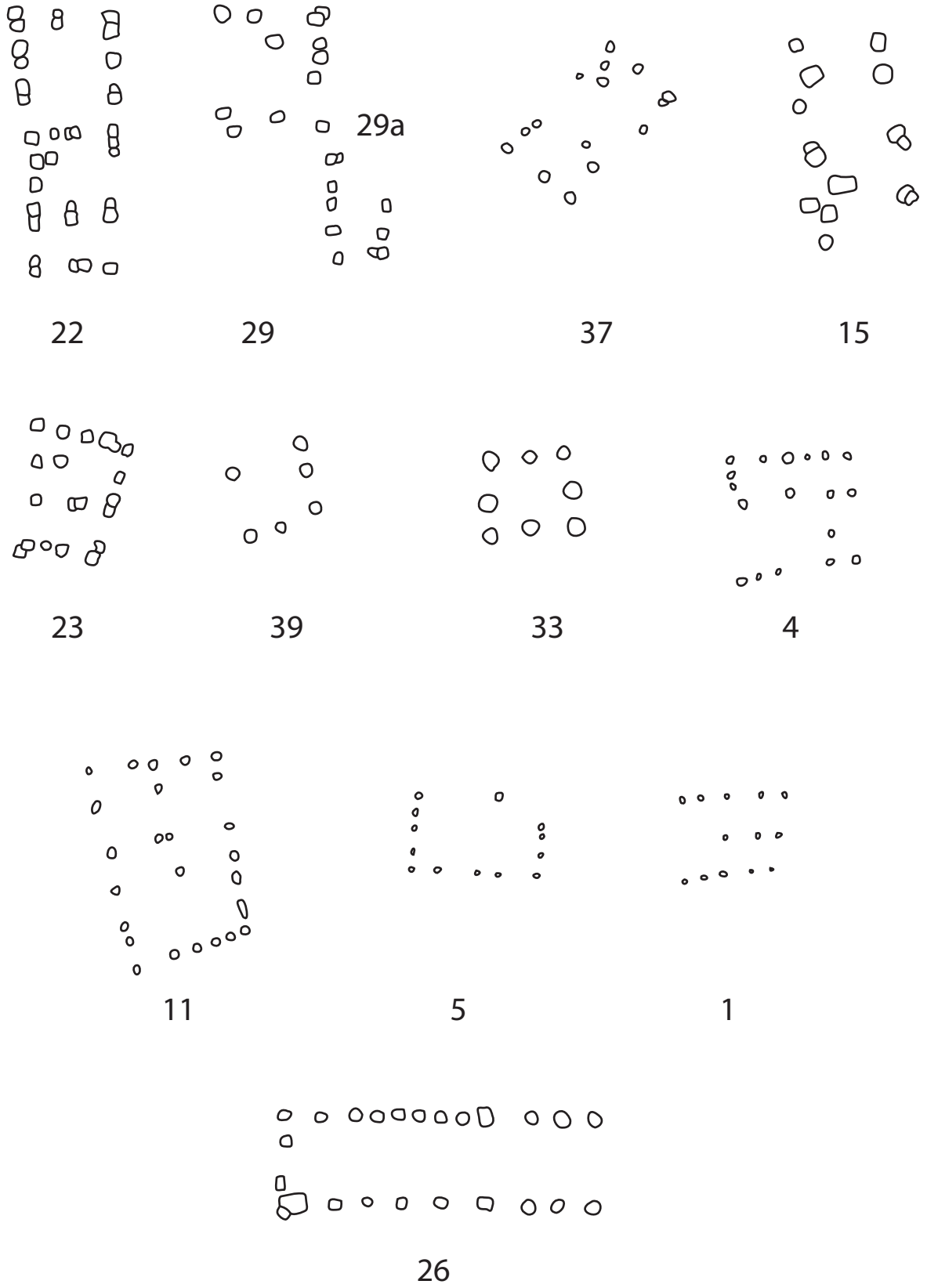
28

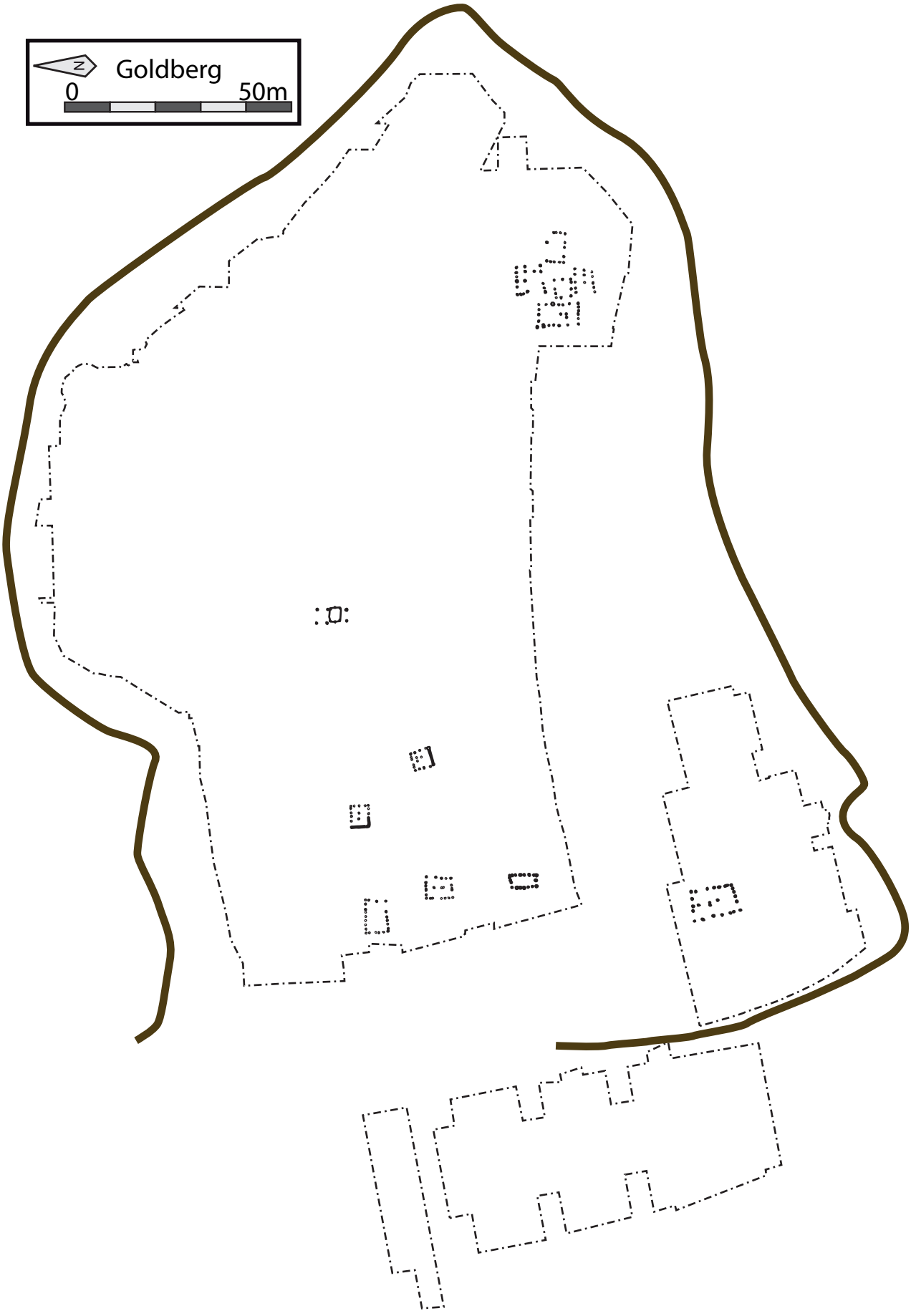


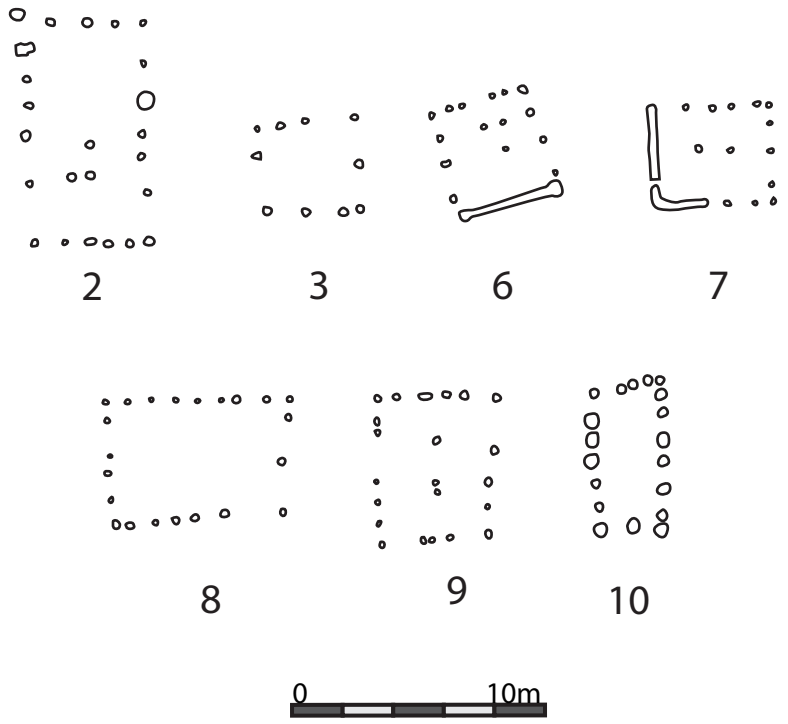
7

0 10m


25
27
9
32
31
19
18
17
12
6
41
14a
14
10
11
16
34
38
0
10m


29a
22
29
37
15
23
39
33
4
11
5
1
26
0
10m


N
Goldberg
0
50m


2
3
6
7
8
9
10
0
10m

GOURNAY-SUR-ARONDE

Présentation du site :

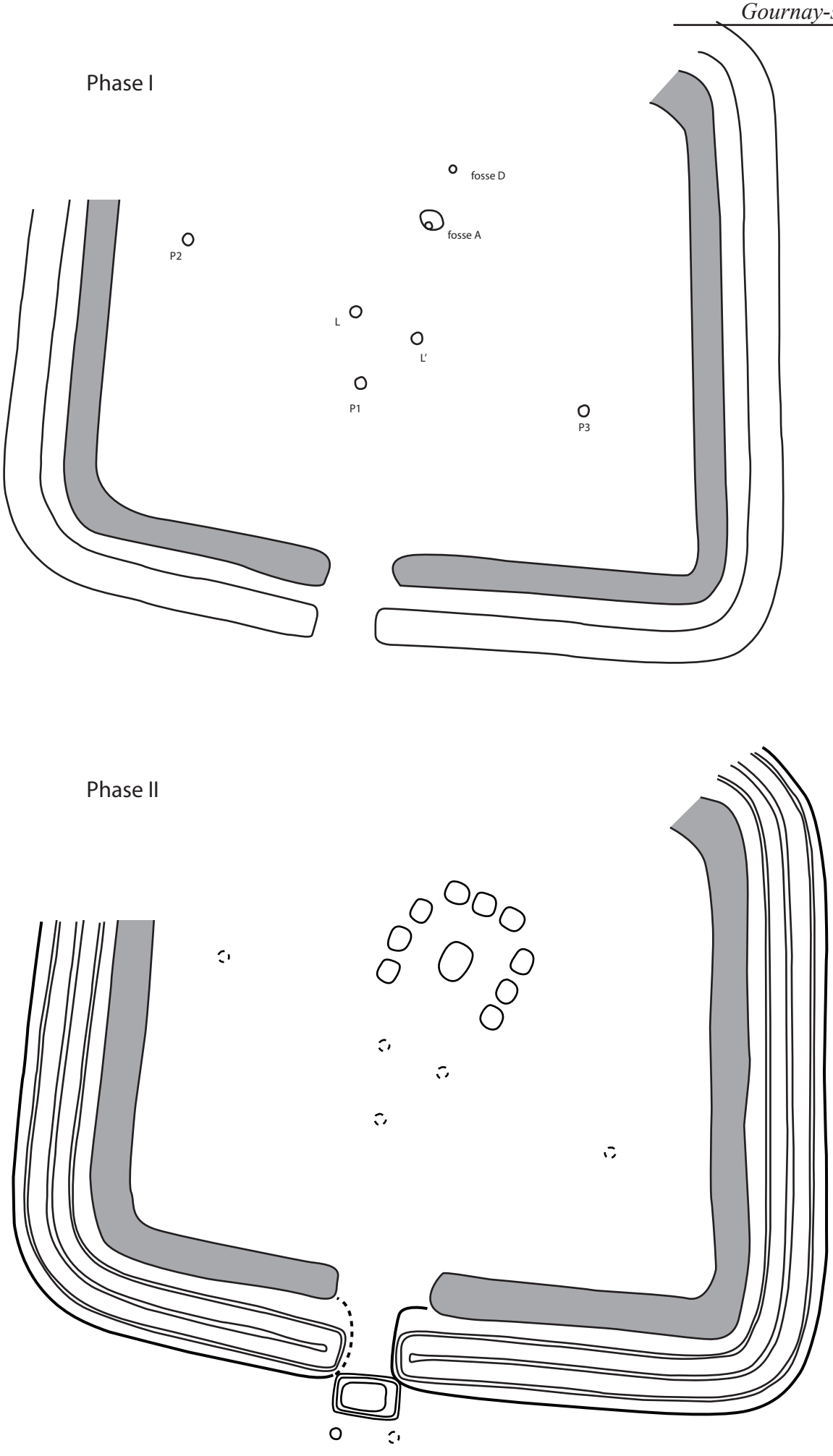
Le site du Parc à Gournay-sur-Aronde (Oise) est un oppidum de la cité des Bellovaques. Les fouilles se sont principalement concentrées sur l'espace cultuel entre 1975 et 1984. Cet espace est fondé à La Tène B2 et utilisé jusqu'à la fin du Ier siècle avant notre ère. C'est uniquement au cours de la dernière phase que le sanctuaire est intégré à l'oppidum, marquant ainsi le potentiel rôle fondateur du sanctuaire dans l'établissement de l'habitat. Le sanctuaire présente six phases. Les quatre premières phases sont délimitées par un fossé d'enclos d'une superficie restituée de 1200 m². Au cours de la phase I, le fossé délimite l'espace sacré et quelques trous de poteaux alignés sont présents à l'intérieur de cet espace. Au cours de la phase II, le fossé est boisé et plusieurs fosses sont creusées. La plus grande de ces fosses se trouve au centre et neuf fosses l'entourent au nord, à l'ouest et au sud. Une palissade double le fossé à l'extérieur de l'aire sacrée. Au cours de la phase III, un fossé périphérique est creusé en avant de la palissade et un bâtiment de plan semi-circulaire est édifié au-dessus de la fosse centrale, encore en fonction à cette époque. Cette dernière est abandonnée à la phase IV et l'édifice est reconstruit avec un plan quadrangulaire. Le sanctuaire est ensuite abandonné avant une nouvelle construction dans la seconde moitié du Ier siècle avant notre ère. L'enclos des phases précédentes est comblé et le nouveau sanctuaire se présente sous la forme d'une sorte de fanum dont le centre repose sur une sablière en pierre et dont la galerie est en bois. On retrouve également des couloirs de palissades et des fossés parallèles. Au cours de la dernière phase (la phase VI), datant du IVe siècle de notre ère, le temple prend la forme d'un véritable fanum et l'espace ne semble plus délimité par un fossé quelconque.

Bibliographie :

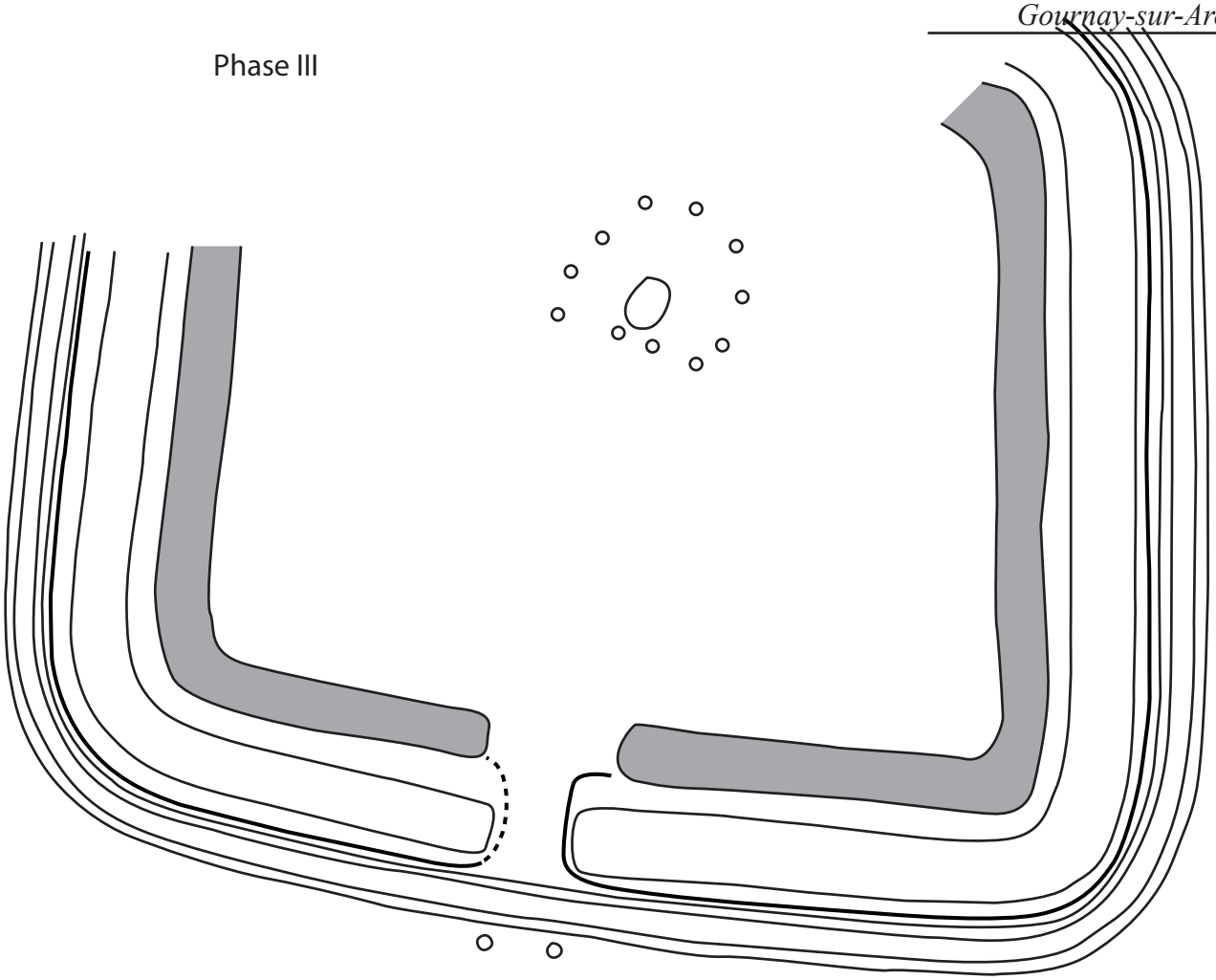
Brunaux, 1984 : 207-213

Brunaux, Méniel et Poplin, 1985

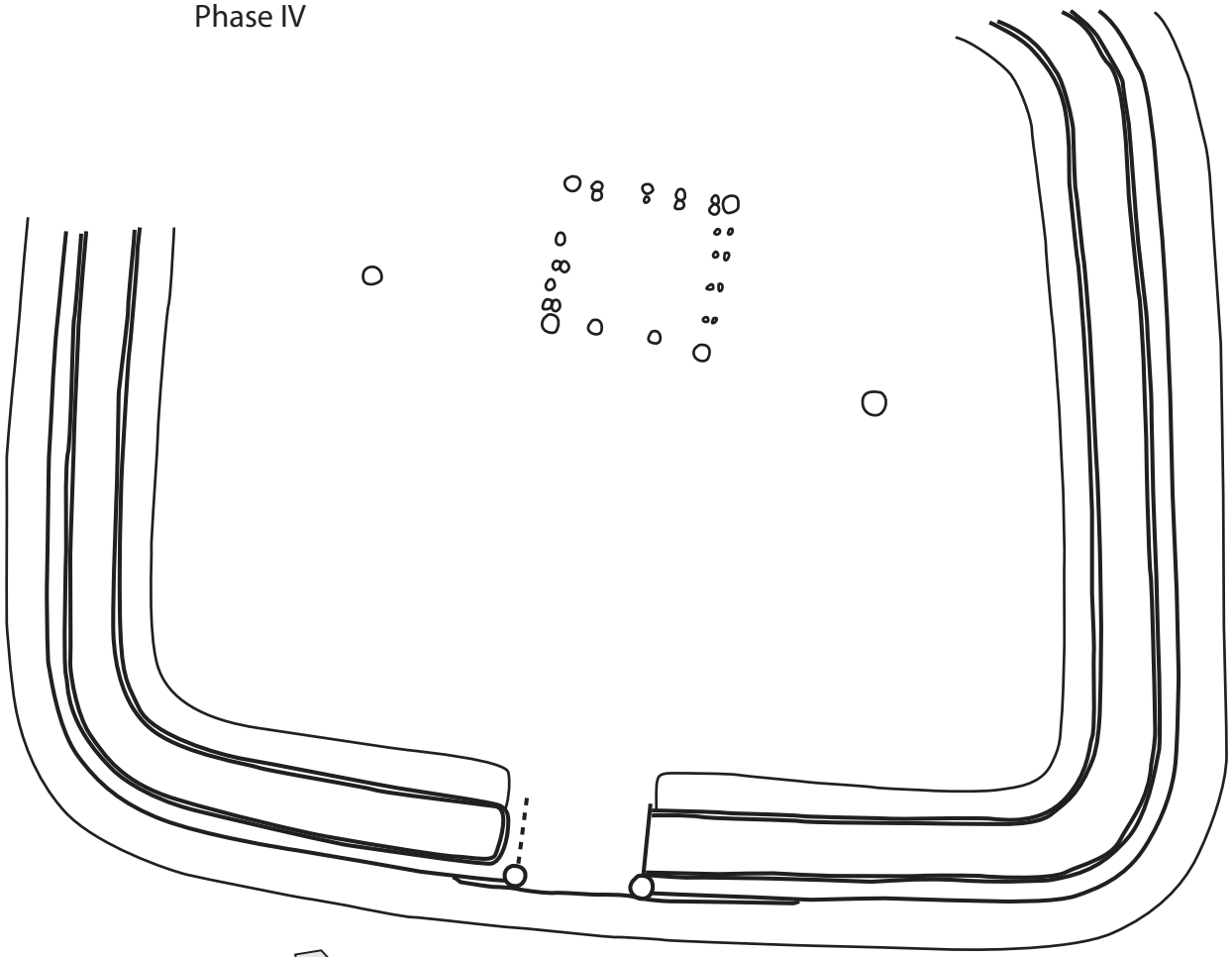
Brunaux, Méniel et Rapin, 1980 : 1-25


Phase I
fosse D
fosse A
P2
L
L'
P1
P3
Phase II
N
0
20m

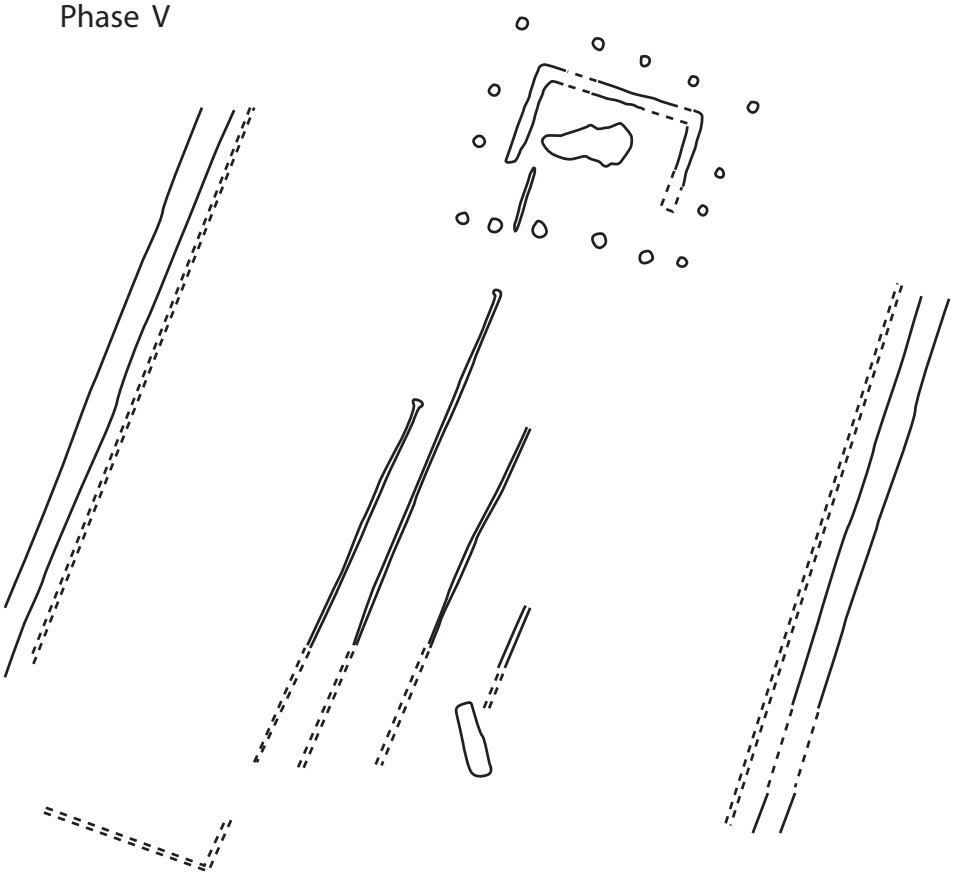
Phase III



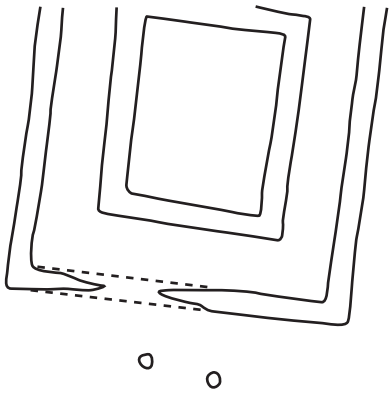
Phase IV



Phase V



Phase VI



HAYLING ISLAND

Présentation du site :

Le site d'Hayling Island (Hampshire, Angleterre) a été découvert par photographie aérienne et fouillé entre 1976 et 1981. Il s'agit d'un complexe cultuel en activité entre le Ier siècle avant notre ère et le IIIe siècle de notre ère. Le temple celtique a connu deux phases d'aménagement avant sa reconstruction en pierres aux alentours du troisième quart du Ier siècle de notre ère, très peu de temps après la conquête romaine (en 43 après J.-C.). Le plan de l'édifice n'évolue presque pas au cours du temps. La première phase se présente sous la forme d'un enclos d'environ 25 mètres de côté, dans lequel un bâtiment rectangulaire donne sur une fosse. Dans la seconde phase datant de l'âge du Fer, l'enclos est légèrement agrandi et le temple prend désormais un plan circulaire d'environ 9,2 mètres de diamètre et englobe cette fois-ci la fosse qui était déjà en usage à la période précédente. C'est ce plan qui sera ensuite réutilisé lors du réaménagement de la phase romaine du complexe. La forme et l'organisation de ce complexe cultuel ne sont pas sans rappeler celui de l'oppidum de Manching à la même période.

