

■ POUR LA SCIENCE

Août 2013 - n° 430

www.pourlascience.fr

Édition française de Scientific American

MARS insolite

Des paysages
à couper le souffle

Piqûres d'insectes :
comment s'en protéger ?

Le calcul quantique,
un nouvel horizon
pour la science

Les animaux sont-ils
affectés par la perte
d'un proche ?

M 02687 - 430 - F: 6,20 € - RD



Groupe POUR LA SCIENCE

Directrice de la rédaction : Françoise Pétry

Pour la Science

Rédacteur en chef : Maurice Mashaal

Rédacteurs : François Savatier, Marie-Neige Cordonnier,
Philippe Ribeau-Gésippe, Guillaume Jacquemont, Sean Bailly

Dossiers H.S. Pour la Science

Rédacteur en chef adjoint : Loïc Mangin

Cerveau & Psycho

Rédactrice en chef : Françoise Pétry

Rédacteur : Sébastien Bohler

L'Essentiel Cerveau & Psycho H.S.

Rédactrice : Bénédicte Salthun-Lassalle

Directrice artistique : Céline Lapert

Secrétariat de rédaction/Maquette : Sylvie Sobelman,

Pauline Bilbault, Raphaël Queruel, Ingrid Leroy, Caroline Vanhoove

Site Internet : Philippe Ribeau-Gésippe

Marketing : Élise Abib et Ophélie Maillet assistées de Anaïs Grellet

Direction financière : Anne Gusdorf

Direction du personnel : Marc Laumet

Fabrication : Jérôme Jalabert assisté de Marianne Sigogne

Presse et communication : Susan Mackie

Directrice de la publication et Gérante : Sylvie Marcé

Conseillers scientifiques : Philippe Boulanger et Hervé This

Ont également participé à ce numéro : François Arleo, Denis Bernard, Bruno Bézard, David Boutelier, Georges Chapouthier, Silvana Condemi, Laure Coulombel, João Duarte, Philippe Grangier, Loïck Magnin, Michel Morange, Simon Perdrix, Philippe Sarda, Pascale Thiollier-Dumartin, George Willcox

PUBLICITÉ France

Directeur de la Publicité : Jean-François Guillotin

(j.f.guillotin@pourlascience.fr), assisté de Nada Mellouk-Raja
Tél. : 01 55 42 84 28 ou 01 55 42 84 97 • Fax : 01 43 25 18 29

SERVICE ABONNEMENTS

Ginette Bouffaré. Tél. : 01 55 42 84 04

Espace abonnements :

<http://tinyurl.com/abonnements-pourlascience>

Adresse e-mail : abonnements@pourlascience.fr

Service des abonnements - 8 rue Férou - 75278 Paris cedex 06

Commande de livres ou de magazines :

0805 655 255 (numéro vert)

DIFFUSION DE POUR LA SCIENCE

Contact kiosques : À Juste Titres ; Benjamin Boutonnet

Tel : 04 88 15 12 41

Canada : Edipresse : 945, avenue Beaumont, Montréal,
Québec, H3N 1W3 Canada.

Suisse : Servidis : Chemin des châlets, 1979 Chavannes - 2 - Bogis

Belgique : La Caravelle : 303, rue du Pré-aux-oies - 1130 Bruxelles.

Autres pays : Éditions Belin : 8, rue Férou - 75278 Paris Cedex 06.

SCIENTIFIC AMERICAN Editor in chief: Mariette DiChristina. Editors:
Fred Guterl, Ricky Rusting, Philip Yam, Mark Fischetti, Christine Gorman, Anna Kuchment, Michael Moyer, Gary Stix, Kate Wong. President: Steven Inchcombe. Executive Vice President: Michael Florek.

Toutes demandes d'autorisation de reproduire, pour le public français ou francophone, les textes, les photos, les dessins ou les documents contenus dans la revue « Pour la Science », dans la revue « Scientific American », dans les livres édités par « Pour la Science » doivent être adressées par écrit à « Pour la Science S.A.R.L. », 8, rue Férou, 75278 Paris Cedex 06.

