

ARCHÉOLOGIE

UNE NOUVELLE CITADELLE ANNULAIRE VIKING

La discrète trace ronde visible dans un champ de l'île de Seeland, au Danemark, correspond à l'une des forteresses du roi viking surnommé Harald à la dent bleue.

Le pied à peine posé en Angleterre, Guillaume le Conquérant, au x^e siècle, bâtit un château de bois. Les Normands maîtrisèrent ensuite le territoire anglais à l'aide d'un réseau stratégique de 500 mottes castrales (des tertres). Au x^e siècle, Harald à la dent bleue, l'allié danois de l'arrière grand-père de Guillaume, ne procéda pas autrement pour unifier le Danemark en un royaume. Mais au lieu de mottes castrales, il construisit de curieuses citadelles annulaires, qu'il installa en nombre à la croisée de toutes les routes et voies d'eau importantes des zones riches de son territoire. Étonnamment, on n'avait jamais trouvé une telle forteresse dans le sud de l'île de Seeland, pourtant l'une des plus riches régions scandinaves. C'est désormais chose faite: Søren Sindbæk, de l'université d'Aarhus, au Danemark, et deux collègues ont identifié une structure parfaitement circulaire dans un champ nommé Borgring (littéralement «château annulaire»), non loin de la ville de Køge, à une quarantaine de kilomètres au sud de Copenhague.

Lorsqu'ils ont commencé leur enquête sur la forteresse présumée, les chercheurs disposaient du plan exact des citadelles annulaires vikings. On le connaît en effet grâce à la forteresse particulièrement bien conservée de Trelleborg, au Danemark: remparts circulaires en terre et gazon, renforcés du côté interne par des assemblages de poutres verticales et horizontales; bardage extérieur du rempart en rondins; fossé en V circulaire; rues pavées de bois reliant à angle droit des portails placés au nord, au sud, à l'est et à l'ouest; quatre cadrans contenant chacun quatre maisons délimitant une cour.

Les chercheurs ont donc recherché ces éléments. À l'aide d'un magnétomètre, ils ont d'abord démontré le caractère presque parfaitement circulaire de la structure. Ils ont ensuite établi que les remparts avaient été édifiés à l'aide de mottes de terre ou de gazon et d'argile. Des lignes radiales en marquent l'emplacement qu'ils interprètent comme les traces d'anciennes charpentes de renfort sous-jacentes aux remparts. Larges de 10-11 mètres, ces derniers forment un cercle d'un diamètre moyen de



Ci-dessus, cette restitution à échelle réduite d'une forteresse viking circulaire du type de celle de Trelleborg montre l'un de ses portails et le bardage de poutres qui en protégeait les remparts. Ci-dessous, la flèche jaune indique où se trouve la trace visible en télémétrie lidar de la citadelle découverte dans un champ nommé Borgring, qui signifie littéralement «château annulaire».



122 mètres. À l'extérieur des remparts, les chercheurs ont retrouvé des trous de poteaux en bois massif d'une quarantaine de centimètres de diamètre, dessinant un cercle d'un diamètre extérieur de 144 mètres: les restes du bardage.

Afin d'être sûrs, les chercheurs devaient aussi identifier au moins deux portails situés en des points cardinaux. En suivant le bardage le long du mur nord-ouest, ils sont parvenus en un point où il plonge brusquement vers l'intérieur: la fouille a alors révélé les restes de poteaux brûlés, puis d'un portail incendié large d'environ 5 mètres, ainsi que de planches posées à plat sur le sol. Dès lors, ils ont pu rechercher par sondage un autre portail situé à angle droit. Ils ont choisi de rechercher le portail est, et l'ont effectivement trouvé (incendié lui aussi) à l'endroit attendu.

La datation par le radiocarbone de deux fragments de bois place la construction entre 893 et 1017, ce qui est compatible avec la très courte période de construction des citadelles circulaires, située vers 975-980.

Ainsi, il se confirme que Harald à la dent bleue a bien stabilisé son royaume en établissant très vite un maillage stratégique de forteresses rondes en rondins: le premier réseau Bluetooth en quelque sorte! ■

FRANÇOIS SAVATIER

H. Goodchild et al., *Antiquity*, vol. 91(358), pp. 1027-1042, 2017

TRIGONOMÉTRIE BABYLONIENNE ?

Une tablette d'argile de 3 700 ans, retrouvée au début du xx^e siècle dans le sud de l'Iraq, fait en ce moment débat : à quoi servait-elle ? Composée de quatre colonnes et quinze lignes, elle contient une collection de triplets de Pythagore, des entiers vérifiant la relation $a^2 + b^2 = c^2$ entre côtés d'un triangle rectangle. Daniel Mansfield, de l'université de la Nouvelle-Galles du Sud, en Australie, avance dans une étude que la tablette servait à des calculs trigonométriques, bien avant leur introduction par les Grecs. Une idée séduisante, mais très spéculative d'après la plupart des spécialistes.

UNE ÉTOILE EN ORBITE RELATIVISTE

Les anomalies observées dans l'orbite de Mercure autour du Soleil s'expliquent par d'infimes effets de correction de la relativité générale par rapport à la gravitation newtonienne. Une équipe menée par Marzieh Parsa, de l'université de Cologne, vient d'observer un effet similaire, de quelques pourcents par rapport à l'orbite newtonienne, pour l'étoile S2 tournant autour du trou noir supermassif au centre de la Voie lactée, à 26 000 années-lumière de nous.