Bibliographie :

Downey, King et Soffe, 1980 : 289-304

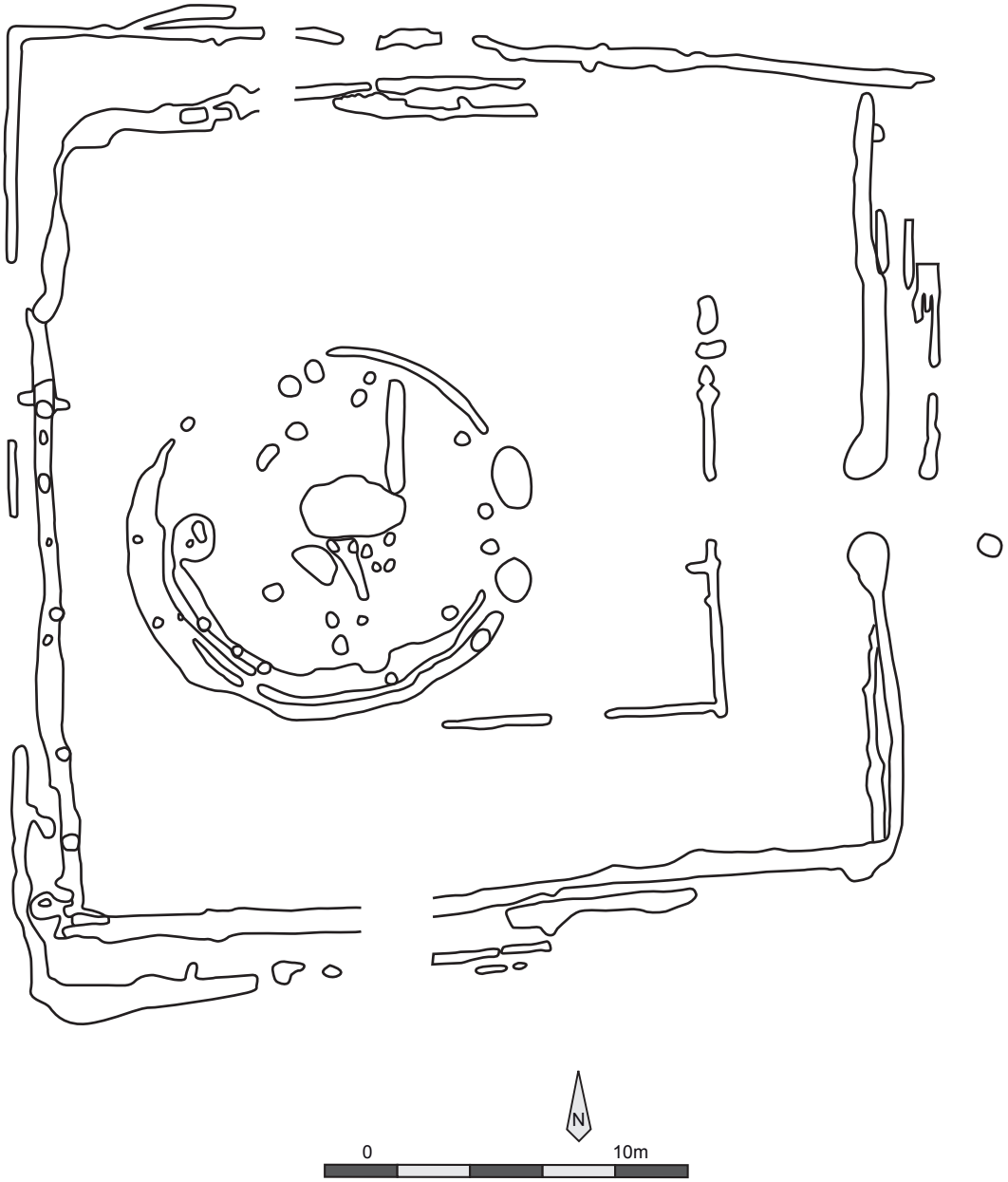
King et Soffe, 1994 : 33-48

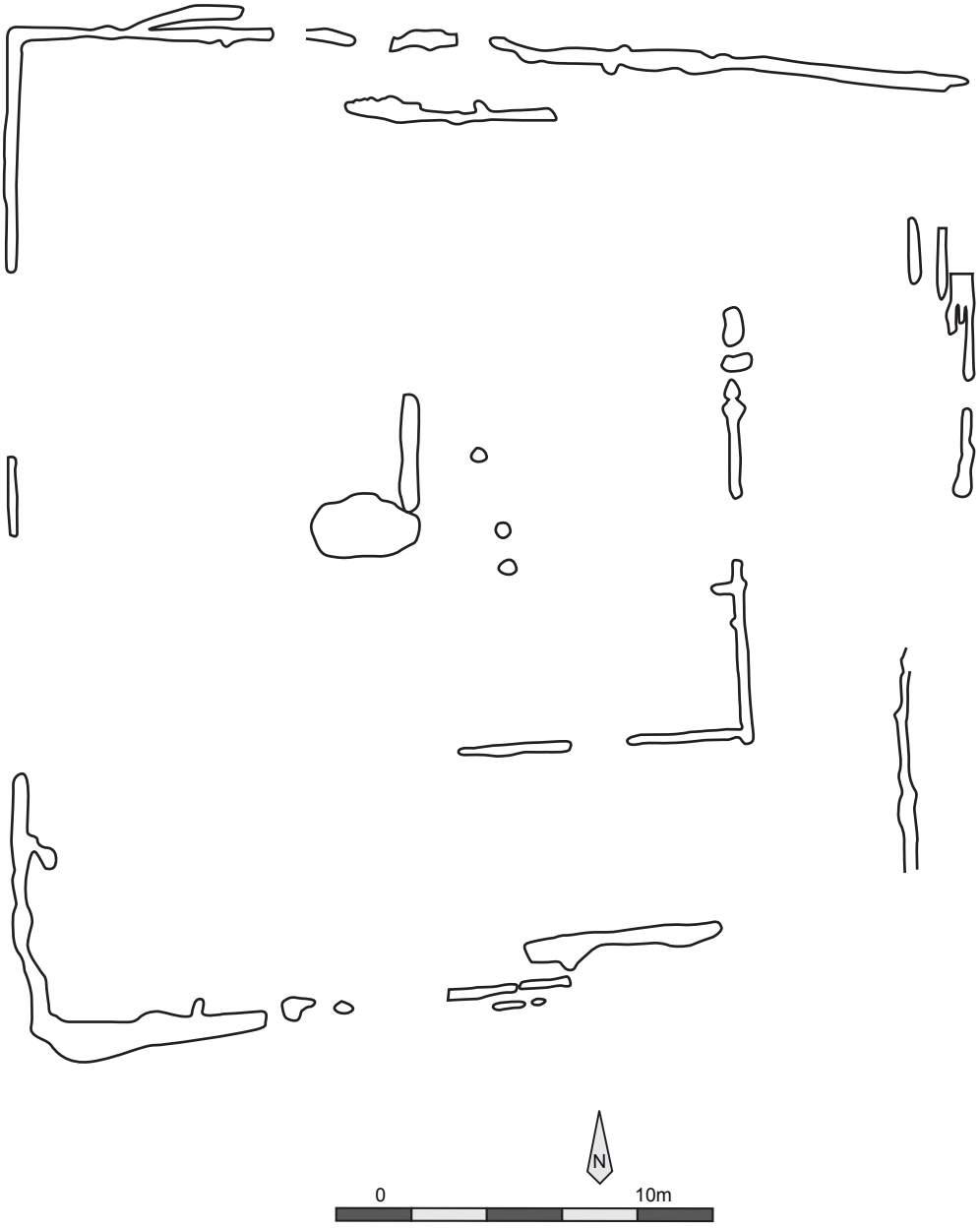
King et Soffe, 1998 : 35-47

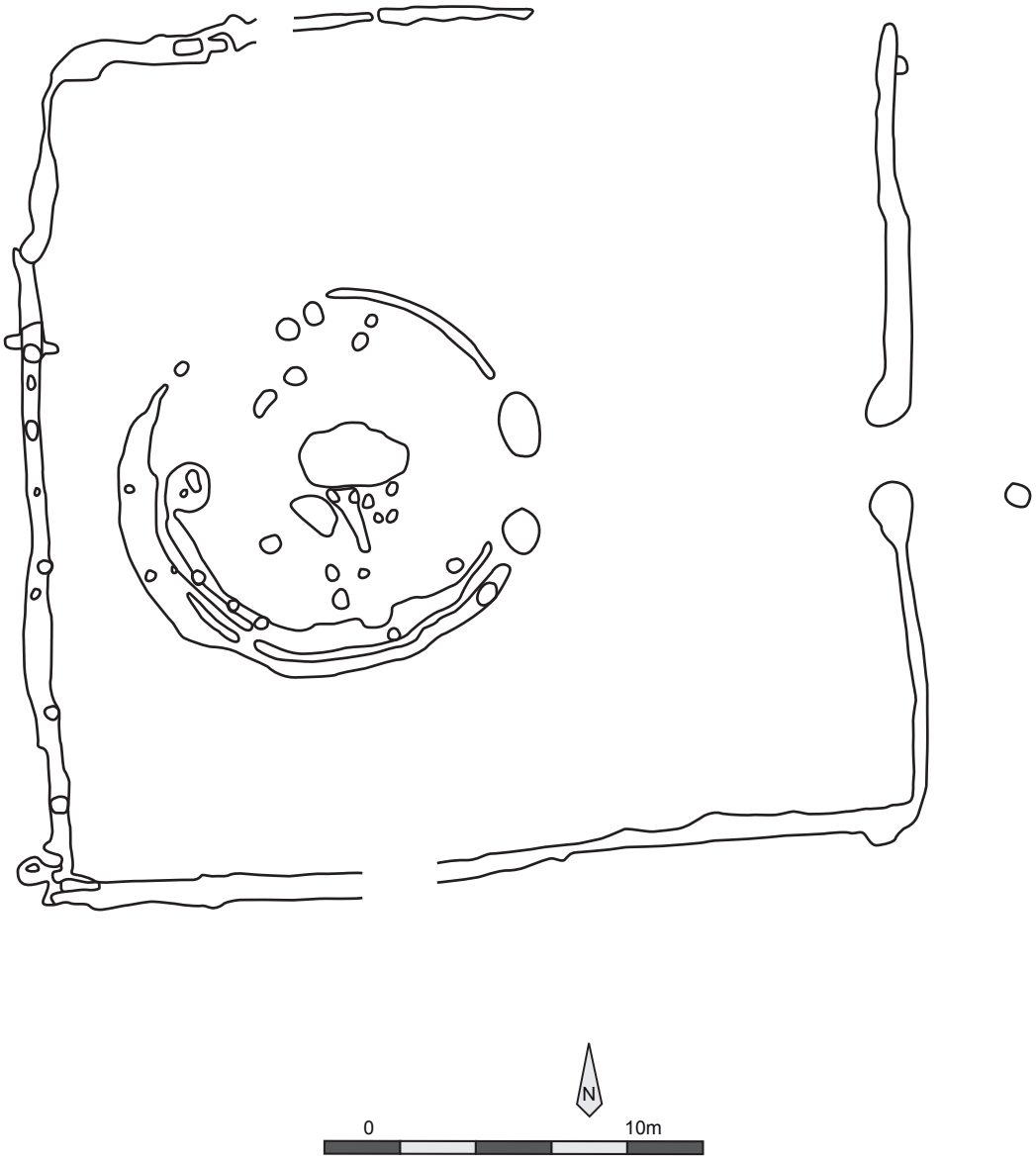
King et Soffe, 2001 : 111-124

King et Soffe, 2013

Schubert, 1983 : 5-19


N
0
10m


N
0
10m


N
0
10m

HEUNEBURG

Présentation du site :

Le site de la « Heuneburg » à Hebertingen (Baden-Württemberg, Allemagne) est un habitat fortifié de hauteur aristocratique situé sur la rive gauche du Danube. L'occupation principale du site se situe entre le VIIe et le Ve siècle avant notre ère. L'acropole est fortifiée dès le VIIe siècle. Durant le VIe siècle, le système de fortification prend la forme d'un rempart en briques crues qui sera détruit par un incendie à la fin du VIe siècle. Le site est organisé en plusieurs îlots d'habitations séparés par des éléments de voirie. Ces îlots varient au cours des nombreuses phases de réaménagement qu'a connu l'acropole. Cette dernière est bordée durant son apogée par une agglomération extérieure, en partie fortifiée et constituée de parcelles délimitées par des fossés, dans lesquelles on retrouve des unités d'habitations aux plans parfois remarquables. À son apogée l'emprise totale de l'habitat est estimée à une centaine d'hectares. L'agglomération extra-muros sera peu à peu abandonnée à partir de la fin du VIe siècle pour faire place à des nécropoles tumulaires de grande dimension. Ce site présente de nombreux indices de contact avec le domaine méditerranéen, autant sur le plan du mobilier qui y a été découvert que sur son organisation et certaines formes architecturales qui ont pu y être perçues.

Bibliographie :

Arafat et Morgan, 1994 : 108-134

Burkhardt, 2010 : 29-50

Fernandez-Götz et Krausse, 2012 : 28-34

Fernandez-Götz, 2014 : 24-34

Kimmig, 1983

Kimmig, 2000

Gersbach, 1995

Gersbach, 1996

Hailer, 2010 : 11-28

Krausse, 2010

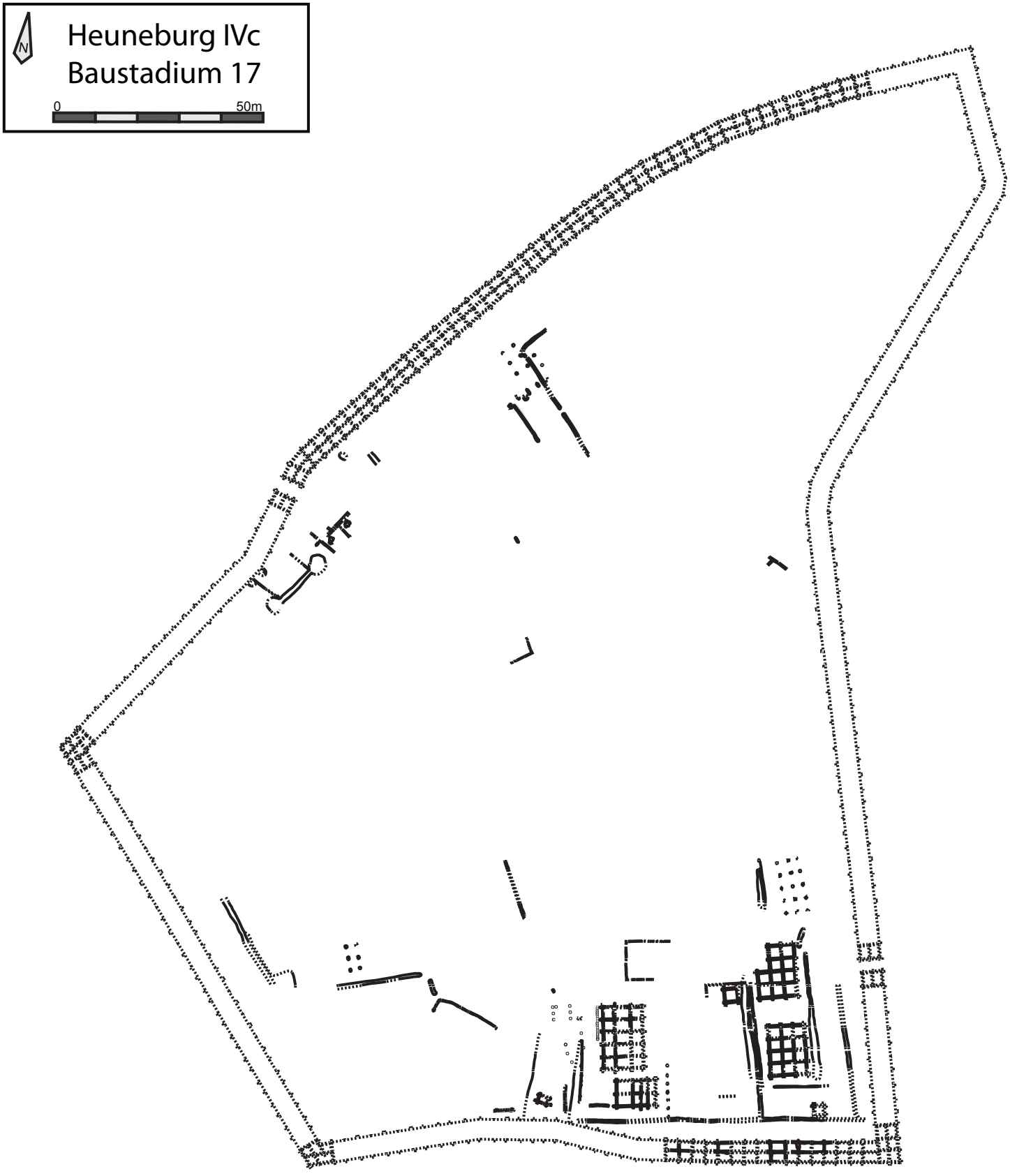
Krausse et Fernandez-Götz, 2012 : 116-132