© Pour la Science S.A.R.L. Tous droits de reproduction, de traduction, d'adaptation et de représentation réservés pour tous les pays. La marque et le nom commercial « Scientific American » sont la propriété de Scientific American, Inc. Licence accordée à « Pour la Science S.A.R.L. ».

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement la présente revue sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français de l'exploitation du droit de copie (20, rue des Grands-Augustins - 75006 Paris).



Horizons variés

Le peintre perçoit ce que l'œil non exercé ne voit pas. Il interprète dans son langage couleurs et formes, révélant une réalité que le béotien avait ignorée. Le peintre retranscrit le paysage ou la scène qui l'inspire, de sorte que l'observateur du tableau ne voit pas le monde, mais une interprétation du monde. L'horizon de cet observateur n'est pas celui du peintre, pas plus que celui de l'astronome qui sonde l'Univers, ni celui du physicien qui examine la matière.

Selon Victor Hugo : « La chute des grands hommes rend les médiocres et les petits importants. Quand le Soleil décline à l'horizon, le moindre caillou fait une grande ombre et se croit quelque chose » (*Choses vues*, 1887). Si c'est vrai au coucher du soleil sur Terre, c'est aussi le cas sur la planète Mars. Mais le Terrien ne peut l'observer. Les sondes envoyées sur la planète rouge le font pour lui et transmettent des photographies de l'horizon martien d'une précision et d'une qualité technique et artistique surprenantes. Si les excursions vers Mars étaient possibles aujourd'hui, les agences de voyages auraient l'embarras du choix pour promouvoir leurs circuits (*voir Mars insolite, des paysages à couper le souffle, page 25*). À n'en pas douter, les artistes y trouveront de nouvelles sources d'inspiration.

Les photographies de l'horizon martien sont d'une qualité artistique surprenante.

Notre œil de Terriens croit y reconnaître des paysages observés d'un hublot d'avion ou dans quelque lieu sauvage de l'Ouest américain. Nous avons tendance à céder à des biais anthropomorphiques, c'est-à-dire à interpréter le monde à l'aune de l'expérience humaine. C'est donc conscients du risque d'attribuer à des animaux des sentiments humains que certains éthologues étudient le comportement de ceux qui viennent de perdre un petit ou un proche. Ces précautions prises, ils ont identifié des attitudes qui semblent correspondre à ce que l'on nomme deuil chez l'être humain (*voir Des animaux en deuil ?, page 54*).

Et l'horizon du physicien ? Les phénomènes quantiques ont, un temps, paru devoir limiter les observations réalisées à très petite échelle. Toutefois, certains de leurs aspects sont connus avec une précision parfaite, ce qui ouvre aux physiciens des horizons inédits, notamment la possibilité de nouveaux types de calculs (*voir Par-delà l'horizon quantique, page 48*). Et peut-être pourra-t-on montrer que, comme les cailloux, les électrons éclairés par la lumière du soleil couchant ou par une autre source de lumière rasante, font eux aussi une « grande ombre » ! ■

1 **ÉDITO**4 **BLOC-NOTES***Didier Nordon***Actualités**6 **Ampleur et décadence d'Angkor**8 **Un mur transparent aux sons**10 **L'épaule-catapulte des humains**11 **L'ongle, régénérateur du doigt**

... et bien d'autres sujets.

Opinions14 **POINT DE VUE****Loi Fioraso : quel dommage !***William Rostène*15 **DÉVELOPPEMENT DURABLE****Fuites d'eau dans les réseaux : une mine d'économies potentielles***Lamine Diakhate, Didier Sinapah et David Duccini*18 **ENTRETIEN****Internet au bord du précipice***Entretien avec Markus Hofmann*

Pour empêcher la Toile de s'effondrer sous le poids des données, le réseau doit changer radicalement la manière dont il traite l'information.

22 **VRAI OU FAUX****Faut-il s'étirer après le sport ?***Guillaume Millet*

Ce numéro comporte deux encarts d'abonnement
Pour la Science brochés sur la totalité du tirage.
 En couverture : © Kees Veenenbos

DOSSIER

25 **PLANÉTOLOGIE**

Mars insolite : des paysages à couper le souffle

Les images qui nous parviennent de Mars ne sont pas seulement spectaculaires. Elles nous racontent l'histoire de cette planète et indiquent la présence probable et actuelle d'eau liquide.