SCHIZOPHRÉNIE ET TEMPS TROUBLÉ

La schizophrénie touche 600 000 personnes en France et 0,7 % de la population mondiale. L'équipe d'Anne Giersch, de l'université de Strasbourg, a constaté, chez les patients atteints, un lien entre les troubles de la personnalité, relatifs à la notion du « soi », et ceux de la perception du temps. Les chercheurs ont proposé des tests cognitifs à une cinquantaine de personnes. Celles souffrant le plus des troubles du « soi » avaient aussi le plus de mal à lier des événements discontinus et donc à les intégrer dans un continuum temporel.

MACROPHAGES ET TESTICULES

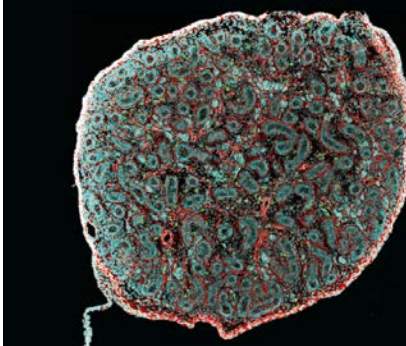
En plus de participer, avec le reste du système immunitaire, à la lutte contre les agressions extérieures, les macrophages jouent un rôle de gardien de la fertilité en modérant la réponse immunitaire. L'équipe de Michael Sieweke, du Centre d'immunologie de Marseille-Luminy, a précisé comment ces cellules gardiennes se mettent en place.

Les testicules assument un double rôle : libérer des hormones masculines telles que la testostérone et produire les cellules reproductrices – les spermatozoïdes. Or ceux-ci apparaissent à la puberté, mais l'éducation du système immunitaire visant à ne pas éliminer de cellules du soi se développe bien avant ce stade. Les spermatozoïdes pourraient donc ne pas être reconnus comme tels et détruits. C'est grâce à l'intervention de deux types de macrophages testiculaires, dont l'origine vient d'être caractérisée, que la fonction des testicules est préservée.

Par des techniques de traçage cellulaire, les chercheurs ont montré que deux compartiments du testicule sont peuplés de macrophages : le compartiment interstitiel, qui contient aussi les cellules productrices de testostérone, et le compartiment tubulaire, autour des tubes séminifères qui abritent les précurseurs des spermatozoïdes. Et leurs populations de macro-

LES GARDIENS DE LA FERTILITÉ

Sur cette coupe de testicule de souris, les tubes séminifères sont marqués en rouge et les macrophages en vert.



phages sont distinctes. Les macrophages interstitiels sont présents dès le stade *in utero* et sont issus de progéniteurs embryonnaires, tandis que les macrophages dits périvitellaires n'apparaissent qu'à la puberté et proviennent de progéniteurs hématopoïétiques de la moelle osseuse, lieu de synthèse des cellules immunitaires. Reste à élucider les mécanismes d'immunosuppression induits par ces macrophages et qui autorisent la production de spermatozoïdes. Après quoi, on pourra peut-être agir sur certaines infertilités dues à des surréactions immunitaires. ■

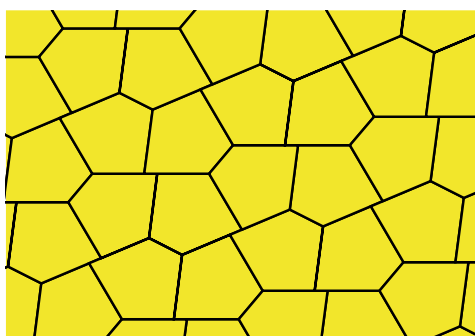
NOËLLE GUILLON

N. Mossadegh-Keller et al., *Journal of Experimental Medicine*, en ligne le 7 août 2017

PAVAGES AUX PENTAGONES : FIN

Quelles formes peuvent recouvrir un plan lorsqu'on les répète les unes à côté des autres dans un motif sans fin, nommé pavage ? Les Grecs anciens avaient déjà prouvé que les seuls polygones réguliers qui peuvent paver le plan sont les triangles, les quadrilatères et les hexagones.

Une nouvelle démonstration de Michaël Rao, du CNRS et de l'École normale supérieure de Lyon, met aujourd'hui un point final à la classification des polygones convexes (réguliers ou non) qui couvrent le plan en conquérant le dernier bastion : les pentagones, qui ont résisté pendant 99 ans. Dans sa démonstration assistée par ordinateur, Michaël Rao a identifié 371 façons d'assembler les sommets des pentagones entre eux pour former un pavage, et les a vérifiées une par une.



L'un des 15 types de pavages pentagonaux du plan.

À partir de conditions géométriques simples, par exemple que la somme des angles en chaque sommet doit être égale à 360 degrés, Michaël Rao a déterminé que seules les 15 familles de pentagones déjà connues (la dernière n'a été identifiée qu'en 2015) conviennent. ■

C. D.

M. Rao, en ligne le 1^{er} août 2017, <https://arxiv.org/abs/1708.00274>