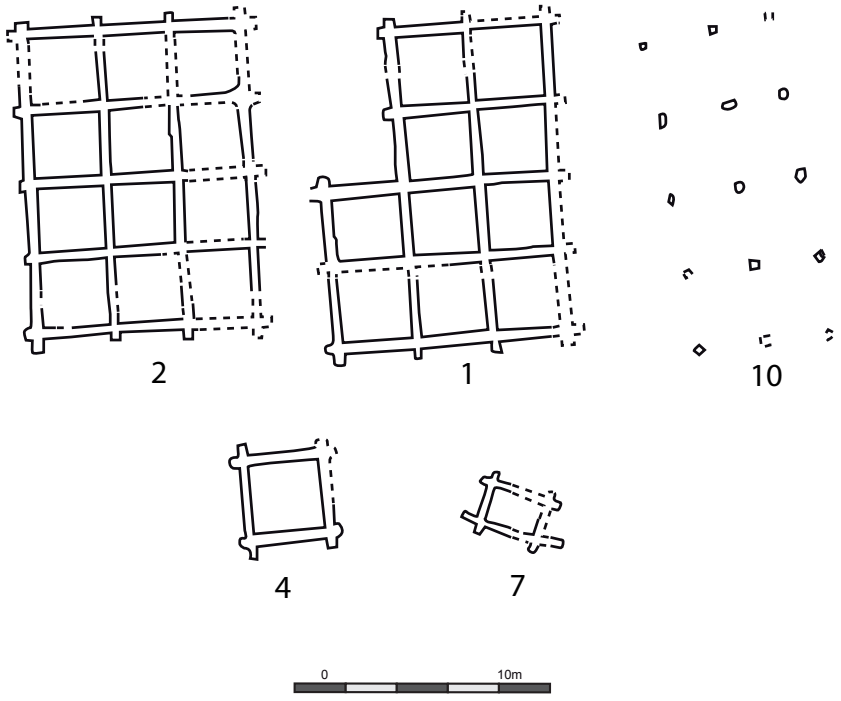
Kurz, 2000

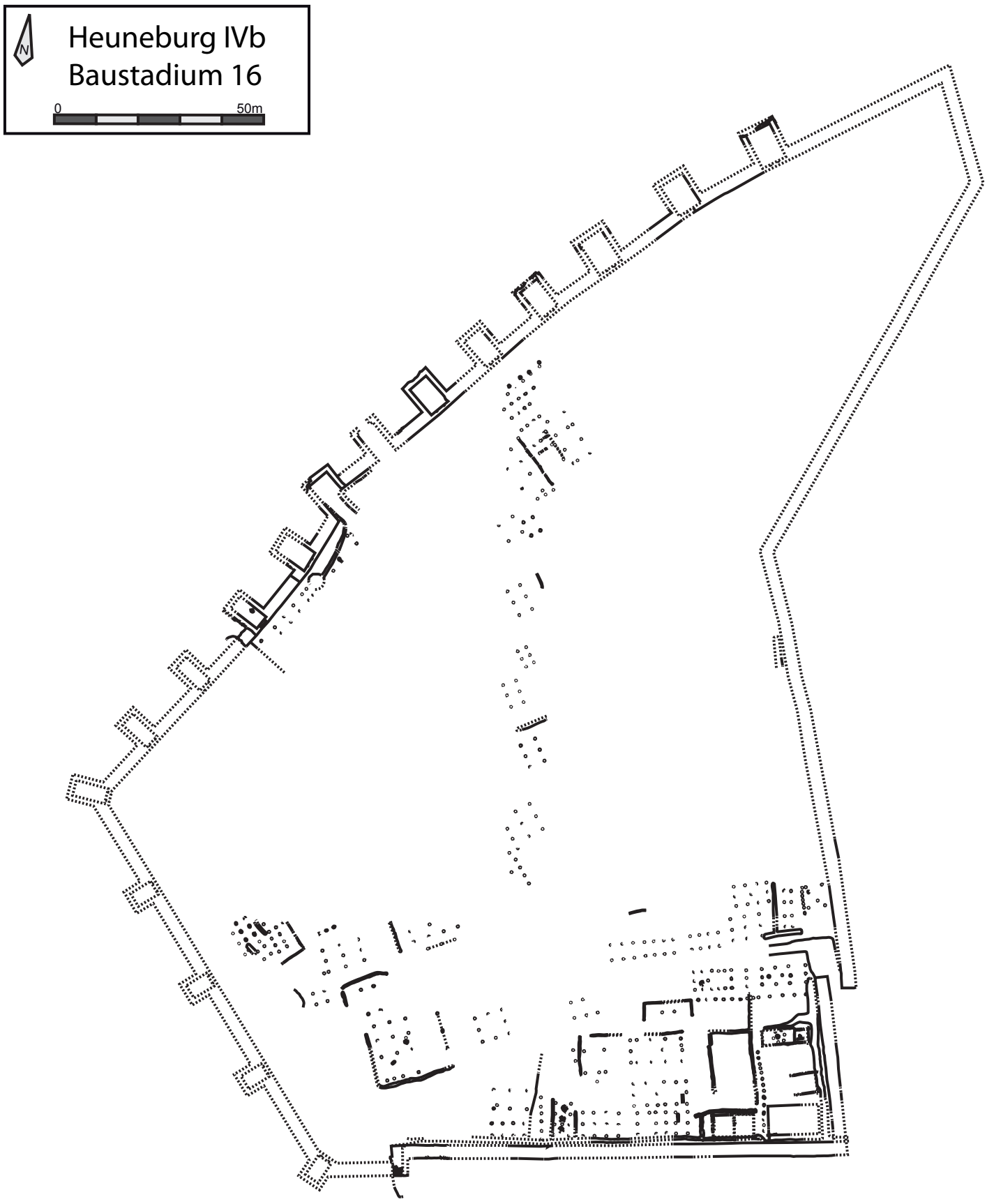
Kurz, 2010 : 239-256

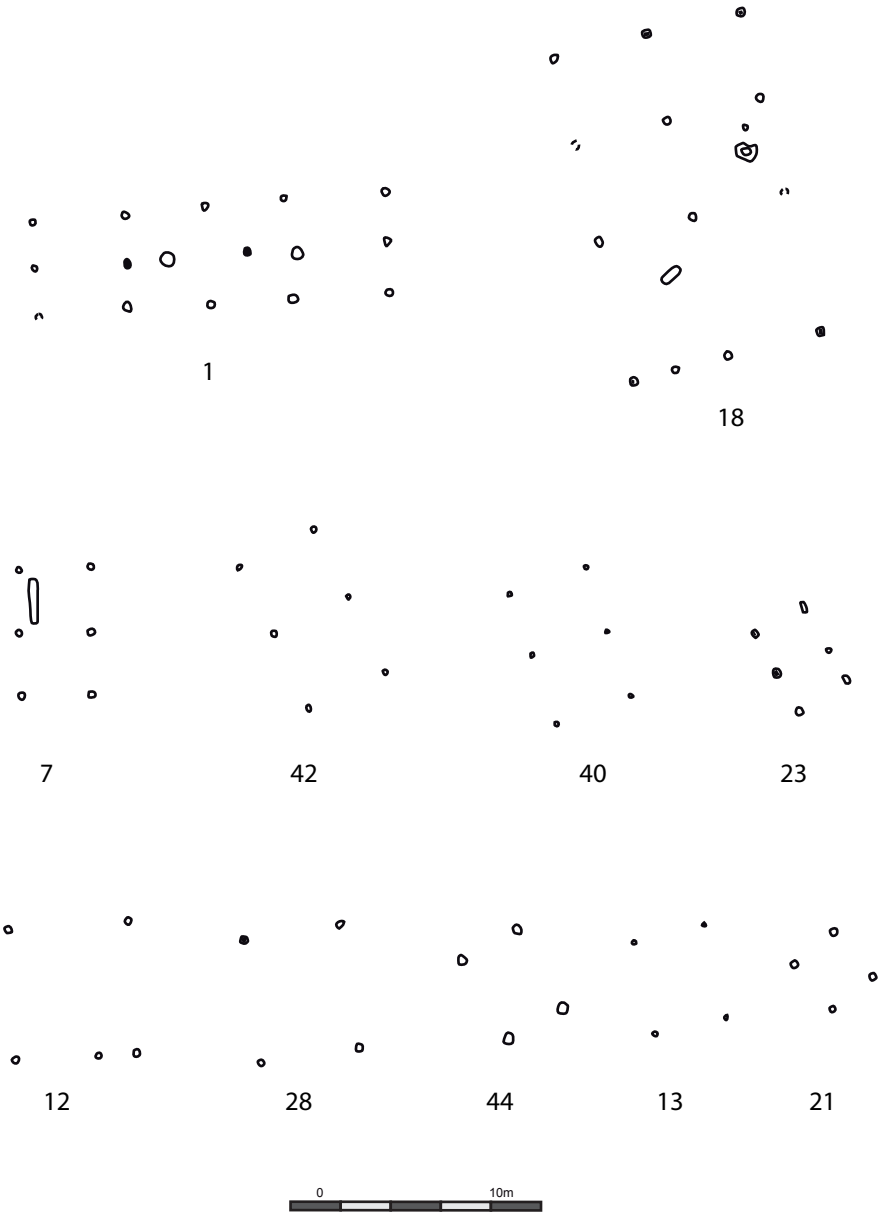
Kurz, 2012 : 15-28

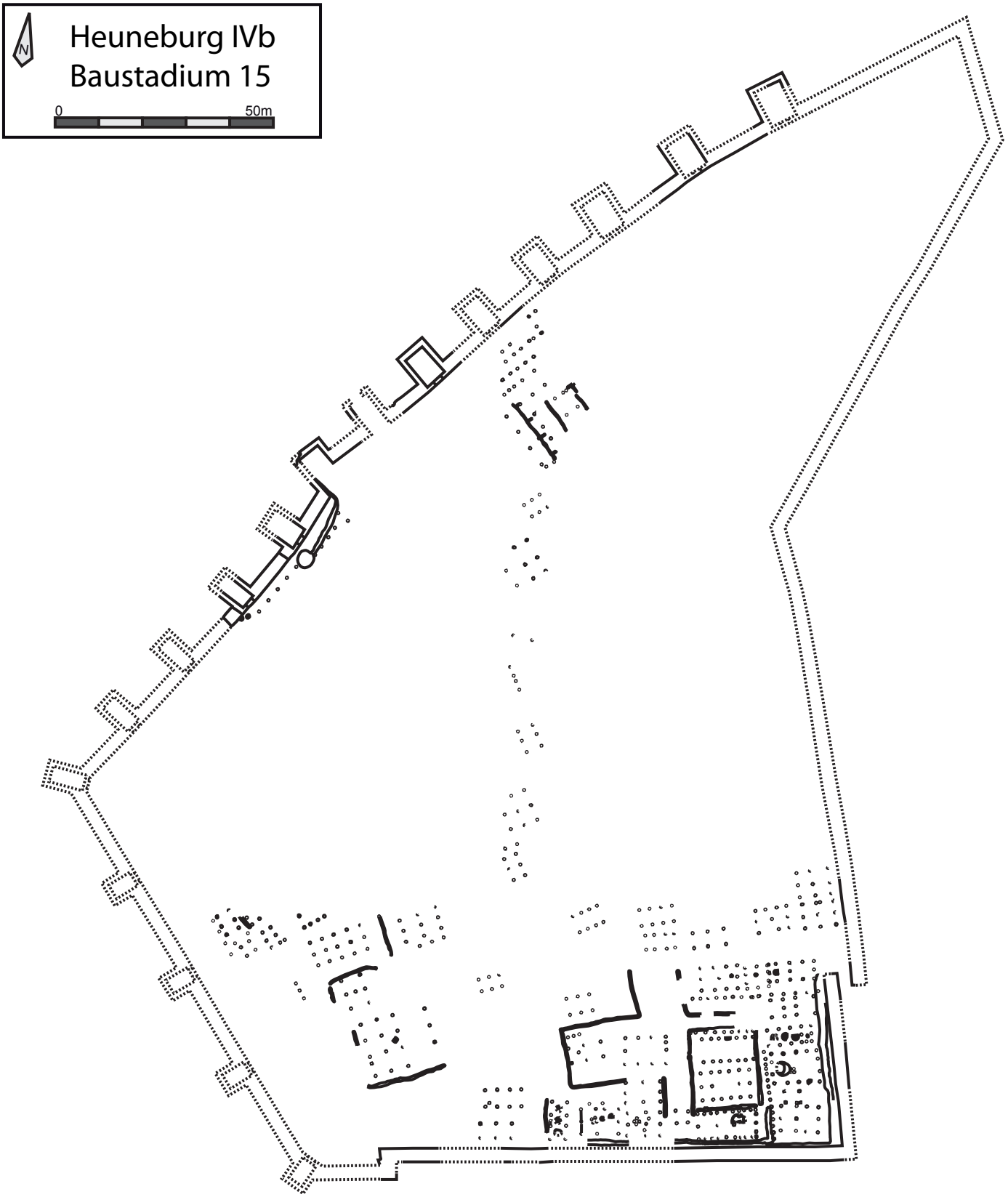
Stegmaier, 2010 : 257-268

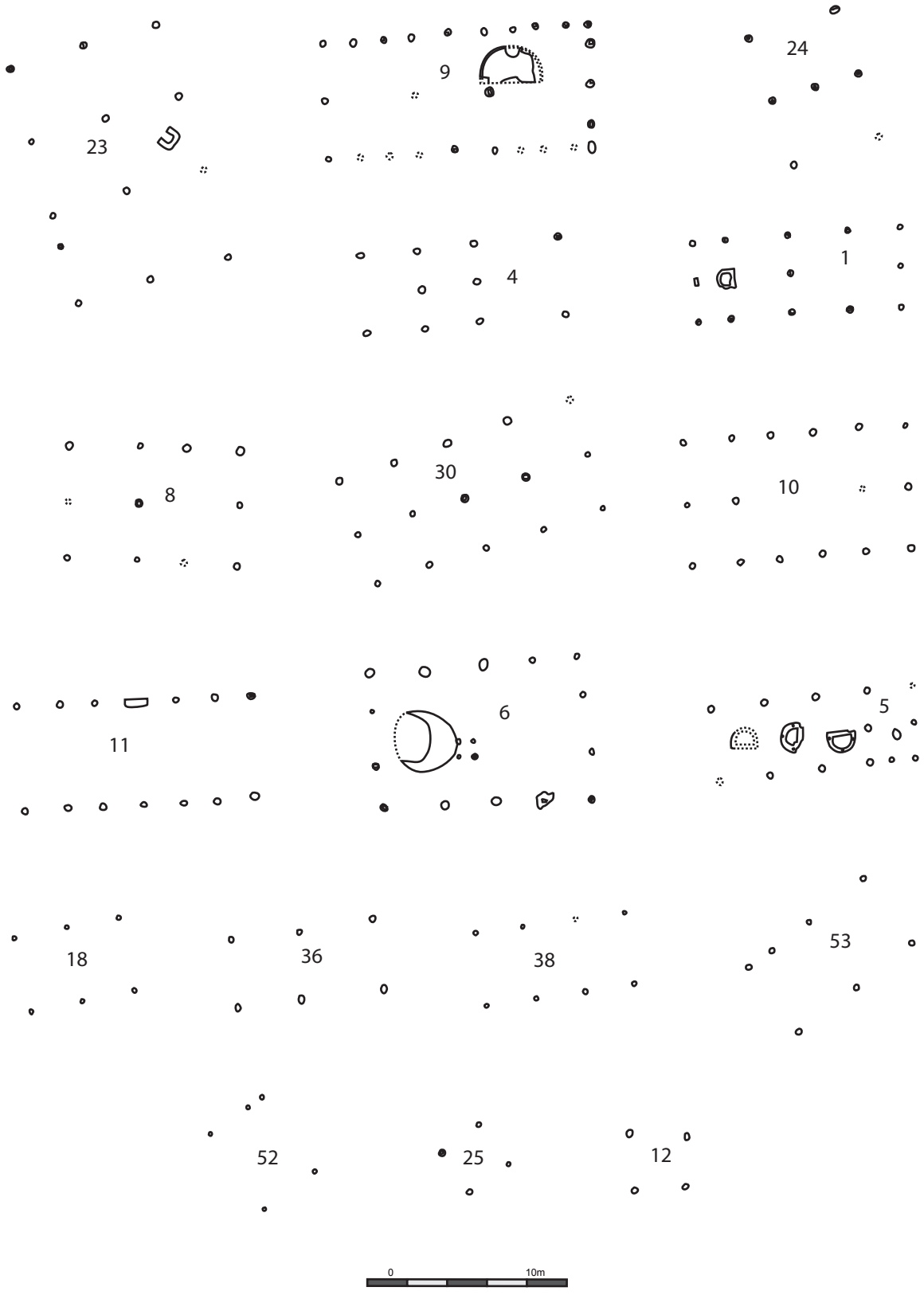

Heuneburg IVc
Baustadium 17
N
0
50m

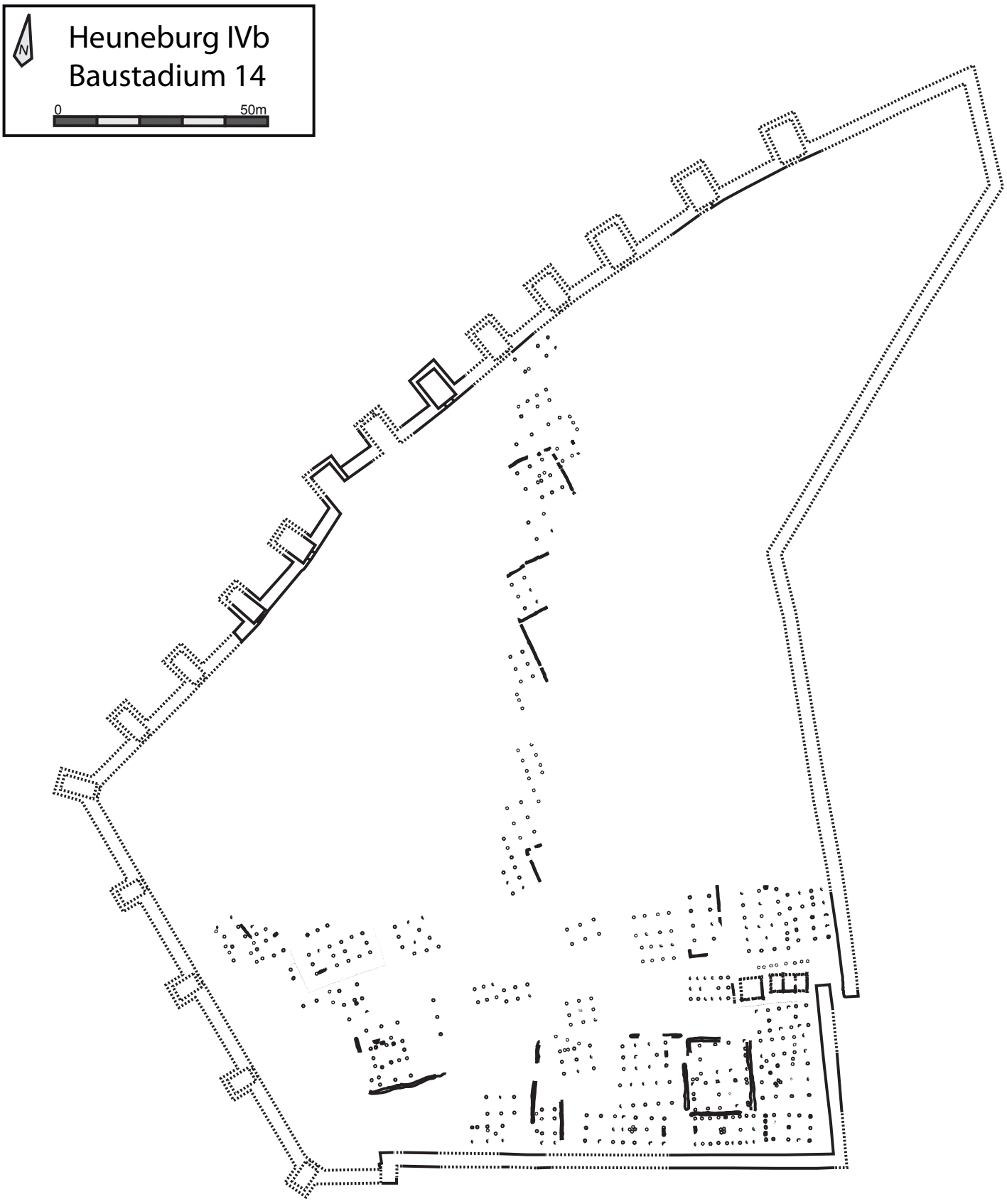

2
1
10
4
7
0
10m

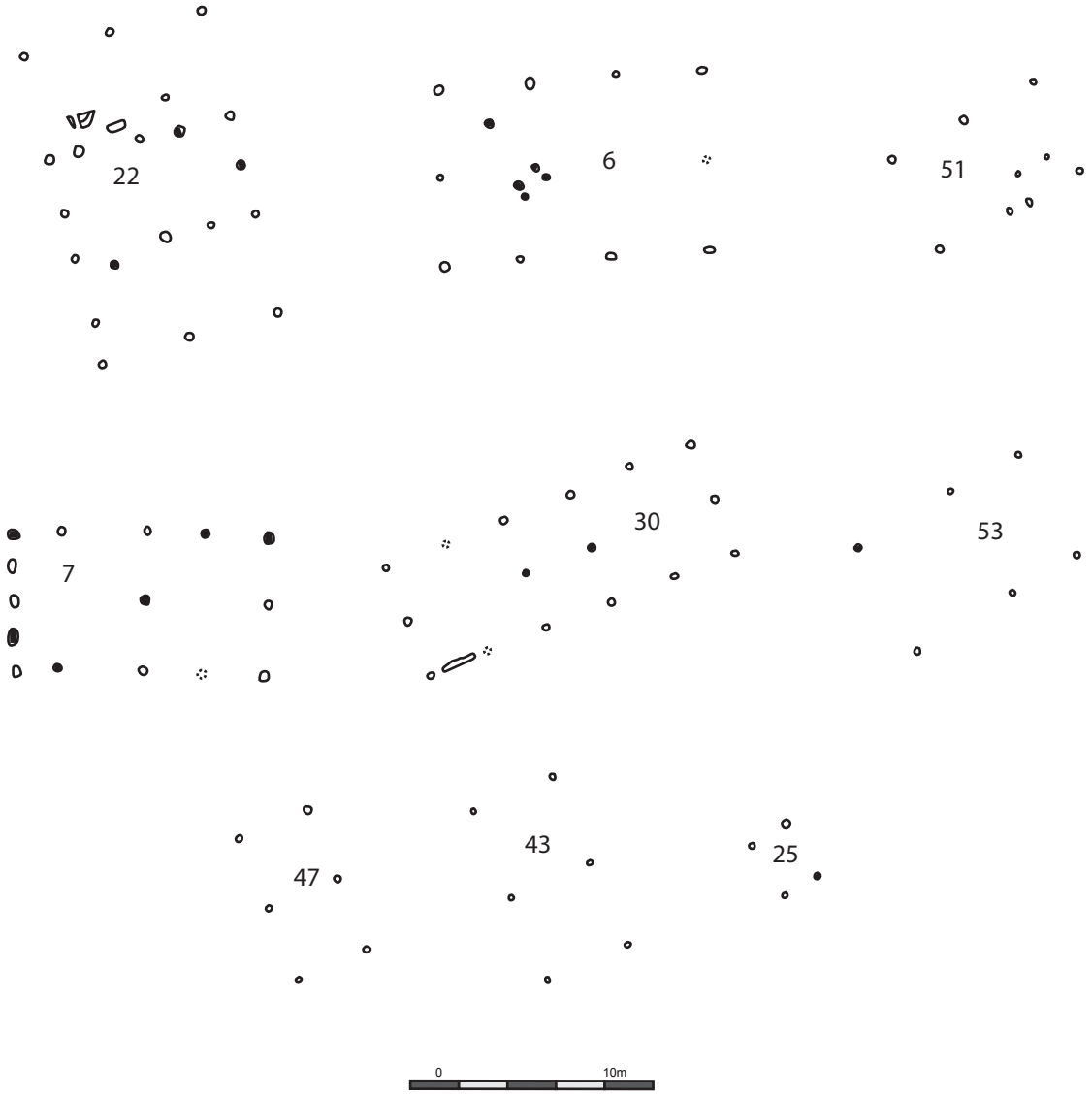

Heuneburg IVb
Baustadium 16
0
50m

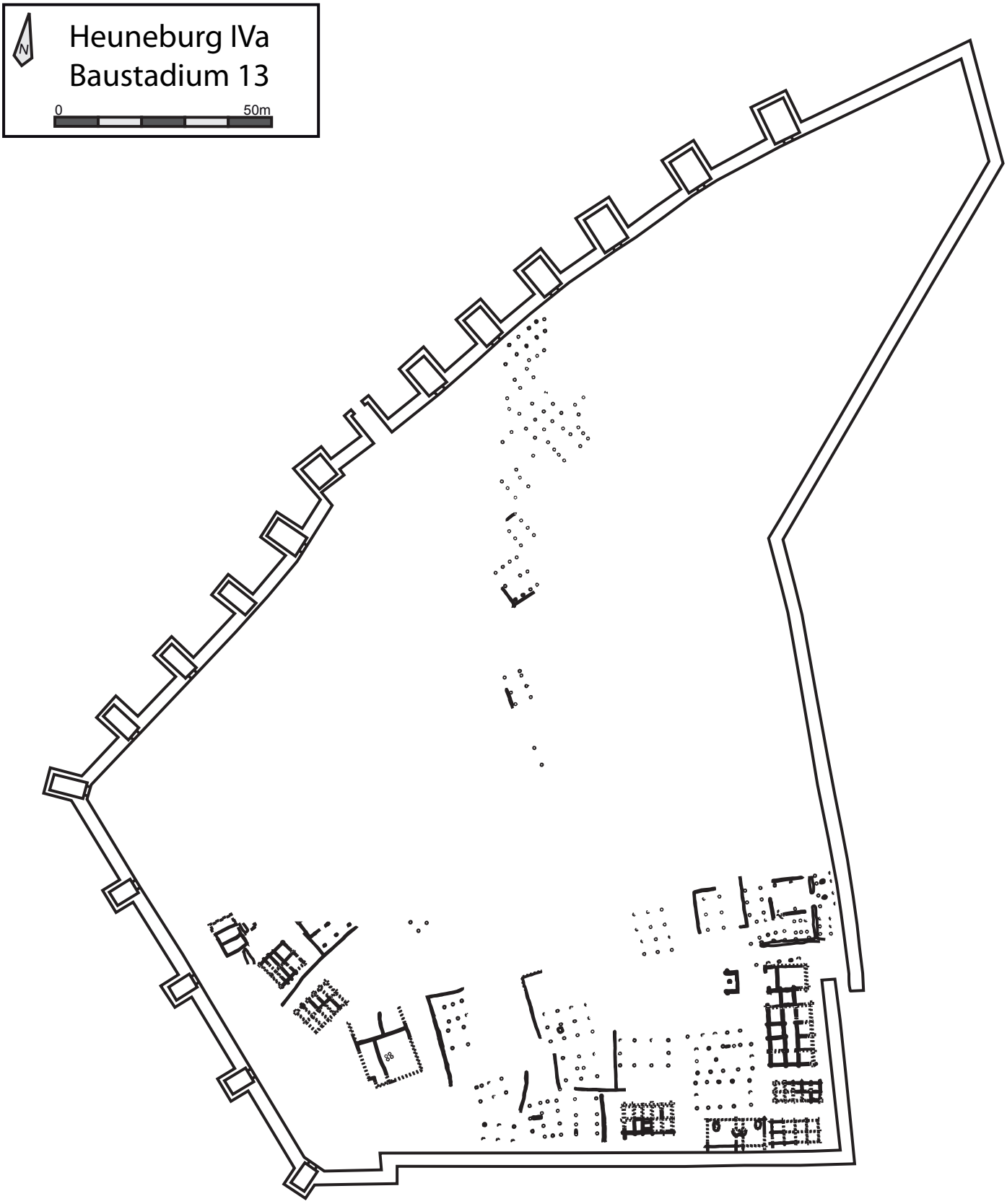

1
18
7
42
40
23
12
28
44
13
21
0
10m

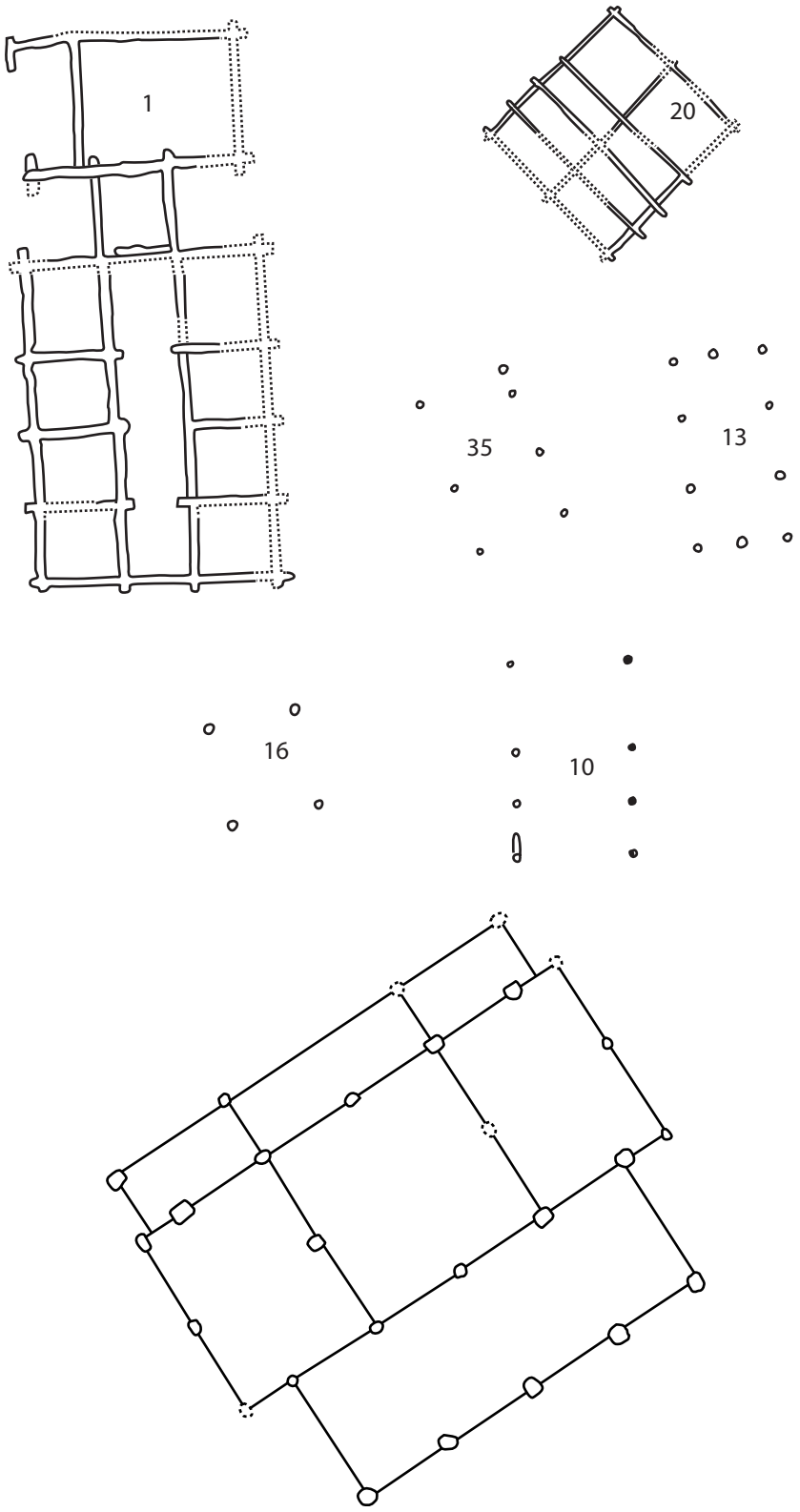

Heuneburg IVb
Baustadium 15
N
0
50m


23
9
0
24
4
1
8
30
10
11
6
5
18
36
38
53
52
25
12
0
10m

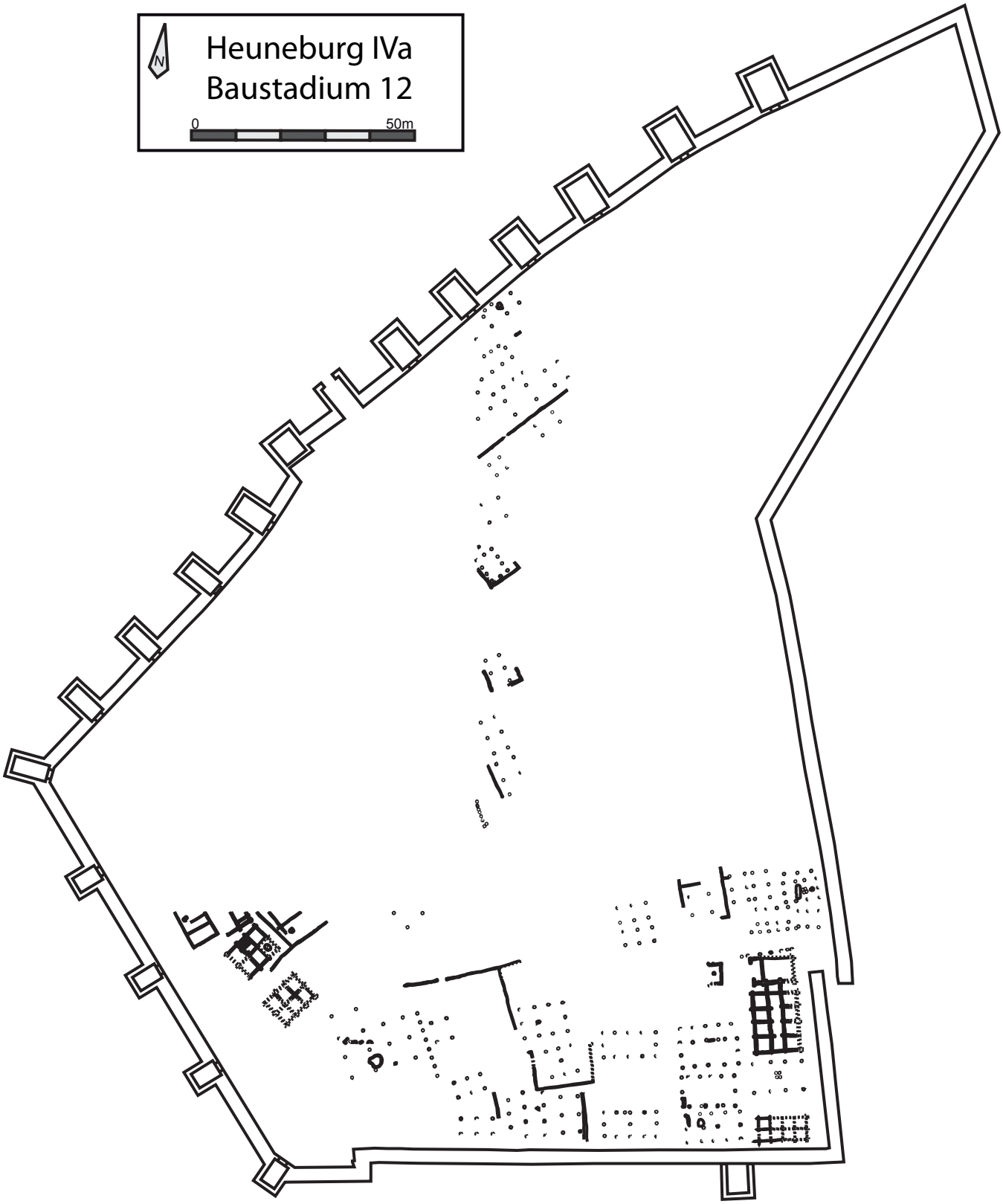

Heuneburg IVb
Baustadium 14
0
50m

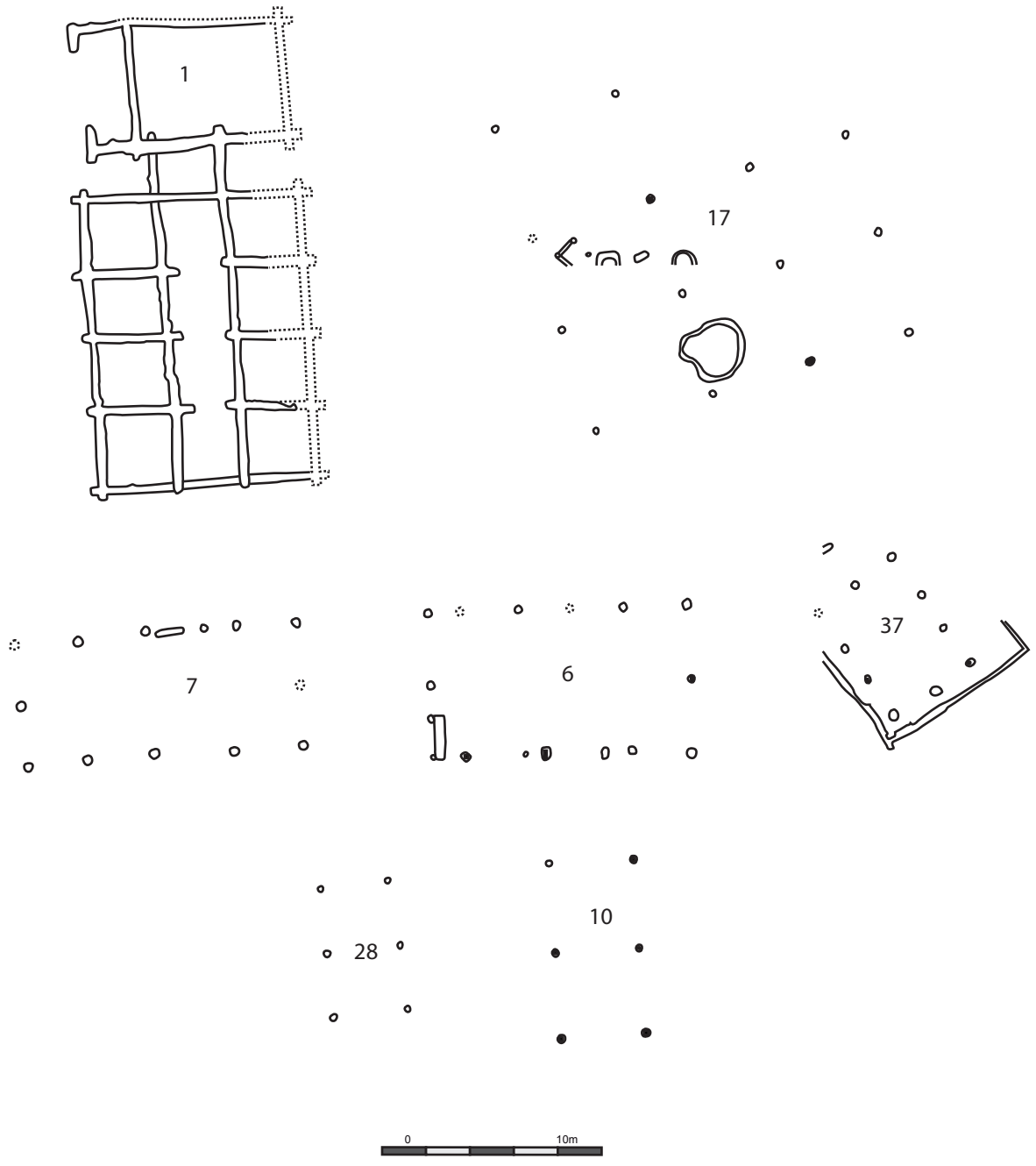

22
6
51
7
30
53
43
25
47
0
10m

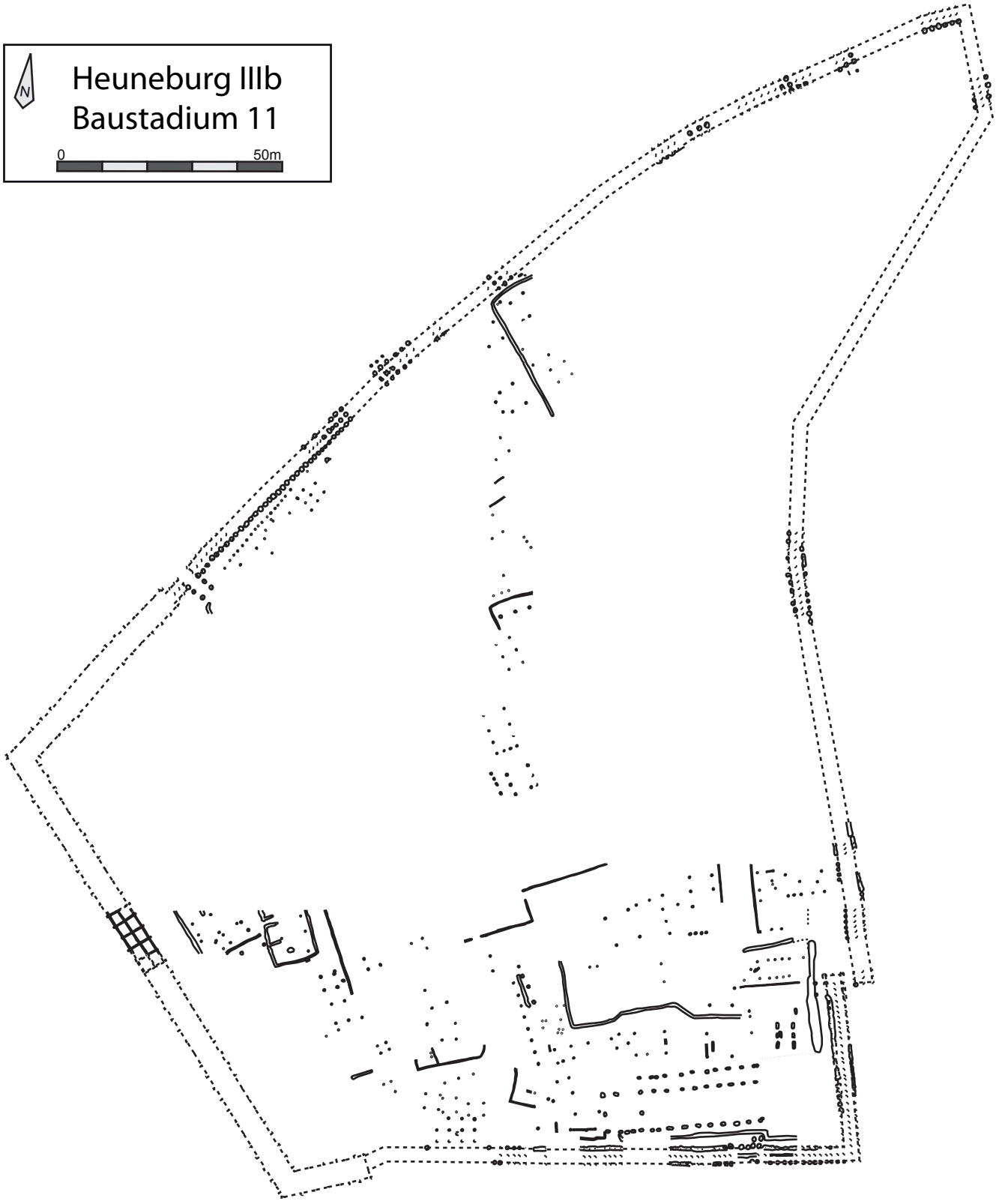

Heuneburg IVa
Baustadium 13
0
50m
N

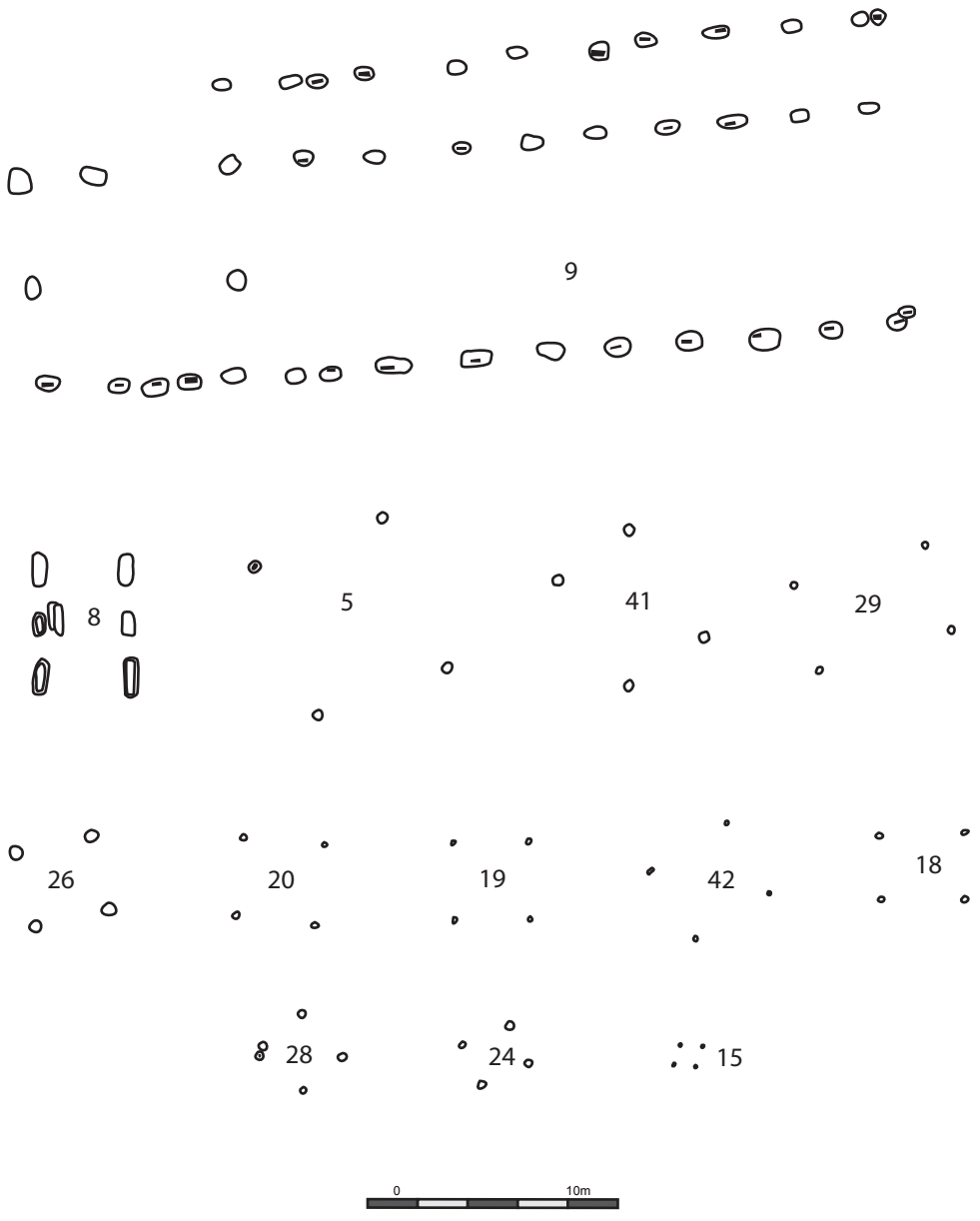


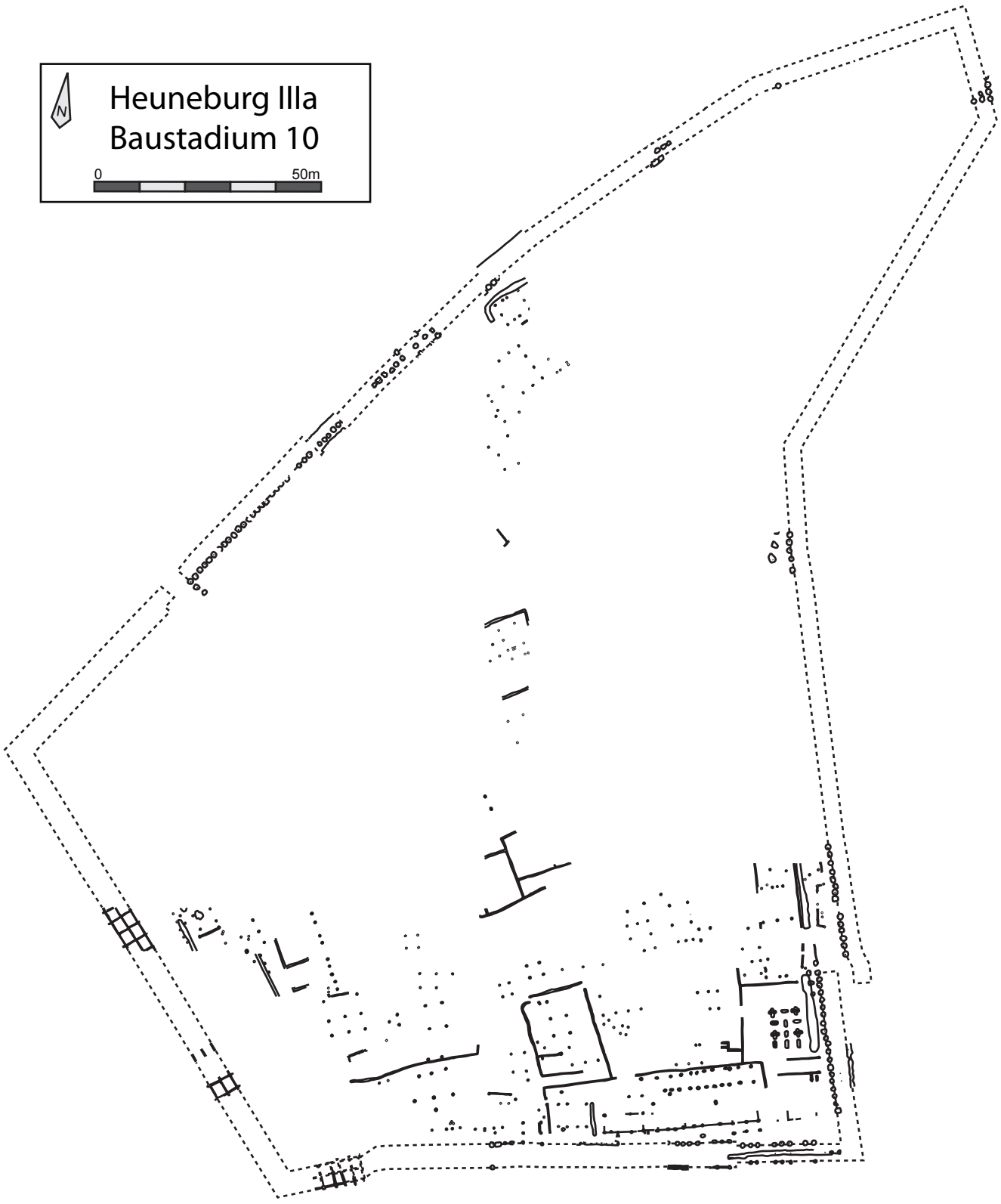
Giesshübel-Talhau

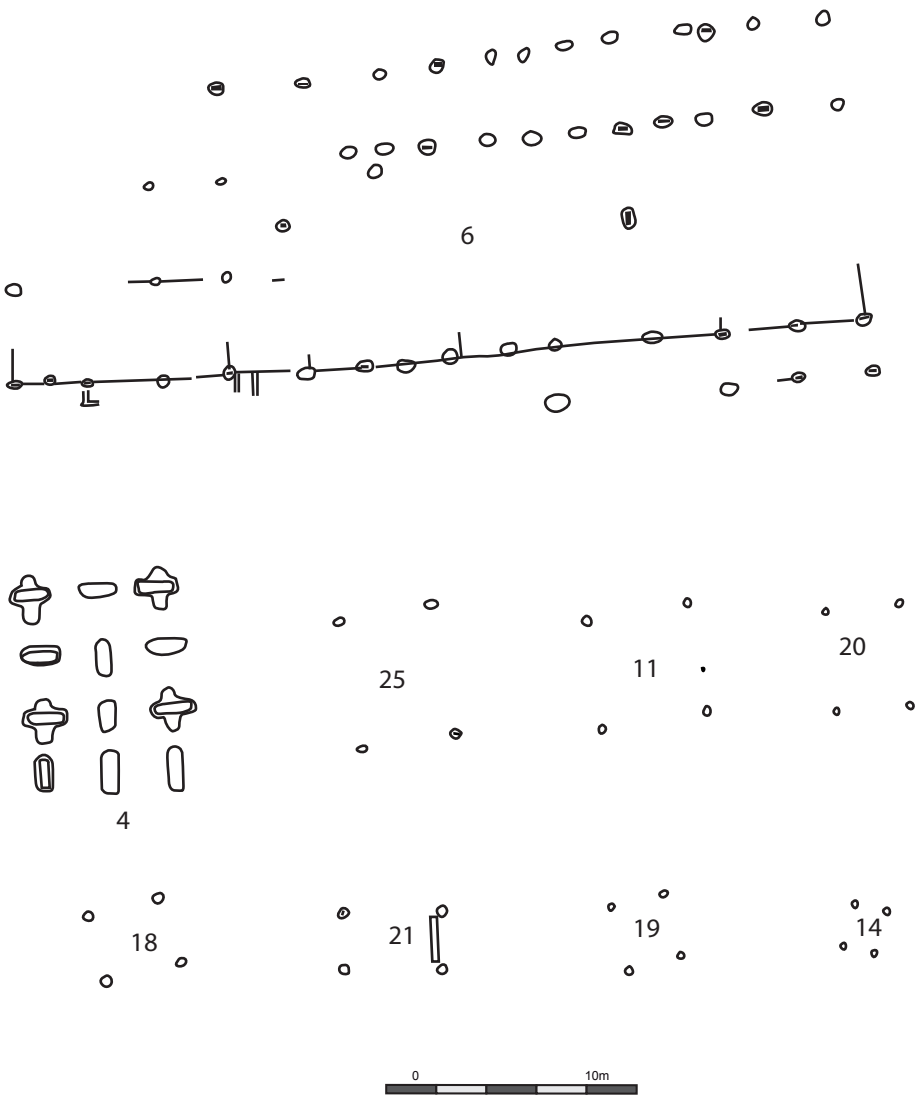

N
Heuneburg lVa
Baustadium 12
0
50m

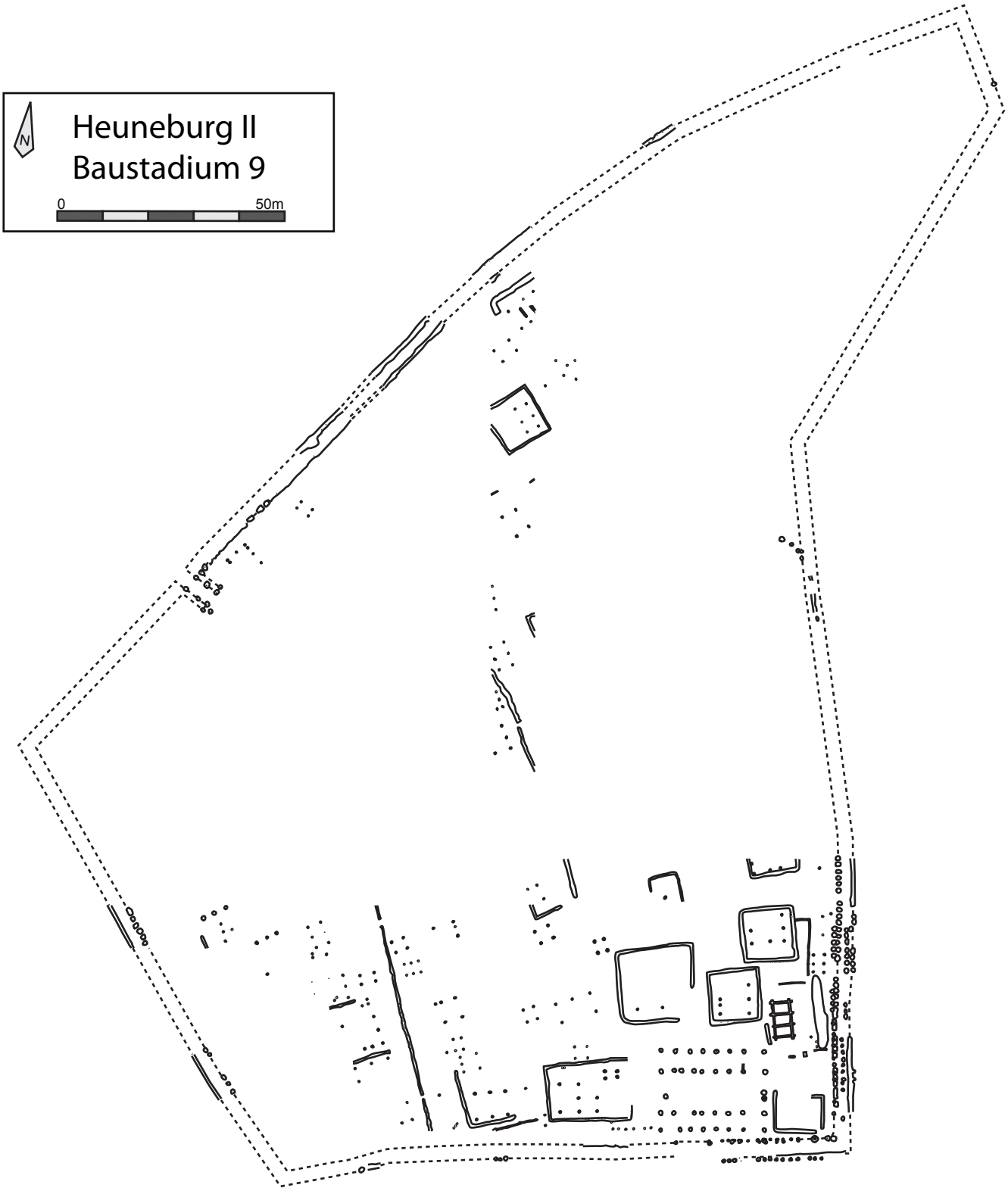

1
17
37
7
6
10
28
0
10m

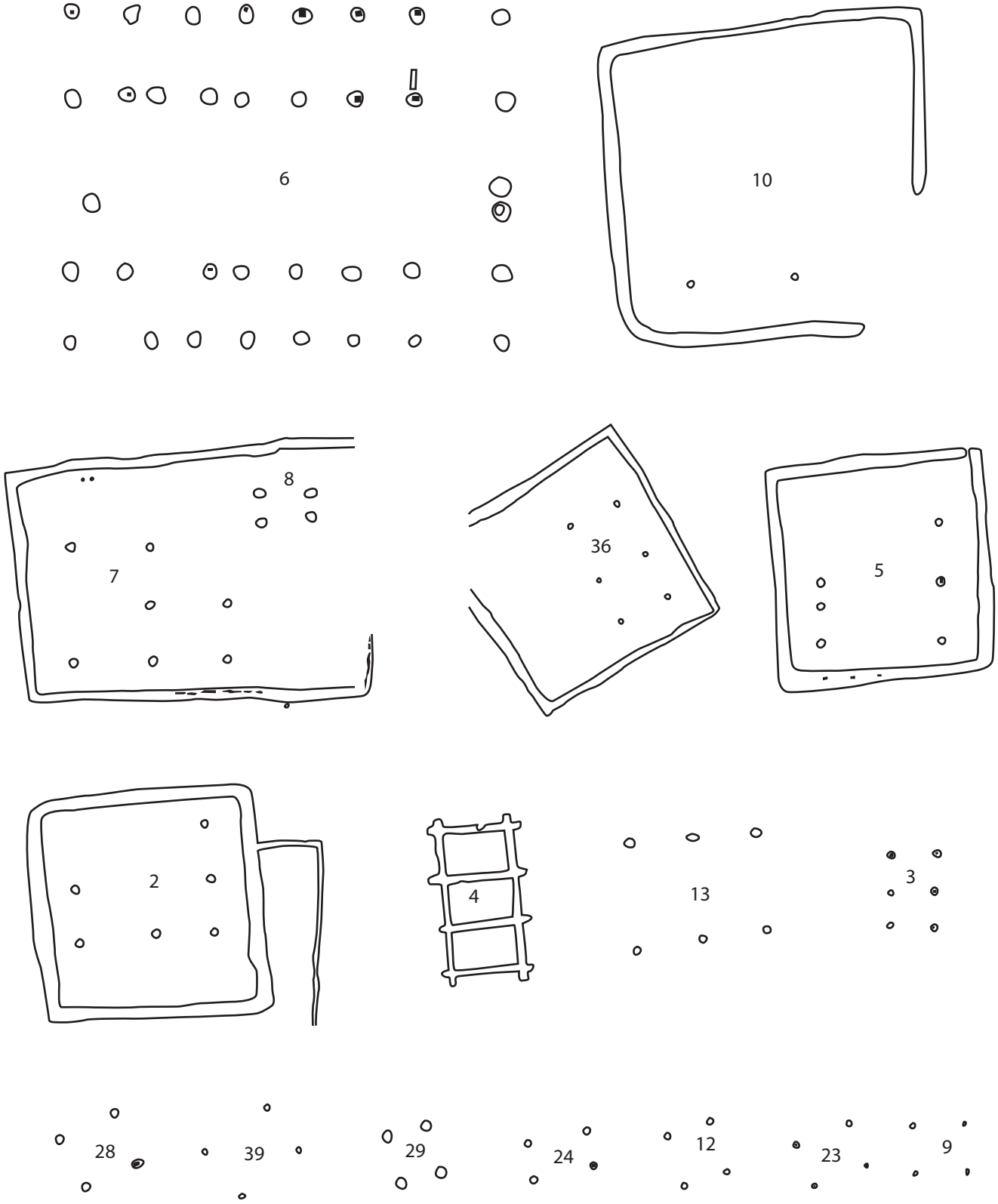

N
Heuneburg IIIb
Baustadium 11
0
50m

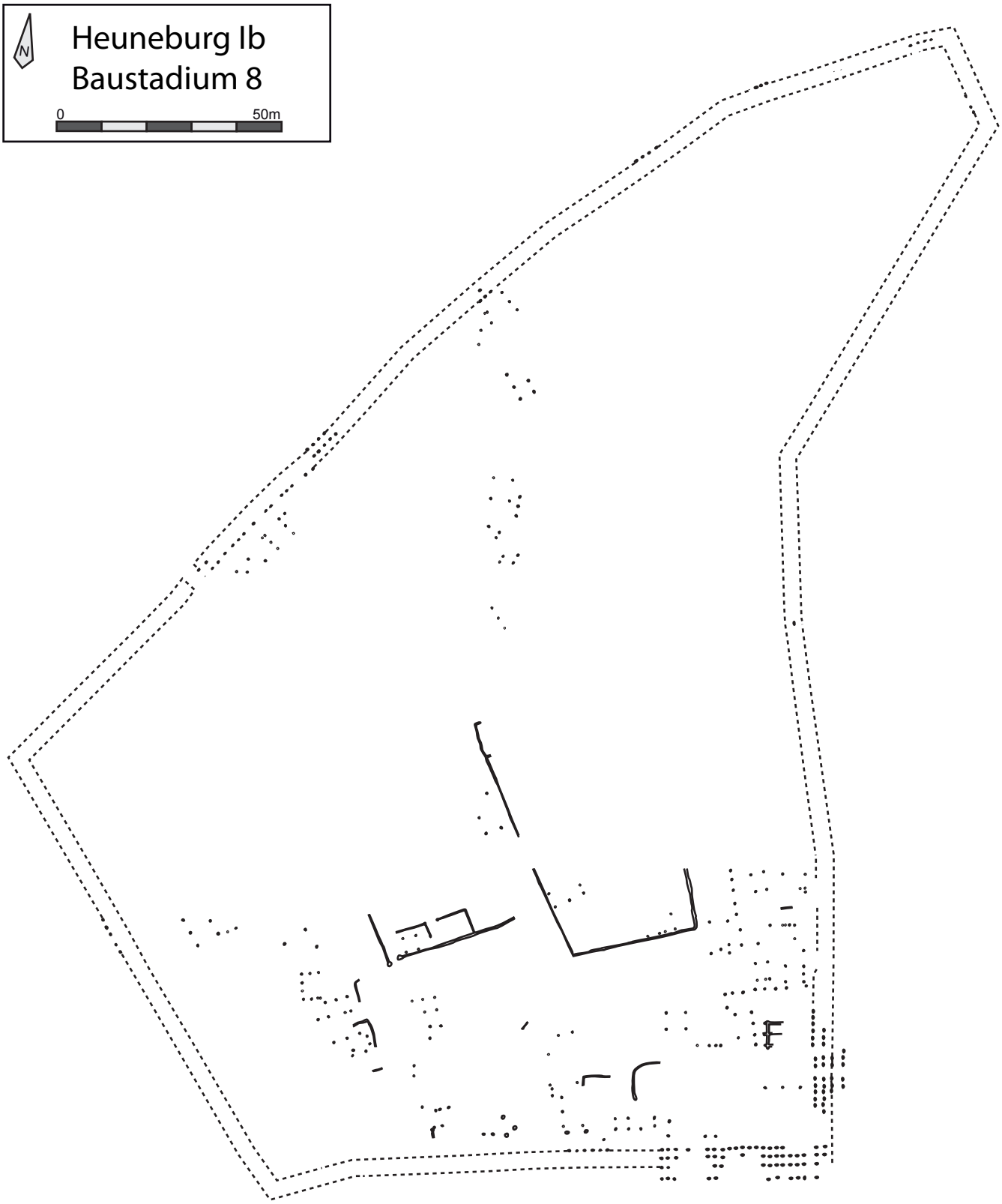

9
8
5
41
29
26
20
19
42
18
28
24
15
0
10m