48 **PHYSIQUE**

Par-delà l'horizon quantique

David Deutsch et Artur Ekert

À ses débuts, la théorie quantique a semblé imposer des limites à la science et aux techniques. L'exemple du calcul quantique montre qu'au contraire, de nouveaux horizons s'ouvrent.

54 **ÉTHOLOGIE**

Des animaux en deuil ?

Barbara King

Selon un nombre croissant de témoignages, le comportement de multiples animaux, sauvages ou domestiques, est perturbé par la mort d'un proche. Ces animaux éprouveraient-ils du chagrin ?

26 Valles Marineris, mémoire géologique de Mars

J. Flahaut, P. Allemand et C. Quantin-Nataf

34 Mars, un remodelage permanent

Alfred McEwen

42 Mars en images

Jessica Flahaut et Pierre Thomas

58 PALÉONTOLOGIE HUMAINE Le métissage des espèces humaines

Michael Hammer

L'étude des gènes montre que nos ancêtres se sont métissés avec les espèces humaines archaïques qu'ils ont rencontrées. Cette hybridation a sans doute contribué à l'expansion de *Homo sapiens*.

66 ENTOMOLOGIE Piqûres d'insectes : comment s'en protéger ?

Vincent Robert

Moustiquaires, lotions répulsives, appareils à ultrasons, etc. : le marché regorge de produits censés éviter à leur utilisateur des piqûres, toujours désagréables et parfois dangereuses. Une récente étude globale aide à faire le tri et à pointer certaines tromperies.



Regards

74 HISTOIRE DES SCIENCES

Erreurs fécondes

David Kaiser et Angela Creager

En 1982, Nick Herbert imagine un télégraphe plus rapide que la lumière. Vers 1940, Max Delbrück explore la nature des gènes en étudiant des virus. Deux exemples d'hypothèses erronées, mais fécondes.

80 LOGIQUE & CALCUL

La persistance des nombres

Jean-Paul Delahaye

Quand on multiplie les chiffres d'un nombre entier, on trouve un autre nombre entier, et l'on peut recommencer. Combien de fois ? Onze fois au plus... semble-t-il.

86 SCIENCE & FICTION

Armures à toute épreuve

J. Sébastien Steyer et Roland Lehoucq

88 ART & SCIENCE

L'art quantique se tisse

Loïc Mangin

90 IDÉES DE PHYSIQUE

Des bateaux qui décollent

Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik

93 SCIENCE & GASTRONOMIE

Devoirs de vacances

Hervé This

94 À LIRE

Rendez-vous sur

POUR LA SCIENCE .fr

Le site de référence
de l'actualité scientifique internationale

■ Toutes les sciences en un clic

- Des actualités quotidiennes
- Des articles en libre accès
- Votre magazine numérique en ligne*
- Plus de 8 ans d'archives*

■ Des services exclusifs

- Les réactions aux articles**
- Des offres d'emploi scientifiques
- Des newsletters**
- Un espace abonnement

* Service payant. Si vous êtes abonné(e), les numéros compris dans votre abonnement sont offerts.
** En créant votre compte.

→ **ERRARE HUMANUM EST**

La Grèce, premier producteur mondial de paradoxes. On y trouve des marathoniens qui ne courent jamais (à Marathon) et des dissolus qui mènent une vie spartiate (à Sparte). Les grands bourgeois béotiens sont raffinés. Certains Crétois disent la vérité et ont un ventre d'amateur de hamburgers. À Lesbos, il existe des lesbiennes croqueuses d'hommes ; en Laconie, des laconiens bavards ; à Olympie, des olympiens nerveux ; sur l'île d'Ithaque, des voyageurs qui savent retourner chez eux directement ; dans les îles Sporades, des réunions régulières. Les bossues corinthiennes, doriennes ou ioniennes ne se tiennent pas plus droites qu'ailleurs. Il y a même des défaitistes à Samothrace !