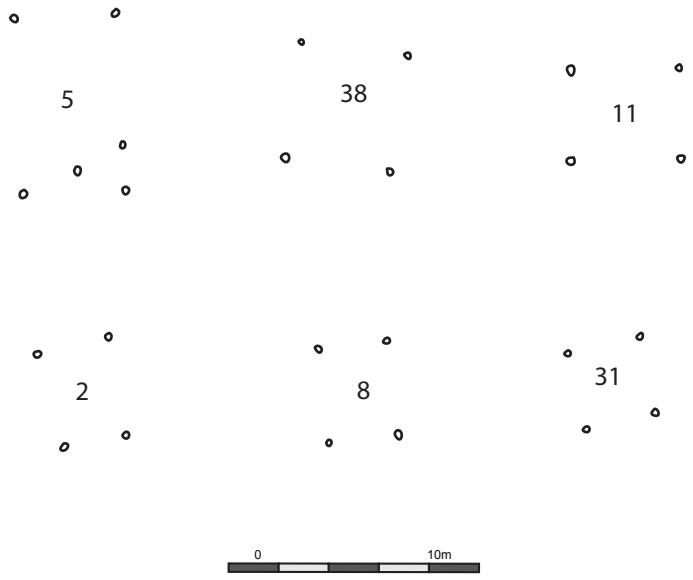

Heuneburg IIIa
Baustadium 10
N
0
50m

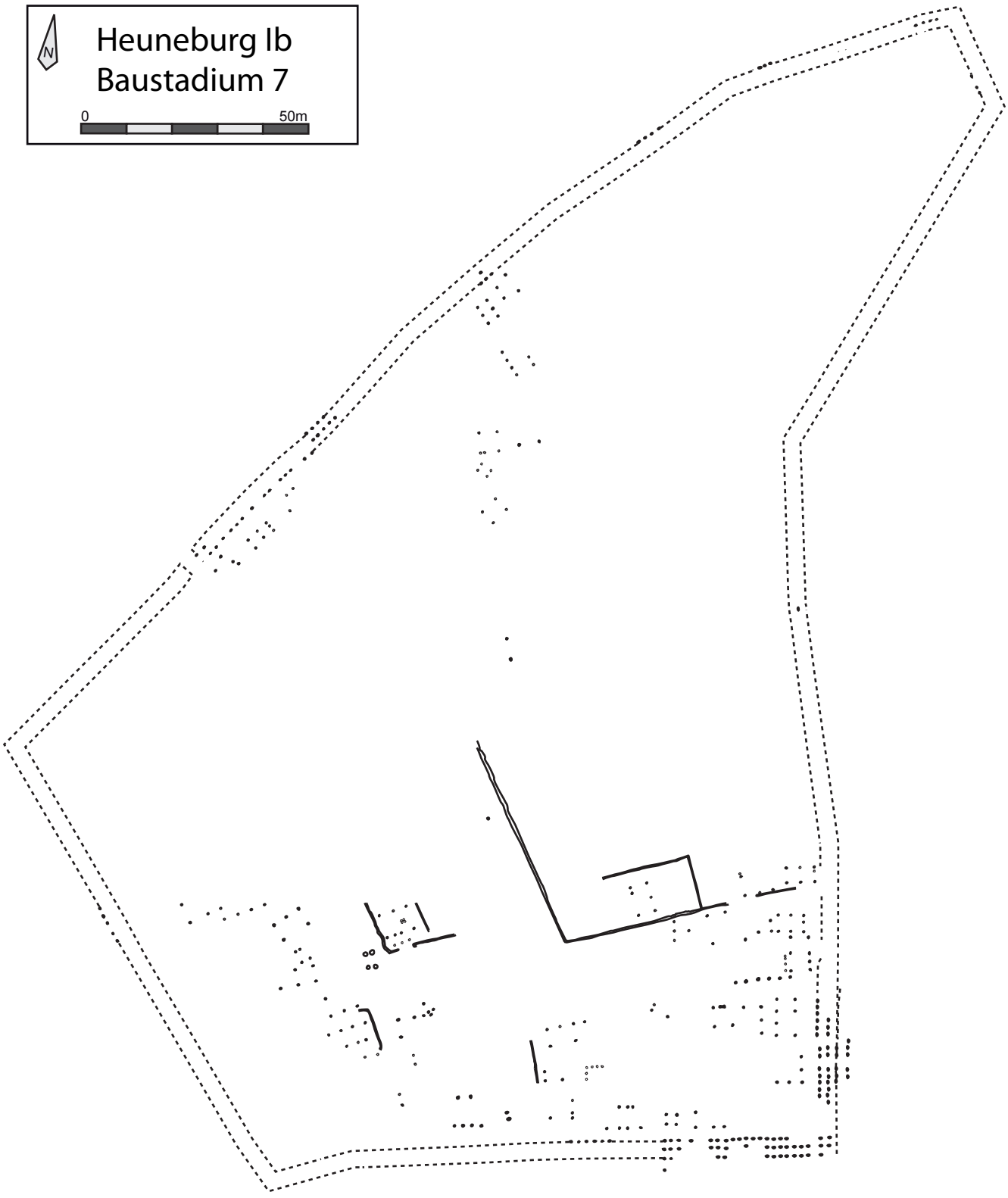

6
4
25
11
20
18
21
19
14
0
10m

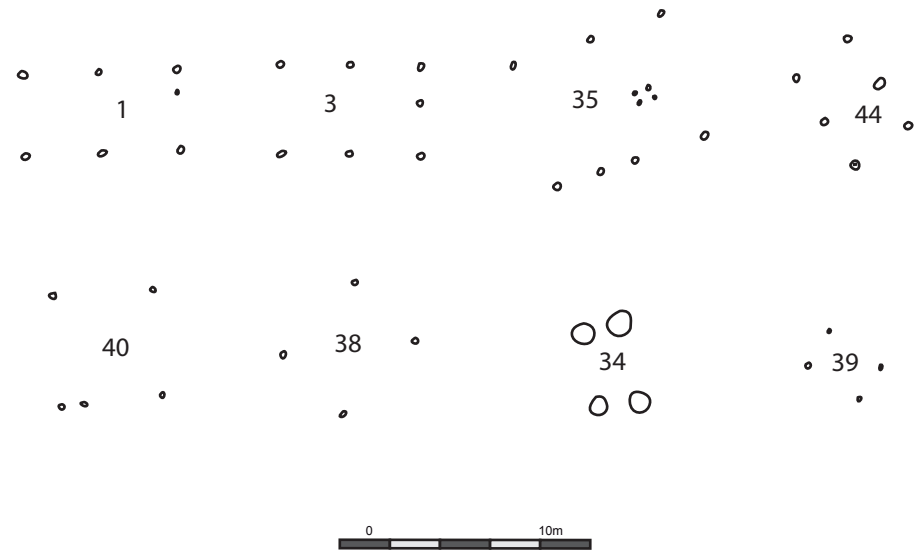

N
Heuneburg II
Baustadium 9
0
50m

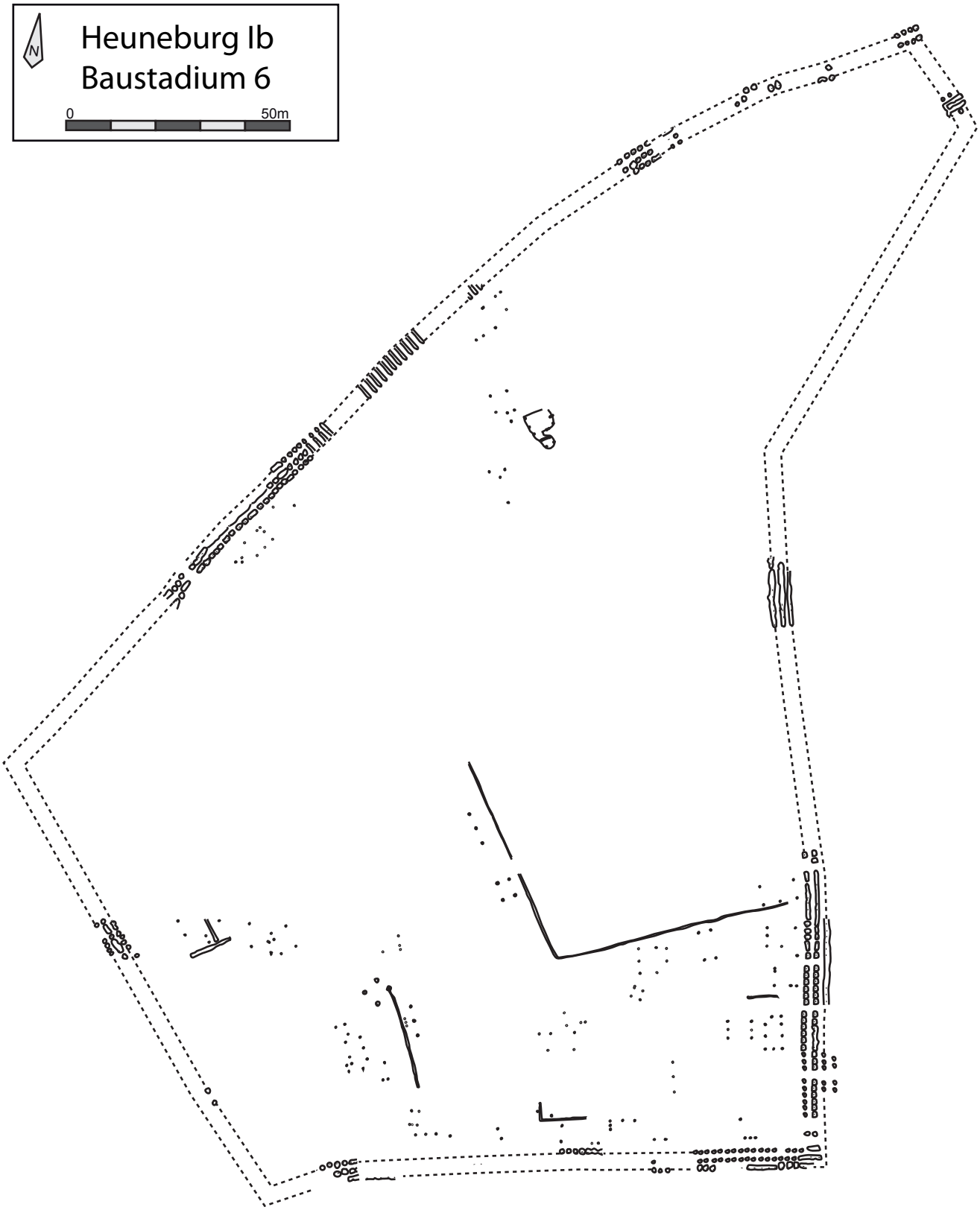

6
10
8
7
36
5
2
4
13
3
28
39
29
24
12
23
9
0
10m

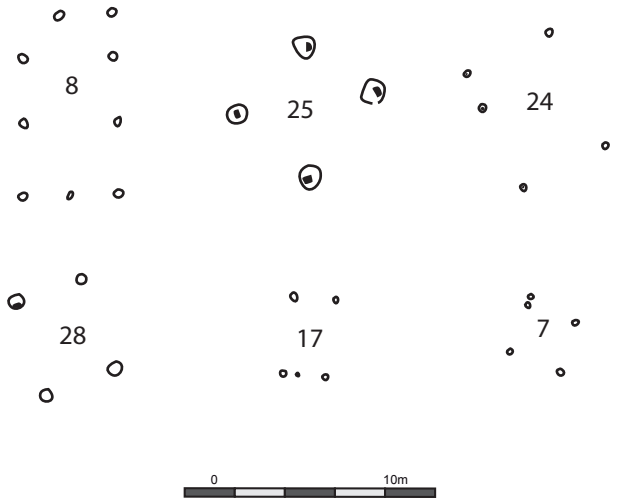

N
Heuneburg Ib
Baustadium 8
0
50m

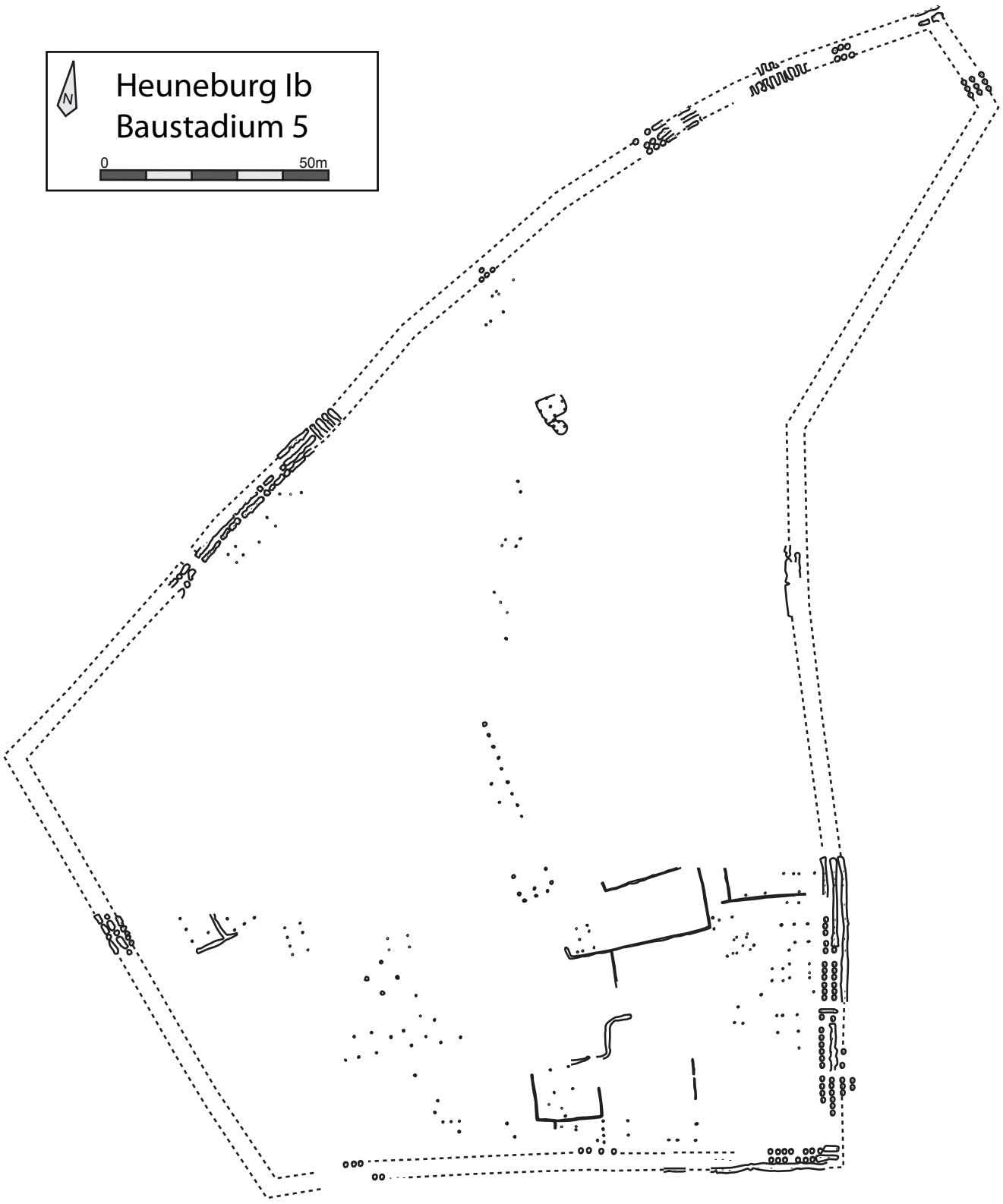

5
38
11
2
8
31
0
10m

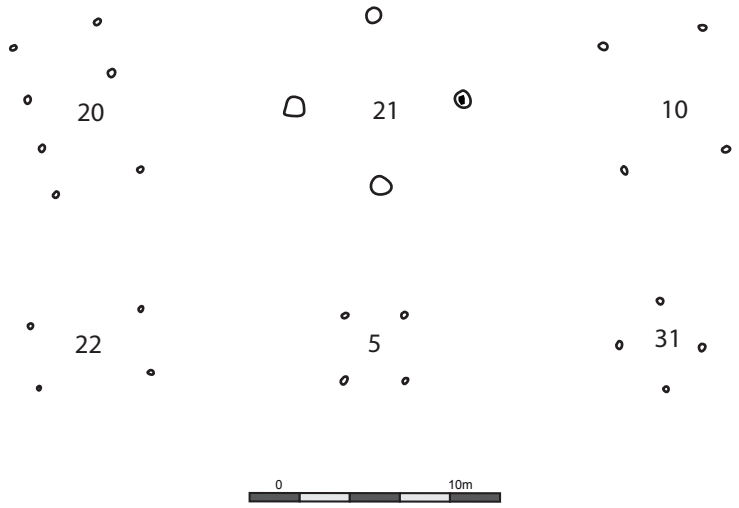

Heuneburg Ib
Baustadium 7
0
50m

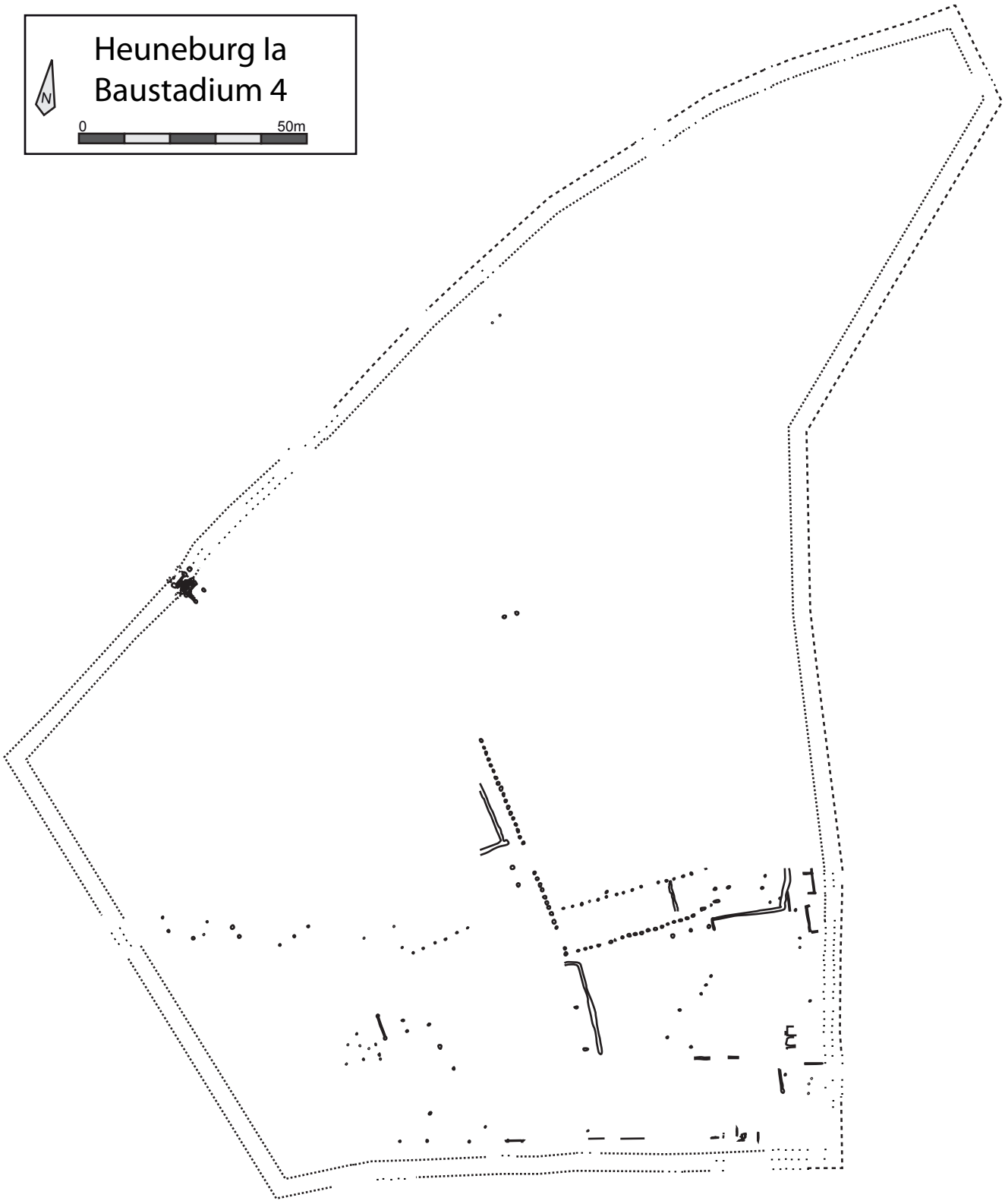

1
3
35
44
40
38
34
39
0
10m

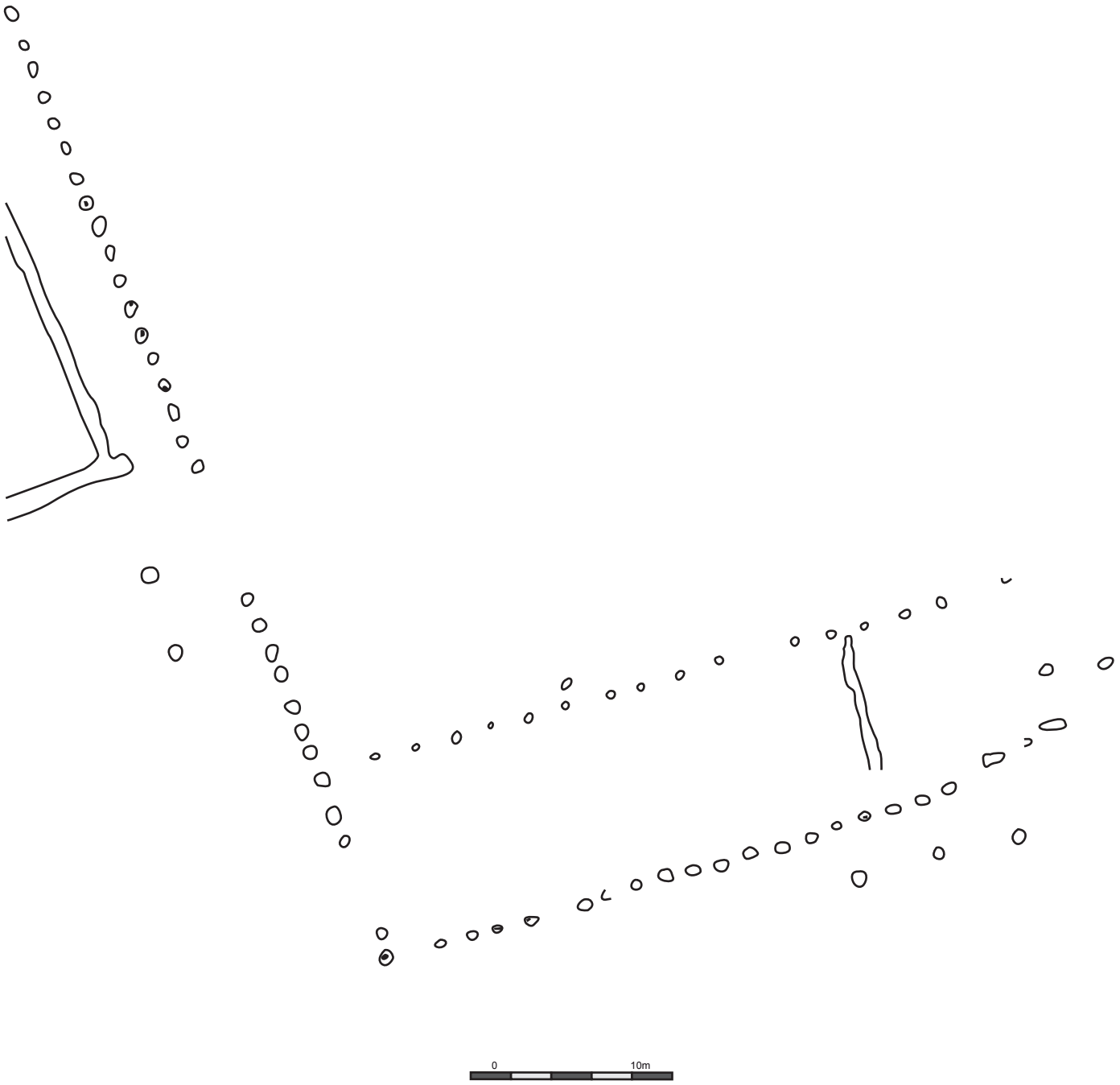

Heuneburg Ib
Baustadium 6
0
50m
N


8
25
24
28
17
7
0
10m


Heuneburg Ib
Baustadium 5
0
50m


20
21
10
22
5
31
0
10m


Heuneburg Ia
Baustadium 4
N
0
50m


0
10m

LATTARA

Présentation du site :

Le site de Lattara (Lattes, Hérault) a été découvert en 1963 et fait depuis régulièrement l'objet de campagnes de fouilles. Il s'agit d'une ville portuaire que l'on peut qualifier d'emporion, fondée à la fin du VIe siècle avant notre ère et abandonnée aux alentours de la fin du IIIe siècle de notre ère. La partie fortifiée englobe une superficie de 3,5 hectares dont une grande partie a été explorée. L'habitat se présente sous la forme de cellules de dimensions régulières regroupées au sein d'îlots. La trame urbaine est mise en place dès le milieu du Ve siècle avant notre ère. Aux IIIe et IIe siècles avant notre ère, la ville se dote d'extensions extra-muros assez mal connues à l'heure actuelle et dont la superficie est estimée à une douzaine d'hectares.

Bibliographie :

Bernard et Garcia, 2010 : 212-220

Dedet et Py, 1985

Garcia dir., 1994

Garcia, 2005 : 169-186

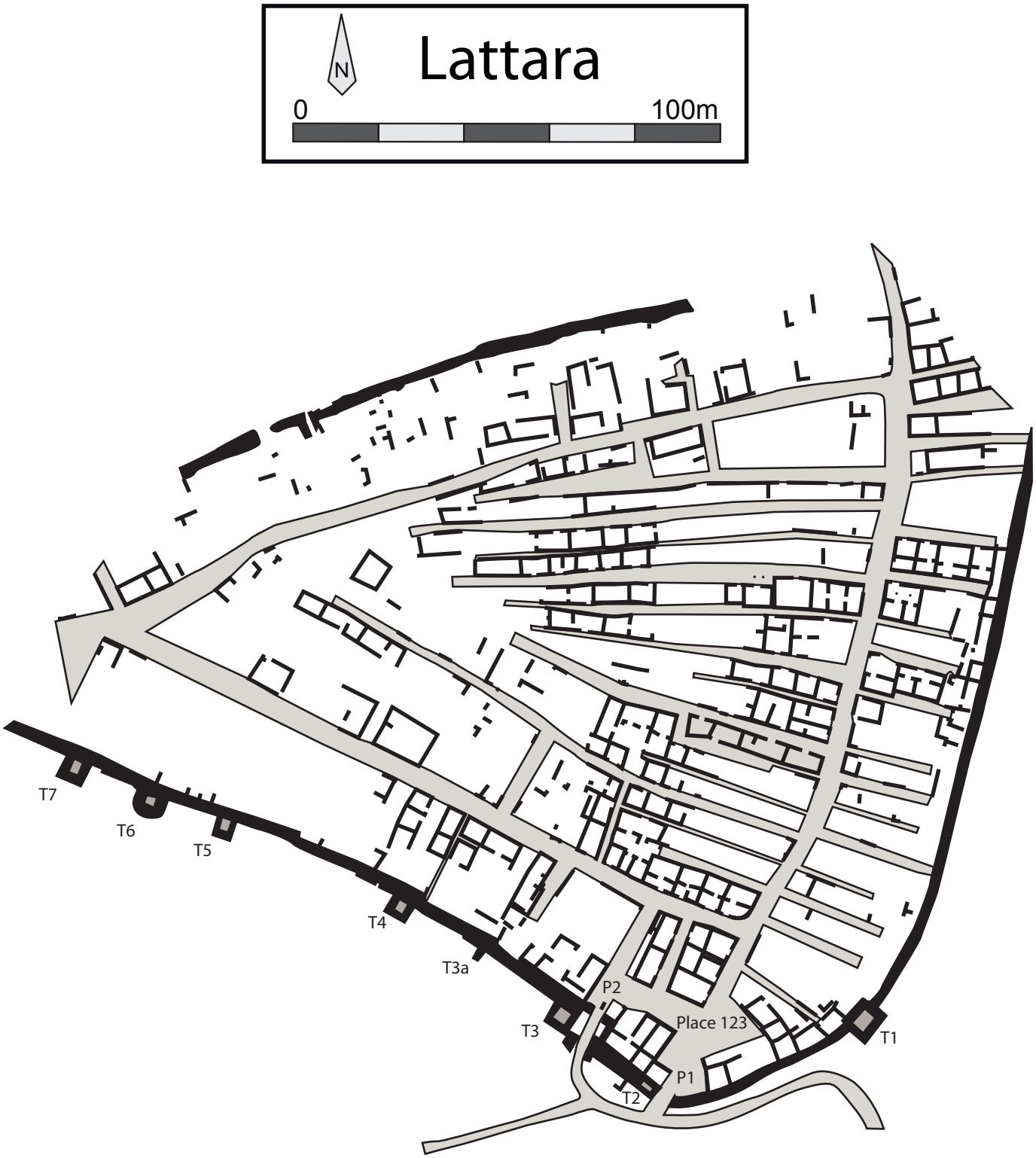
Garcia, 2014

Lebaupin dir., 2014

Py dir., 1990

Py dir., 1996

Py, 2009


Lattara
N
0
100m
T7
T6
T5
T4
T3a
T3
P2
Place 123
T1
P1
T2

MANCHING

Présentation du site :

Le site de Manching (Bayern, Allemagne) est un oppidum de plaine englobant une superficie de 380 hectares et dont l'occupation principale date de La Tène moyenne et finale. Le site est régulièrement fouillé depuis 1955 et 26 hectares sont actuellement connus. Le rempart périphérique présente une longueur totale de 7 kilomètres. Le site prend d'abord la forme d'une agglomération ouverte avant de se doter d'un rempart entre 140 et 120 avant notre ère. Quatre sanctuaires ont pu être identifiés à l'intérieur de l'enceinte dont un se situe au croisement des deux voies principales de l'habitat. Ce sanctuaire A connaît trois phases de réaménagement entre La Tène B2 et La Tène D. Le site présente une véritable trame urbaine et certaines