→ **POUR FAIRE PATIENTER**

Lorsque, dans un débat, quelqu'un annonce : « Je voudrais rebondir sur ce que vient de dire Untel », on ne peut pas prévoir si son intervention va prolonger celle d'Untel, va la contredire ou n'avoir aucun rapport. Dans tous les cas, pourtant, la phrase est justifiée.

Il y a mille façons de rebondir, en effet. Le rebond d'un ballon de foot est plus ou moins prévisible et change peu sa direction initiale. Le rebond d'une balle contre un mur est plus ou moins prévisible et change du tout au tout sa direction initiale. Le rebondissement d'une affaire politique ou judiciaire

la fait partir dans une direction imprévisible, en rupture avec les épisodes précédents. Rebond du ballon, rebondissement du feuilleton, il s'agit toujours de rebondir.

La formule « Je voudrais rebondir sur ce que vient de dire Untel » n'engage donc à rien. Elle donne l'illusion que l'intervenant a la vivacité propre à ce qui rebondit, alors qu'elle n'est qu'un temps mort pendant lequel il se prépare. Cette cheville passe-partout mérite bien son succès.

→ **MATÉRIELLEMENT SYMBOLIQUE**

Récemment, le dollar est repassé au-dessus de la barre symbolique des 100 yens, le Dow Jones a franchi la barre symbolique des 15 000 points, la concentration en CO₂ atmosphérique a franchi la barre symbolique des 400 ppm. Pompidou prévoyait une révolution en France si la barre symbolique des 500 000 chômeurs était franchie ; récemment, la barre symbolique des trois millions de chômeurs l'a été. Aux États-Unis, le taux de chômage a franchi la barre symbolique des dix pour cent en 2009.

Chaque jour, on annonce que telle barre symbolique a été franchie. Un million d'exemplaires vendus, 25 000 visiteurs sur un site, un milliard d'euros de chiffre d'affaires... En général, le passage se fait par-dessus, mais il y a des exceptions. Depuis 1968, les sprinteurs sont sous la barre symbolique des dix secondes aux 100 mètres.

Demander : « Symbolique de quoi ? » serait n'avoir rien compris à notre monde. L'expression a cours dans les médias et chez les communicants : autant dire qu'elle n'a pas de sens précis. Elle convoque la vague notion de « chiffre rond », rien de plus.

Reste un problème métaphysique. En 1985, l'Ukrainien Sergueï Bubka fut le premier à sauter six mètres à la perche. Le nombre 6 étant, dans le domaine du saut à la perche, un chiffre rond, il a franchi là une barre symbolique. Mais cette barre était on ne peut plus matérielle ; sa fonction était de se

soumettre à la loi de la gravitation et de tomber si Bubka avait manqué son essai. Quelle est donc la vraie nature, la nature profonde, de la barre : matérielle ou symbolique ?

→ **CLAIR OBSCUR**

Lorsque je résume l'entrevue que je viens d'avoir avec mon patron en maugréant : « Il m'a démontré par $a+b$ que je suis nul », je pose mon problème à l'aide de termes mathématiques. On ne saurait dire pour autant que j'ai mathématisé la situation.

Lorsque les carabiniers chantent que la meilleure façon de marcher est de mettre un pied devant l'autre et de recommencer, la pertinence de leur algorithme est indiscutable. On ne saurait pour autant les créditer d'avoir réussi cette autre façon de mathématiser une situation qui consiste à la modéliser par un algorithme.

Mathématiser une situation ne se réduit donc pas à la mettre en équation ou à la décrire par un algorithme. Il faut découvrir une vérité *a priori* cachée, essentielle à cette situation, impossible à exprimer autrement qu'en termes mathématiques et en tirer un moyen nouveau de gérer la situation.

Analyser mieux ce que mathématiser veut dire serait difficile et polémique, comme chaque fois qu'on prétend déterminer ce qui est essentiel et ce qui ne l'est pas. Heureusement, il n'est pas de problème dont on ne puisse se sortir par une pirouette. Russell définissait les mathématiques comme la matière dans laquelle « on ne sait jamais de

quoi on parle, ni si ce qu'on dit est vrai ». À sa suite, définissons le fait de mathématiser une situation comme le fait de la décrire en termes tels que nul ne comprend plus de quoi il retourne et d'en déduire une solution dont nul ne sait si elle a un rapport avec le problème initialement posé.