habitations sont comprises dans des îlots réguliers qui ne s'appliquent toutefois pas à l'ensemble du site. Les recherches de Franz Schubert tendent à mettre en évidence l'utilisation d'un pied gaulois dans la planification des bâtiments de ces secteurs. Cette organisation date très probablement des premières phases d'occupation du site, au moment où il ne s'agissait encore que d'une agglomération ouverte.

Bibliographie :

Burmeister et Weski, 1992 : 9-25

Eller et al. 2012 : 303-31

Fichtl, Metzler et Sievers, 2002 : 221-228

Krämer et Schubert, 1970

Leicht et Sievers, 2005 : 231-239

Maier et al., 1992

Salač, 2012 : 319-345

Schubert, 1983 : 5-19

Schubert, 1992 : 293-305

Schubert, 1993 : 227-236

Schubert, 1994 : 133-192

Schubert, 1995 : 133-192

Sievers, 2000/2001 : 101-106

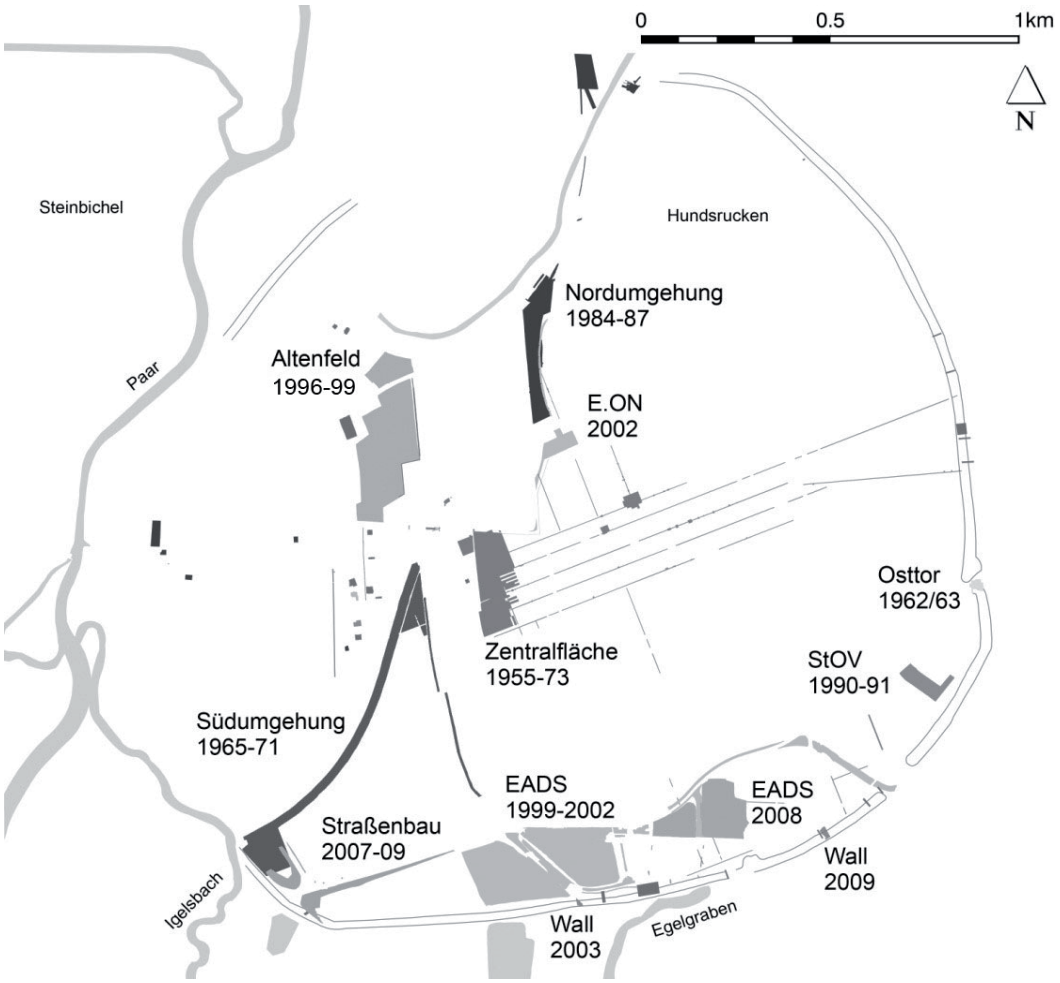
Sievers, Leicht et Zieghaus, 2013

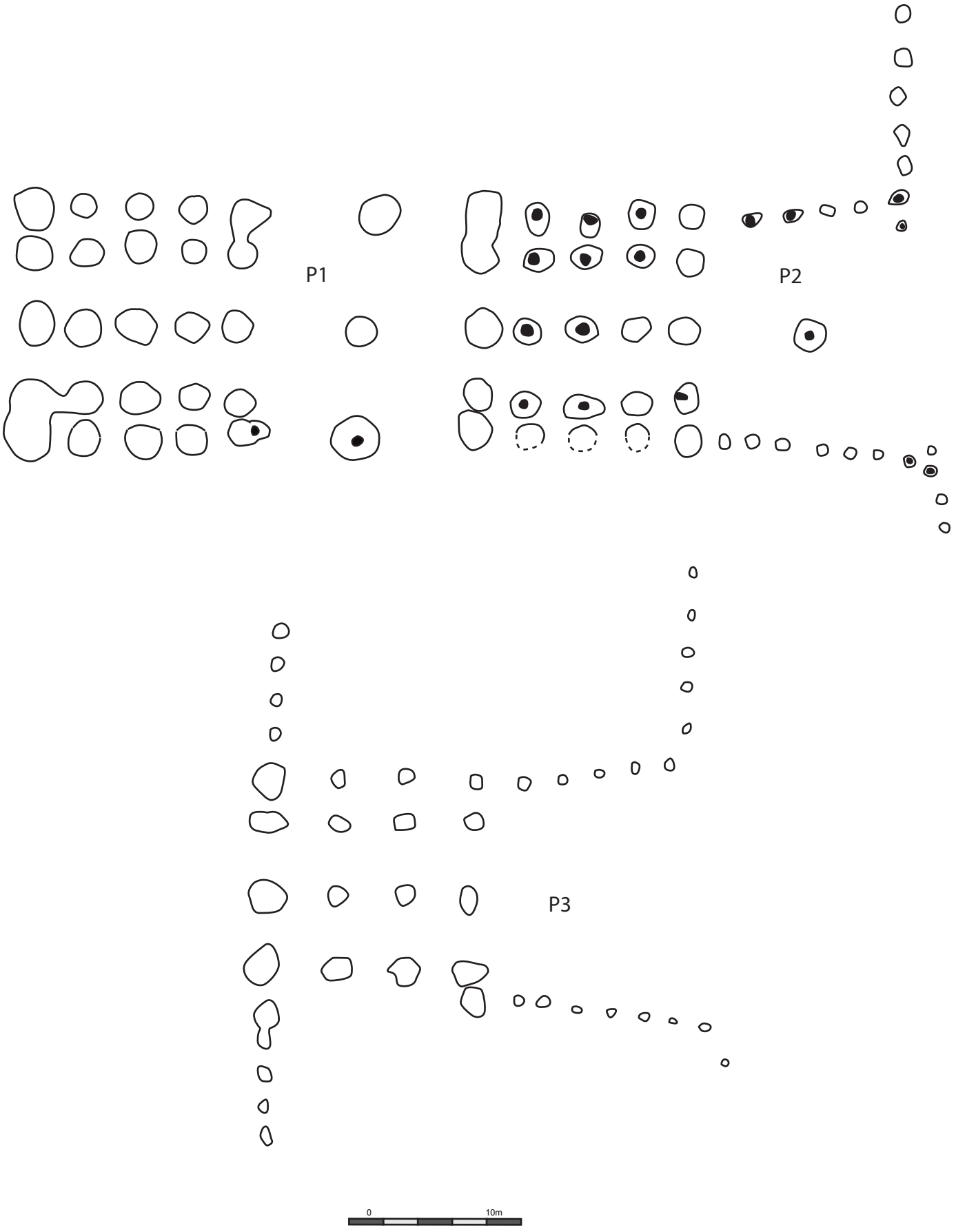
Van Endert, 1987

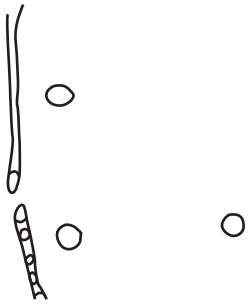
Wendling, 2013 : 459-490

Wendling et Winger, 2014 : 132-139

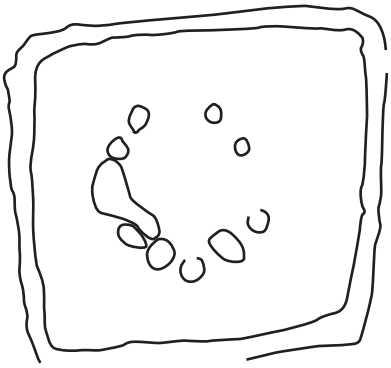
Winger 2015


0
0.5
1km
N
Steinbichel
Hundsrucken
Nordumgehung
1984-87
Altenfeld
1996-99
Paar
E.ON
2002
Osttor
1962/63
Zentralfläche
1955-73
StOV
1990-91
Südumgehung
1965-71
EADS
1999-2002
EADS
2008
Straßenbau
2007-09
Wall
2009
Igelsbach
Wall
2003
Egelgraben

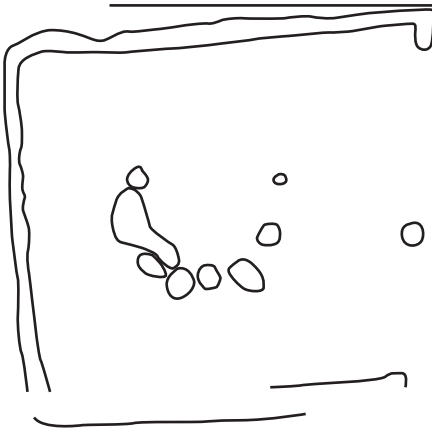

P1
P2
P3
0
10m



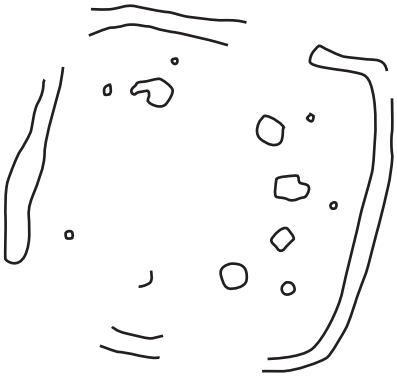
Temple A1



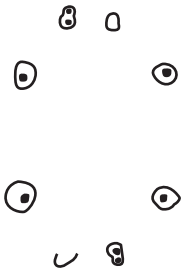
Temple A2



Temple A3

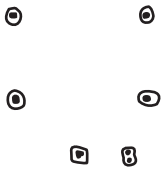


Ensemble 83-84

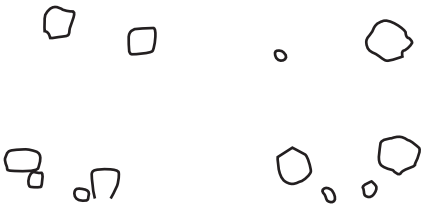


Maier 9

Maier 11

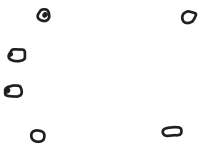


Maier 2

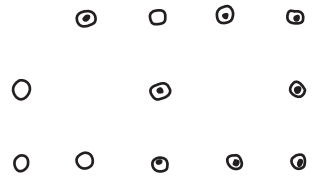


Winger 65

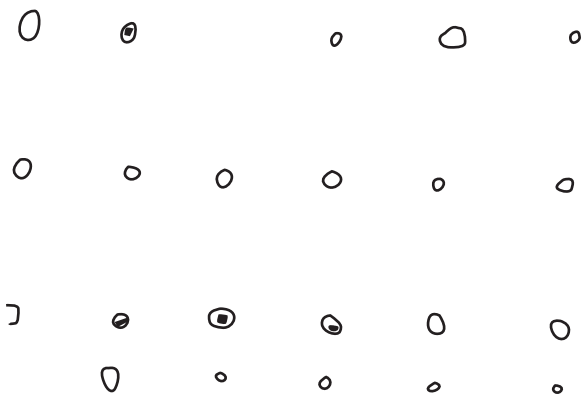
Winger 129



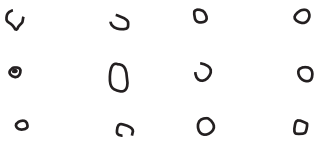
Maier 34



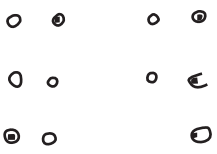
Maier 54



Sievers 25

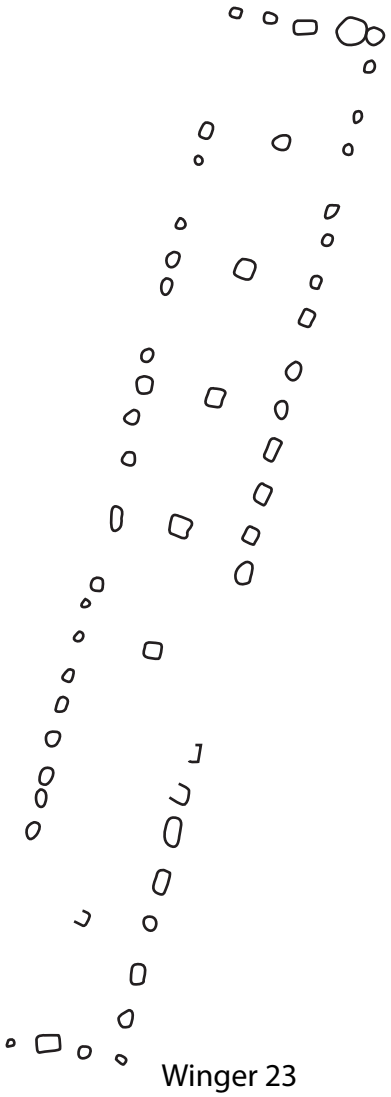


Sievers 35

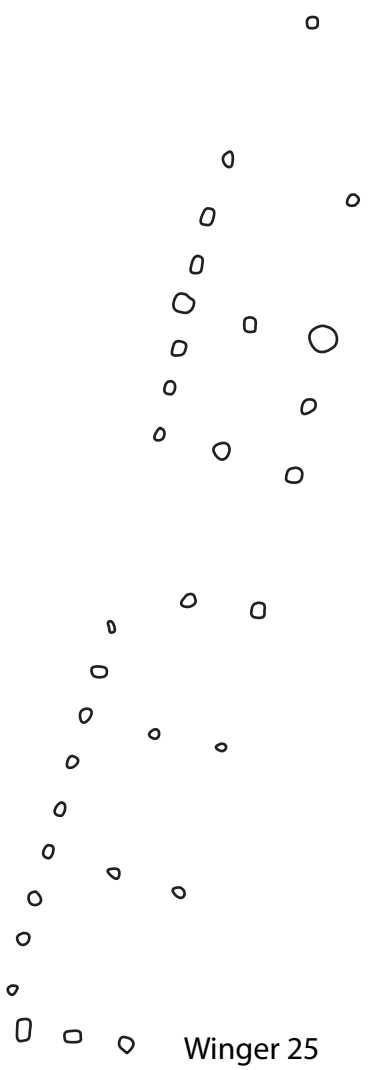


Schubert 1007 A

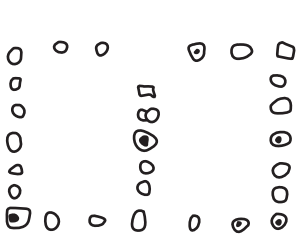
0 10m



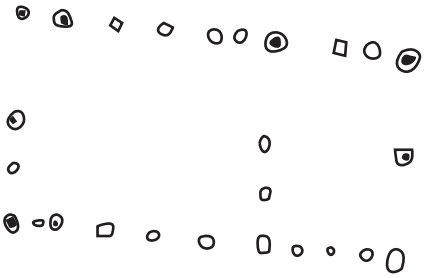
Winger 23



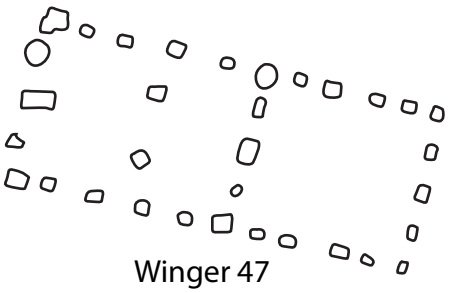
Winger 25



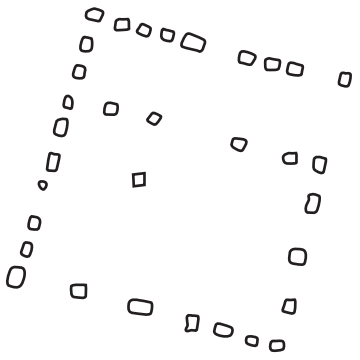
Sievers 22



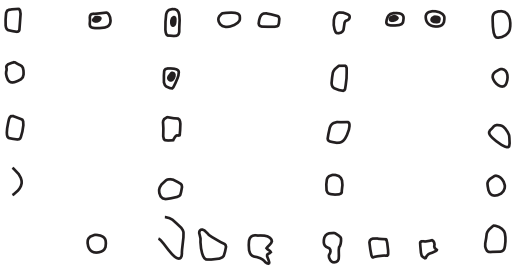
Sievers 23



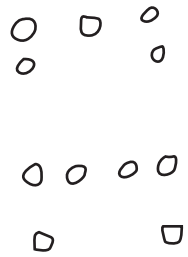
Winger 47



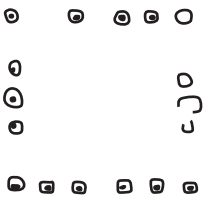
Winger 66



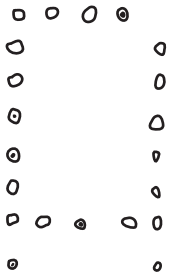
Schubert 157 A



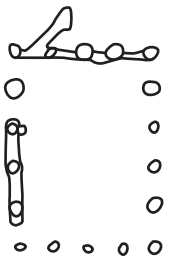
Winger 120



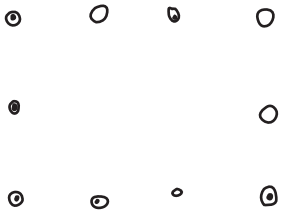
Maier 6



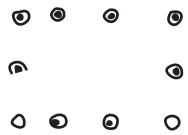
Sievers 39



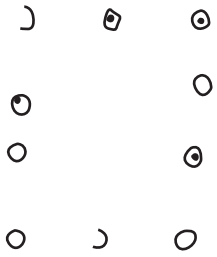
Sievers 8



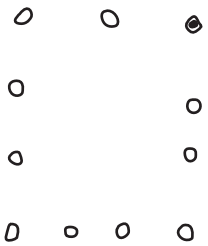
Maier 17



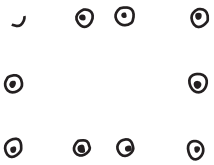
Maier 36



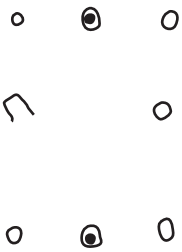
Maier 41



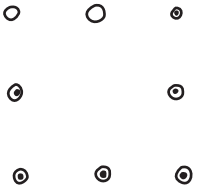
Maier 29



Maier 59

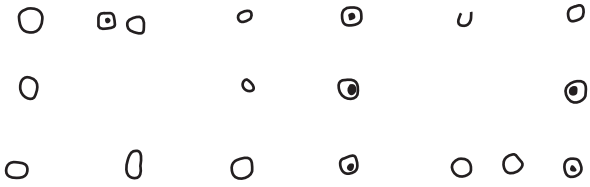


Maier 42



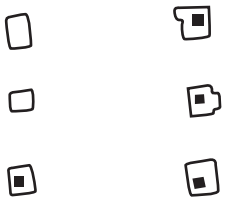
Maier 49

Maier 45

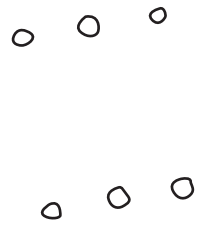


Maier 10

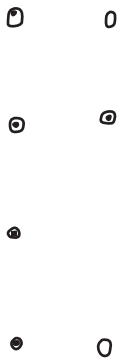
Maier 58



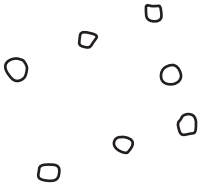
Schubert 636 A



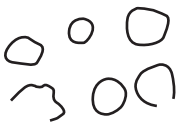
Winger 117



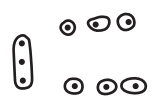
Maier 14



Winger 127

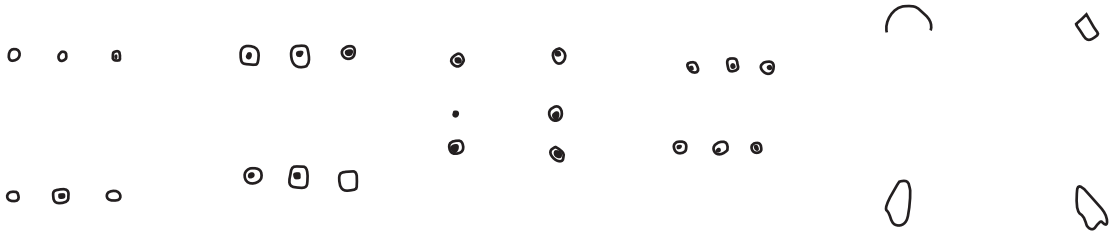


Winger 124

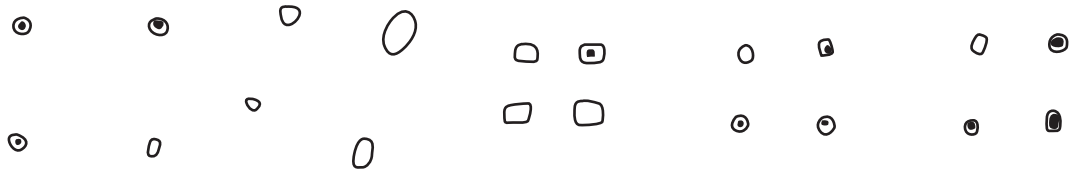


Maier 46

0 10m



Maier 16 Maier 20 Maier 35 Maier 56 Winger 132



Maier 31 Winger 10 Maier 21 Maier 22 Maier 43

Winger 131 Winger 134 Maier 40 Maier 32 Winger123

Winger 7 Winger 8 Winger 9

MŠECKÉ ŽEHROVICE

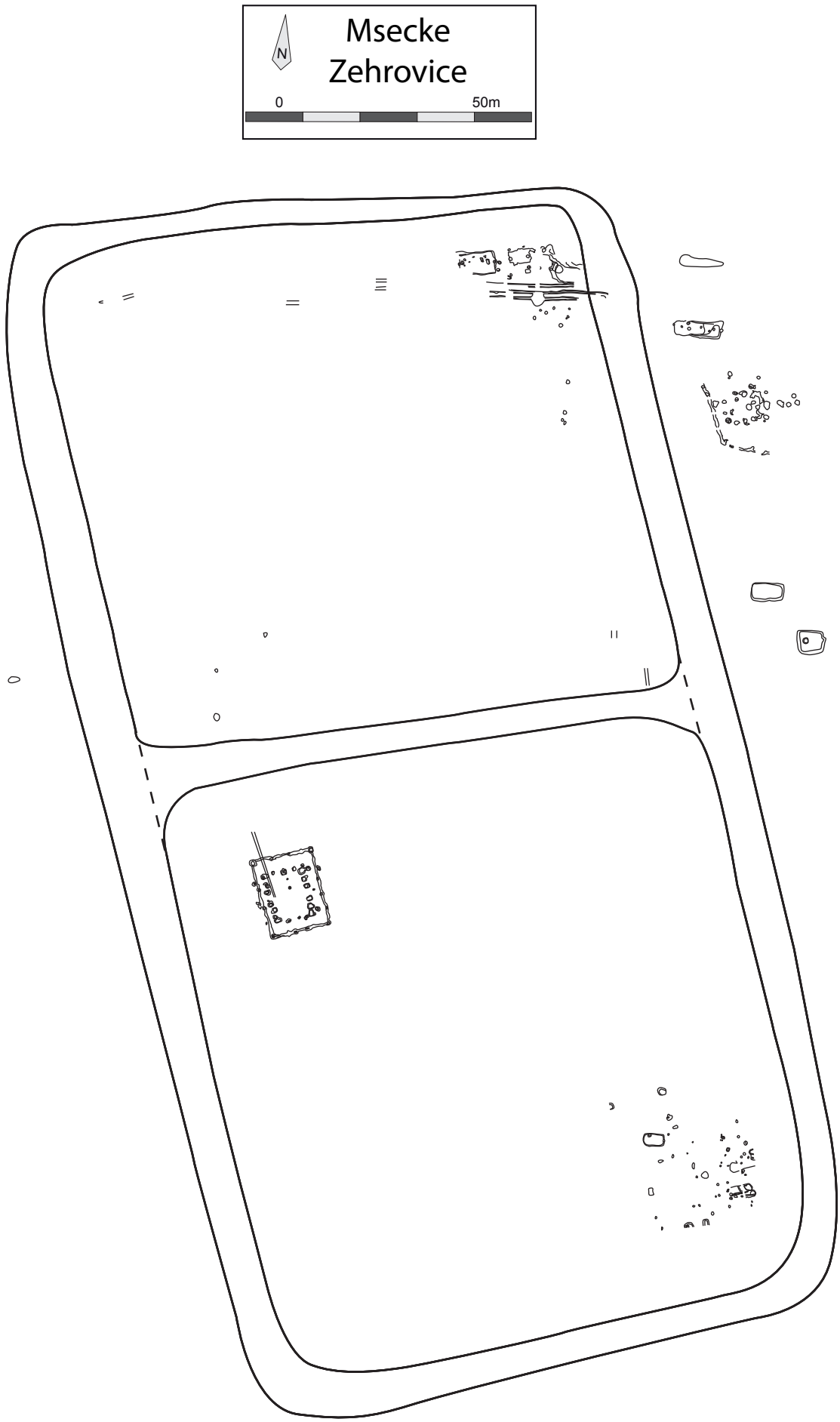
Présentation du site :

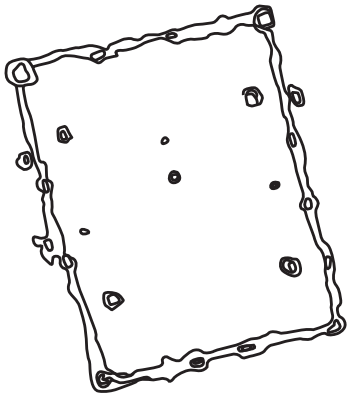
L'habitat de Mšecké Žehrovice (République Tchèque), exploré entre 1943 et 1988, présente des traces d'occupation de la Préhistoire au Moyen-âge. Durant l'âge du Fer le site est principalement occupé de La Tène B2 à La Tène D1 et sa surface totale est estimée à environ 10,3 hectares. Deux phases se distinguent : la première, à La Tène B2/C1, correspond à un habitat comportant diverses activités spécialisées, dont le travail du sapropélite ainsi que la production et le travail du fer. Aux alentours de La Tène C1/C2, on assiste à la mise en place d'une enceinte de type Viereckschanze d'une superficie de 1,71 hectare. Dans un premier temps, il s'agit d'un enclos palissadé qui sera par la suite réaménagé avec un talus et un fossé. Plus tard, cette enceinte sera divisée en deux portions quadrangulaires par un nouveau système combinant un fossé et un talus. Peu de bâtiments ont été découverts à l'intérieur de cet espace. Il faut toutefois mentionner la découverte d'un bâtiment à parois déportées qui a été reconstruit très rapidement. L'organisation du site et la découverte d'une sculpture représentant une tête humaine datant probablement du IIIe siècle avant notre ère, laisse présager d'une fonction rituelle au sein de l'enclos. Au cours de La Tène C2/D1, le site prend plus vraisemblablement la forme d'un simple établissement agricole.

Bibliographie :

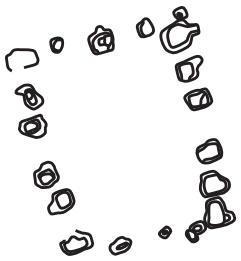
Schubert, 1995 : 127-243

Venclová, 1998


N
Msecke
Zehrovice
0
50m



0/87 I



0/87 II

7/81

RIEDLINGEN

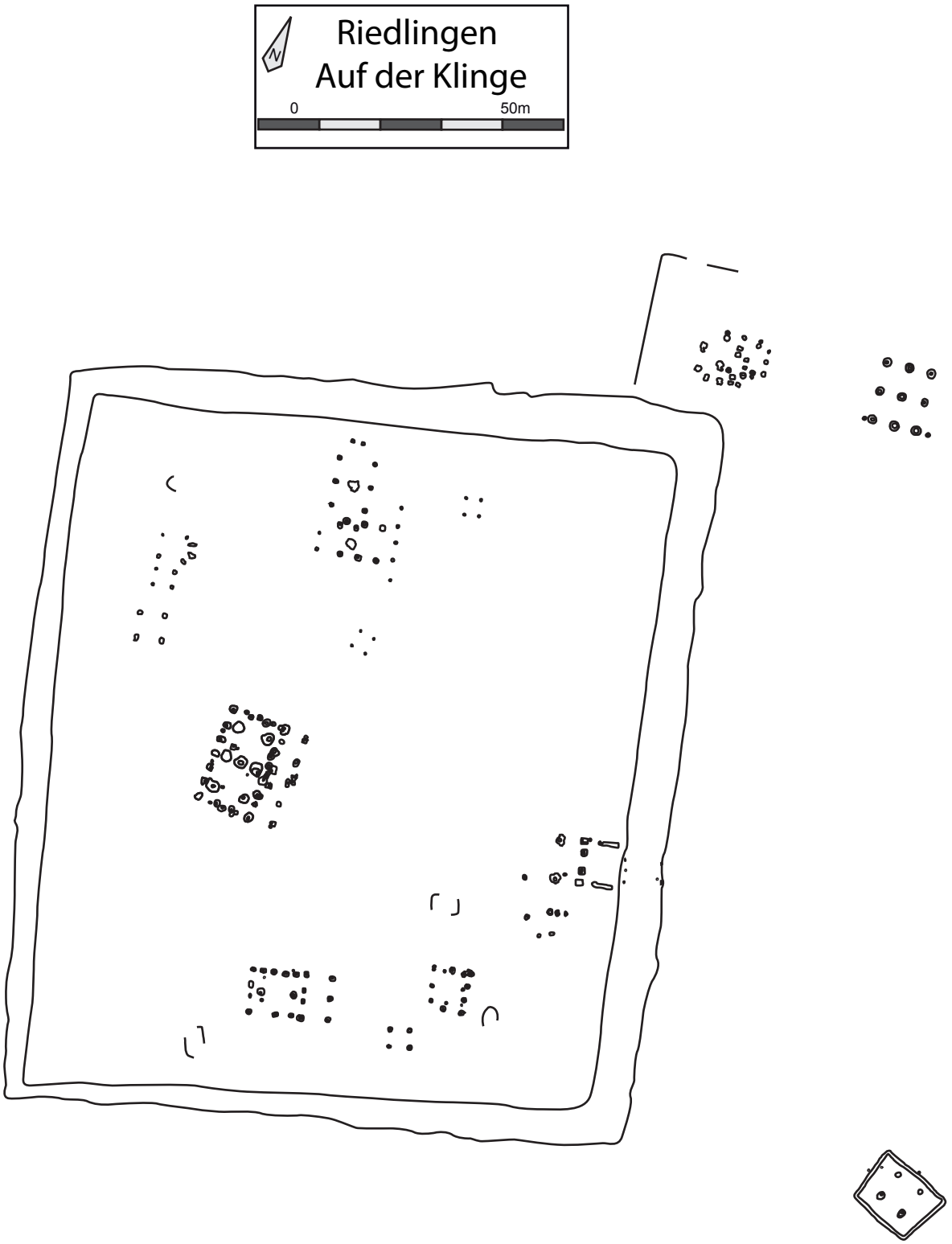
Présentation du site :

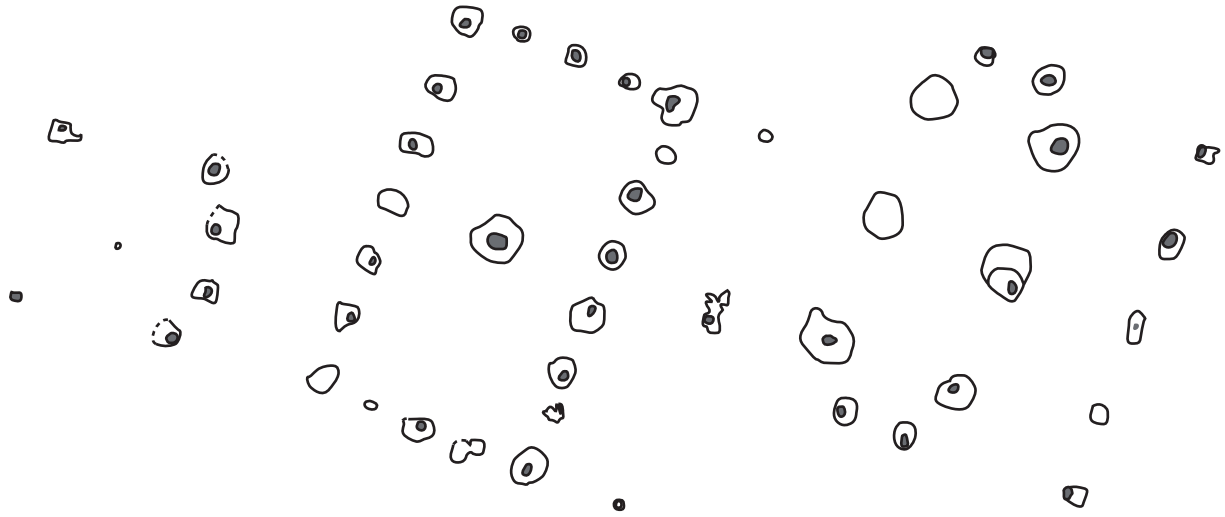
Le site de « Auf der Klinge » à Riedlingen (Baden-Württemberg, Allemagne) a été exploré entre 1991 et 1997 sous la direction de Chistian Bollacher. Il s'agit d'un établissement rural de type Viereckschanze dont l'occupation s'étend de La Tène C2 à La Tène D1 (datations fondées sur la typologie des fibules) avec quelques traces d'occupation dès La Tène C1 (des fonds de cabanes et des trous de poteaux ne formant aucun plan de bâtiment). La fouille concerne une surface de 6,75 hectares. La surface enclose mesure 0,8 hectare et a été fouillée dans sa totalité. Plusieurs édifices sont reconstruits au cours des périodes d'occupations : les bâtiments 1, 2, 6 et 18. L'accès à l'enclos s'effectue au travers d'une entrée monumentale (bâtiment 10). Deux puits ont également été découverts. Trois ensembles architectoniques ont été fouillés en dehors de l'emprise de l'enclos : les bâtiments 18, 19 et 20. Ce dernier est entouré par un fossé et potentiellement interprété comme un édifice funéraire malgré l'absence de sépulture au cours de la fouille. Au nord-est de l'enclos, à l'ouest du bâtiment 18, une portion de tranchée de fondation de palissade a pu être fouillée. Celle-ci semble contemporaine de l'établissement.