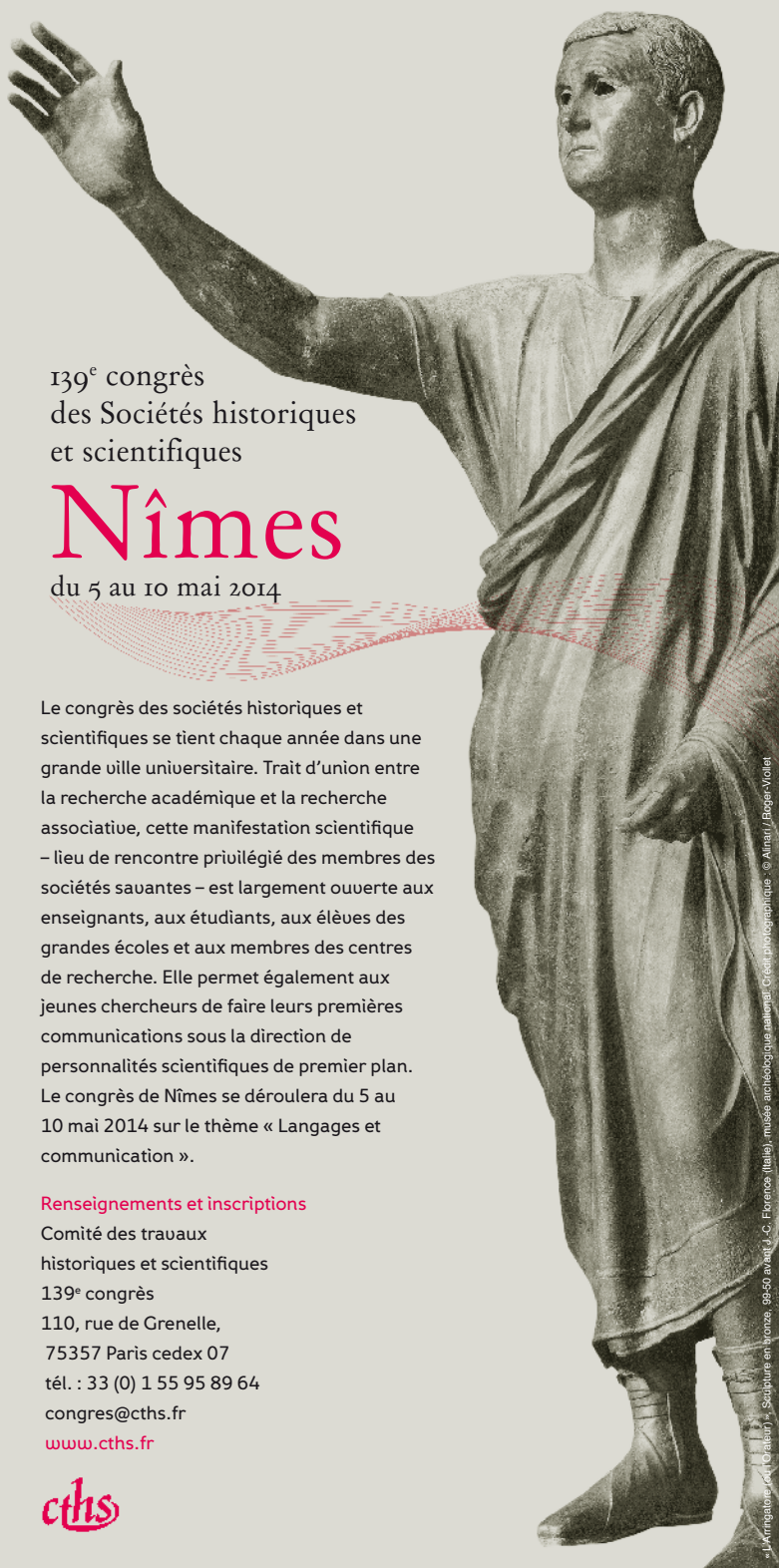
→ RENONCER À COMPRENDRE ?