Bibliographie :

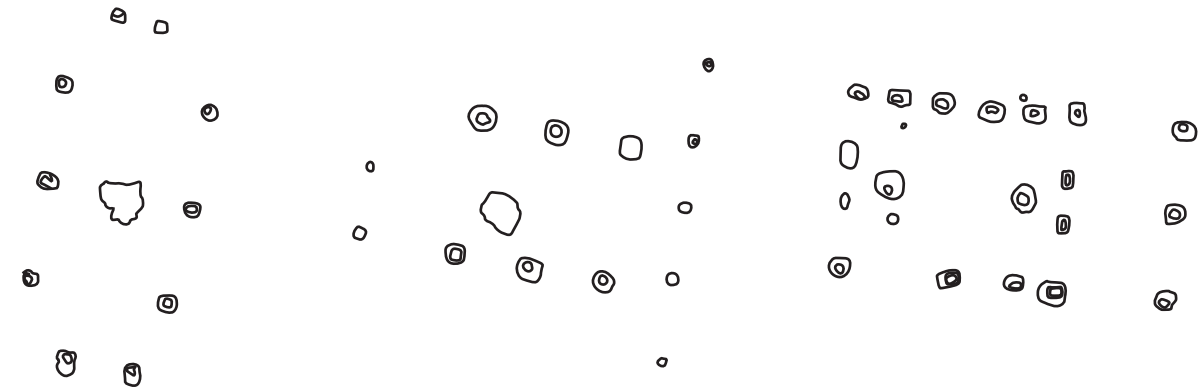
Bollacher, 2009

Von Nicholai, 2009 : 245-280

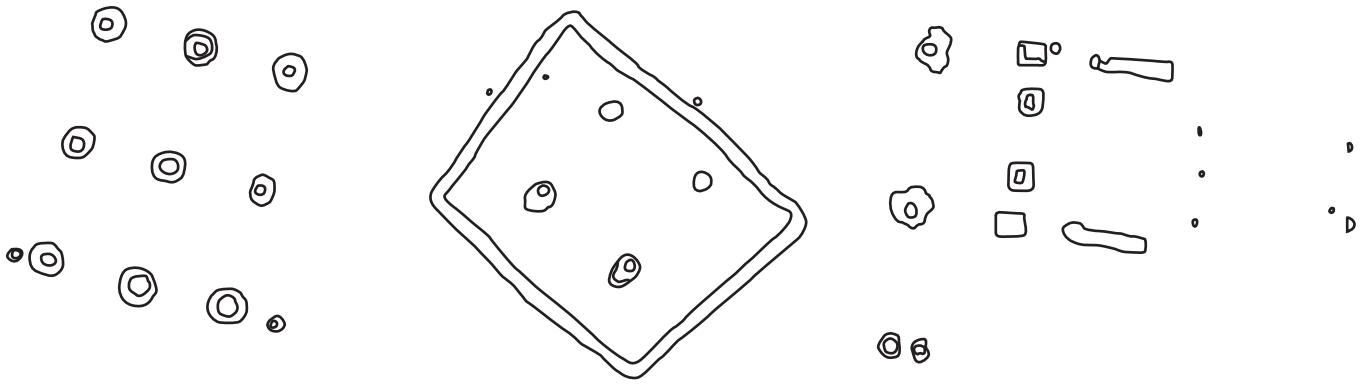

Riedlingen
Auf der Klinge
0
50m



1a 1b 1c

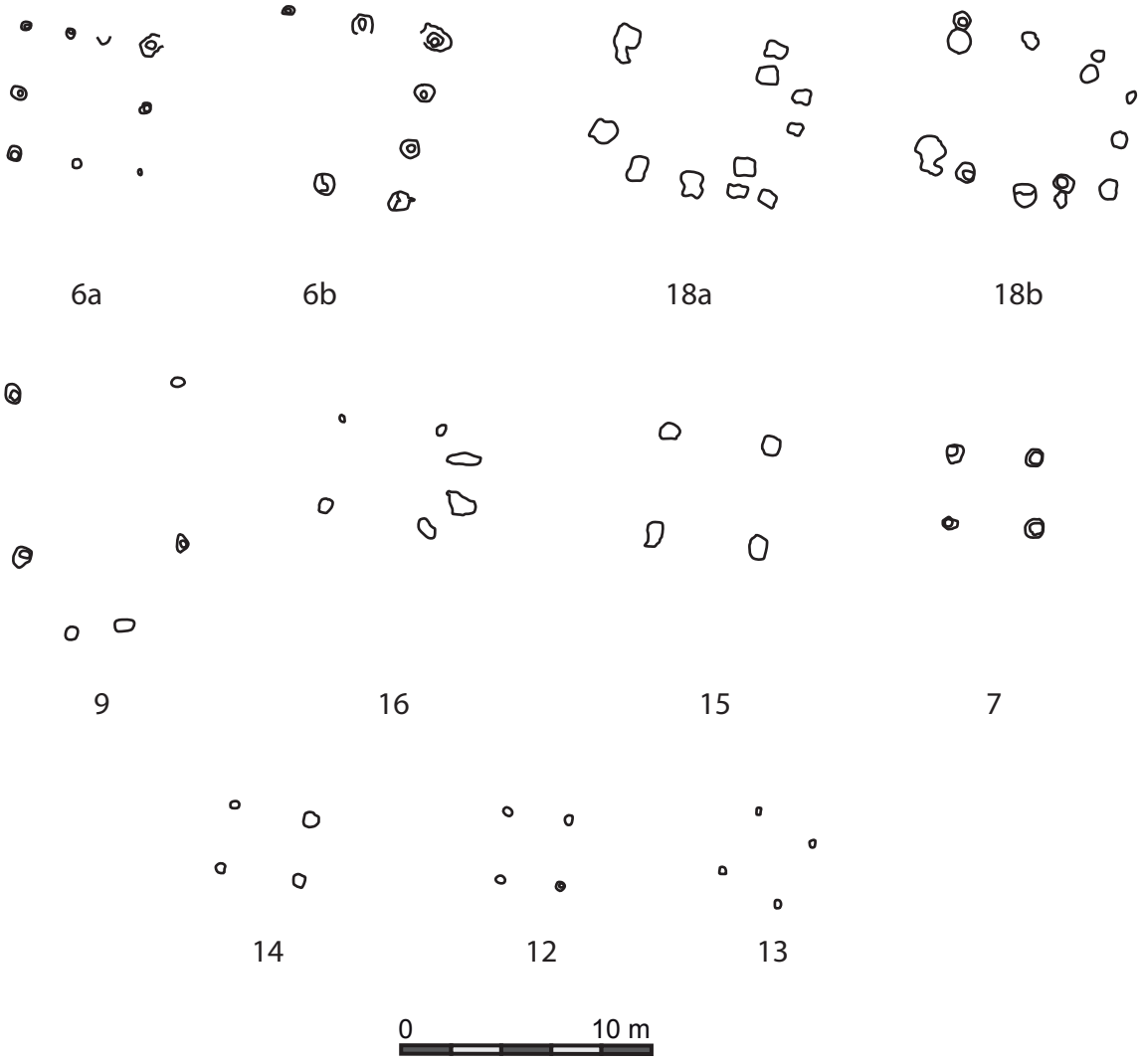


2a 2b 3



19 20 10

0 10 m


6a
6b
18a
18b
9
16
15
7
14
12
13
0
10 m

ROSELDORF

Présentation du site :

Le site du « Sandberg » à Roseldorf (Autriche), est une agglomération ouverte couvrant une superficie de 25 hectares. Il est connu depuis le début du XVIIIe siècle grâce à la découverte de monnaies celtiques. Depuis 1995, un projet de recherche a permis la multiplication des recherches sur cet habitat. Il est occupé de La Tène A jusqu'à La Tène D1. Ce site revêt une grande importance et son influence s'étend bien au-delà de ses abords immédiats. Il présente des traces d'une forte activité agricole et économique et est à l'origine de la dénomination des centres de type Roseldorf/ Němčice. La grande majorité des structures mises au jour sont des maisons semi-enterrées. Trois districts cultuels ont également été mis en évidence. Il s'agit d'enclos quadrangulaires de taille variable, au centre desquels des fosses ayant recueilli divers types de dépôts (objets métalliques, restes fauniques ou humains) ont pu être fouillées.

Bibliographie :

Holzer, 2007 : 393-410

Holzer, 2008 : 135-164

Holzer, 2009 a : 291-296

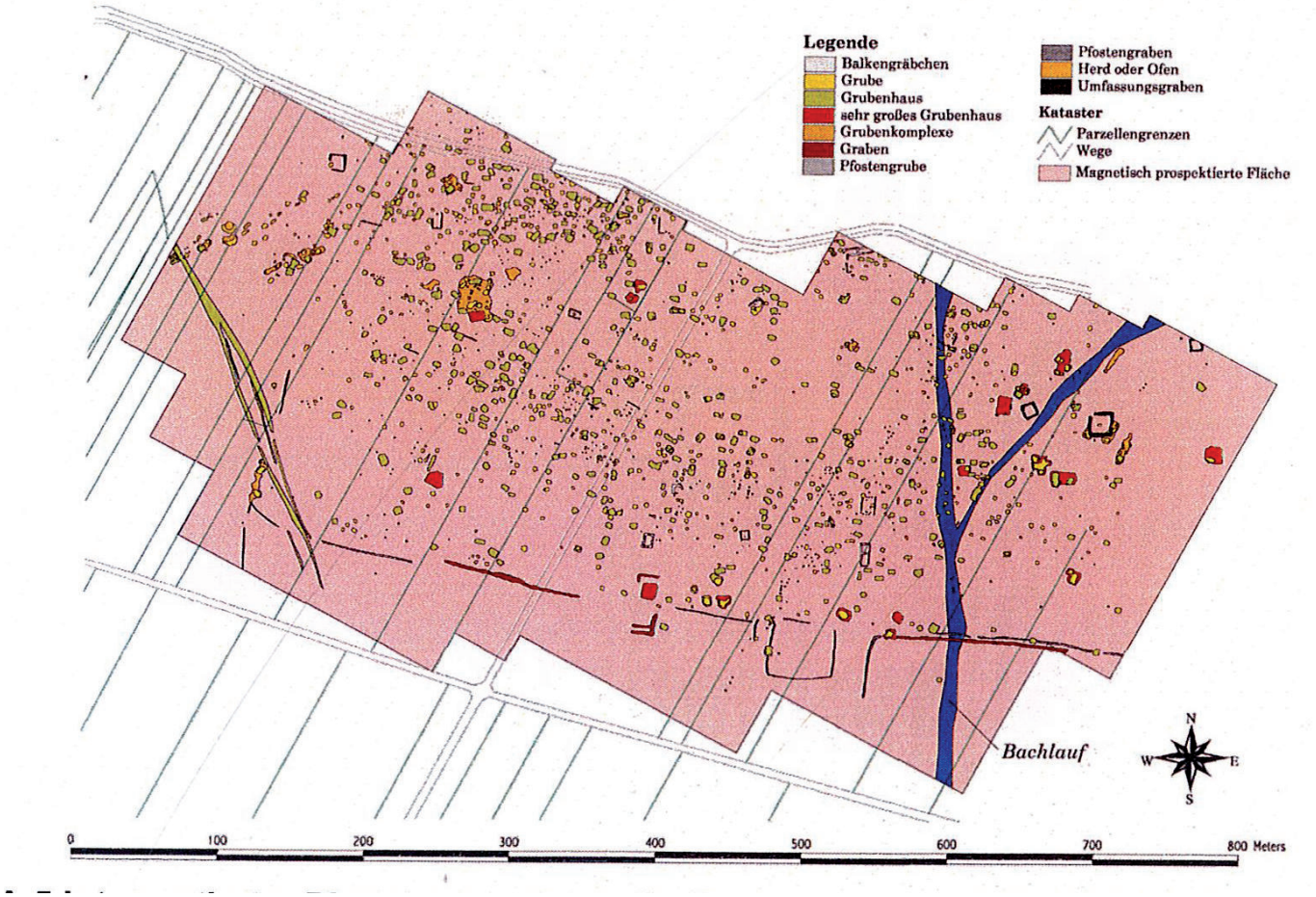
Holzer, 2009 b : 173-184

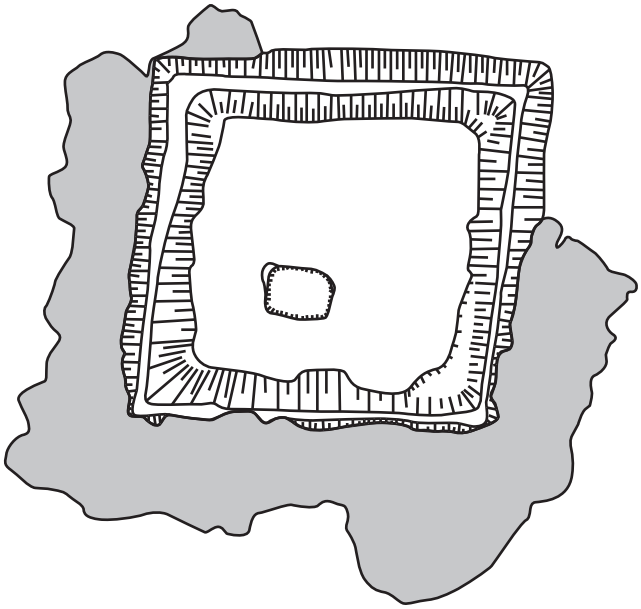
Holzer, 2009 c

Holzer, 2010 : 4-12

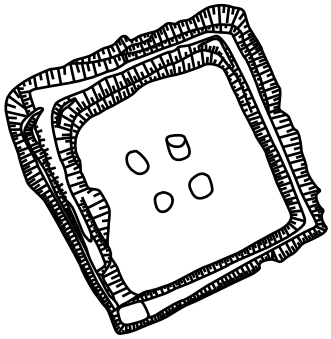
Holzer, 2014 : 122-131

Poux, 2014 : 156-166

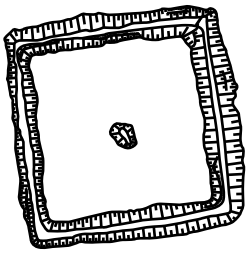

Legende
Balkengräbchen
Grube
Grubenhaus
sehr großes Grubenhaus
Grubenkomplexe
Graben
Pfostengrube
Pfostengraben
Herd oder Ofen
Umfassungsgraben
Kataster
Parzellengrenzen
Wege
Magnetisch prospektierte Fläche
Bachlauf
N
W
E
S
0
100
200
300
400
500
600
700
800 Meters



Objekt 1



Objekt 12



Objekt 13

VERDURON

Présentation du site :

Le site du Verduron (Marseille, Provence-Alpes-Côtes-d'Azur) fût fouillé dans un premier temps par Stanislas Clastrier entre 1905 et 1911, puis repris par Loup Bernard de 1999 à 2005. Il s'agit d'un petit habitat de hauteur fortifié de type phrourion situé au nord de Marseille grecque, fouillé dans sa totalité et d'une surface de 1100m². Il présente une très brève période d'occupation (un quart de siècle maximum, sur la base des datations OSL sur les foyers) prenant fin suite à une destruction violente de la part d'assaillants grecs ou romains avant le début du IIe siècle avant notre ère.

Bibliographie :

Arcelin et Tréziny, 1990 : 26-31

Bats, 2004 : 51-64

Badie et Bernard, 2008 : 291-299

Bernard, 2003

Bernard, 2005 : 733-739

Chausserie-Laprée, 2000

Clastrier, 1908

Clastrier, 1909

Clastrier, 1910

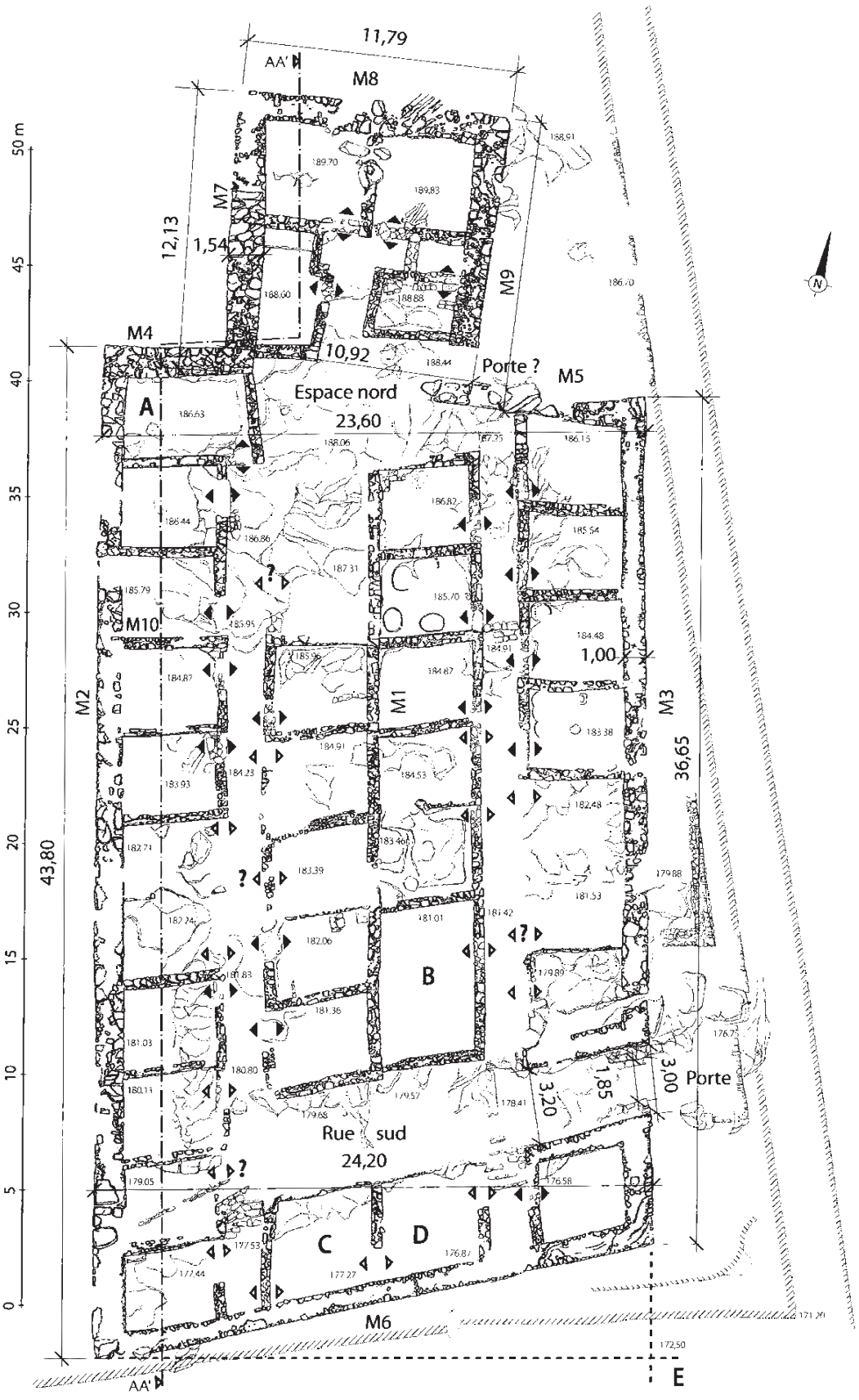
Clastrier ,1911

Garcia, 2014

Rothé et Tréziny, 2005

Tréziny, 1989

Tréziny, 2004


11,79
AA'
M8
M7
12,13
1,54
M9
M4
10,92
Porte ?
M5
Espace nord
23,60
A
M10
M2
M1
M3
1,00
36,65
43,80
B
3,20
1,85
3,00
Porte
Rue sud
24,20
C
D
M6
E
AA'
50 m
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0

Rémy WASSONG

Architectures et métrologie en Europe celtique entre le VIIe et le Ier siècle avant notre ère.

Résumé

Ce travail de recherche propose d'étudier l'architecture celtique sous l'angle de la métrologie et de la géométrie en se concentrant sur un corpus de quinze sites bien connus grâce à des fouilles extensives. Les sites traités dans le cadre de cette étude couvrent une vaste zone géographique, allant de la Grande-Bretagne à la République Tchèque. Ces études systématiques nous permettent de présenter un premier aperçu des techniques et des savoirs utilisés dans la construction des édifices à l'âge du Fer en Europe celtique.

Cette thèse s'articule autour de trois chapitres. Le premier d'entre eux est consacré à la présentation des cadres de l'étude, des termes du sujet et des problématiques. Le second chapitre présente la méthodologie employée. il se poursuit ensuite pas l'étude détaillée des unités architecturales site après site et phase par phase. Une synthèse générale concernant la métrologie et la géométrie architecturale de l'âge du Fer constitue le dernier chapitre. Le second volume de ce travail rassemble l'ensemble des plans de sites et d'édifices traités dans le cadre de l'étude.

Mots-clés : âge du Fer, architecture, métrologie, géométrie.

Summary

This thesis aims to study celtic architecture with a metrological and geometrical point of view. To do so, fifteen well excavated settlements were selected. These latter cover a large geographical scale, going from Great Britain to the Czech Republic. The systematic studie of these settlements allows us to offer un first glance of the techniques and knowledge used in the making of buildings during the iron Age in celtic Europe.

This thesis contains three chapters. The first one presents the history of celtic architecture and metrological research, defines the terms of the study and questions to be answered. The second chapter is dedicated to the detailed analysis of the architectural units site by site and stage by stage after the presentation of the methodological aspects of this work. The third chapter consist in a synthesis about metrology and geometry during the iron Age. The second volume of this work gathers all the plans of each settlement and each building studied.

Key-words : iron Age, architecture, settlement, metrology, geometry, know-how, knowledge.