« **A** force de recherches, il est arrivé à douter de l'objet même de ses recherches », écrit Balzac dans *Le Chef-d'œuvre inconnu*. Le personnage visé est peintre, mais la remarque se transpose à toutes les activités. Le mathématicien sait moins qu'un autre ce qu'est un nombre, le physicien sait moins qu'un autre ce qu'est la matière, le linguiste sait moins qu'un autre ce qu'est une langue, etc. Pourquoi ? Parce que, en réfléchissant à ces notions, ils se sont rendu compte qu'elles recèlent des difficultés qu'on ne soupçonne pas quand on les utilise sans y prêter attention. Les spécialistes subissent la mésaventure commune à tant d'amoureux passionnés : l'excès de leur passion peut faire fuir l'être qu'ils adorent.

Plus on cherche à comprendre quelque objet, d'origine naturelle ou humaine, plus cet objet échappe. Mystérieuse loi inhérente à notre monde. Que signifie-t-elle ? Pourquoi est-elle si obstinée à s'appliquer pratiquement toujours et partout ? Comprendre cela serait passionnant, mais ne tentons surtout pas de le faire : le mystère ne manquerait pas de nous échapper encore plus. ■



Langages et communication



139^e congrès
des Sociétés historiques
et scientifiques

Nîmes

du 5 au 10 mai 2014

Le congrès des sociétés historiques et scientifiques se tient chaque année dans une grande ville universitaire. Trait d'union entre la recherche académique et la recherche associative, cette manifestation scientifique – lieu de rencontre privilégié des membres des sociétés savantes – est largement ouverte aux enseignants, aux étudiants, aux élèves des grandes écoles et aux membres des centres de recherche. Elle permet également aux jeunes chercheurs de faire leurs premières communications sous la direction de personnalités scientifiques de premier plan. Le congrès de Nîmes se déroulera du 5 au 10 mai 2014 sur le thème « Langages et communication ».

Renseignements et inscriptions

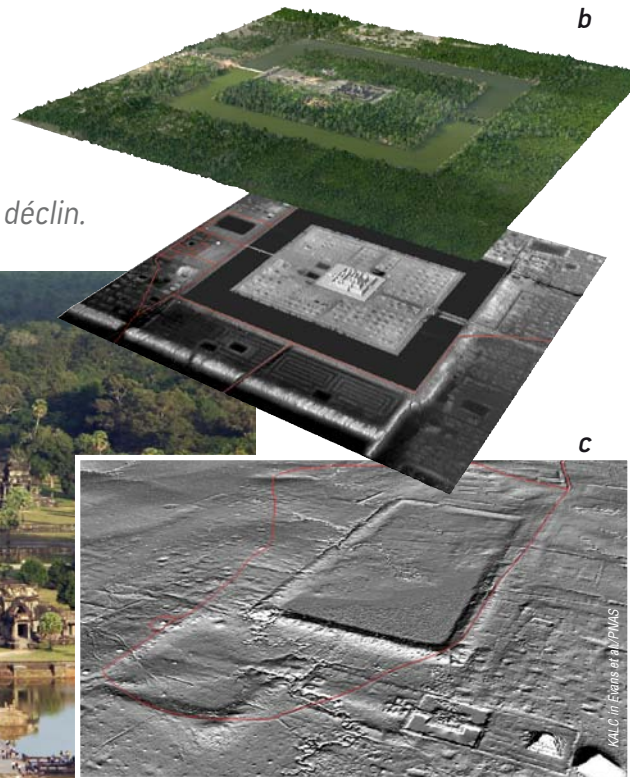
Comité des travaux
historiques et scientifiques
139^e congrès
110, rue de Grenelle,
75357 Paris cedex 07
tél. : 33 (0) 1 55 95 89 64
congres@cths.fr
www.cths.fr

cths

Archéologie

Ampleur et décadence d'Angkor

Une cartographie par télédétection laser du site d'Angkor, au Cambodge, révèle que la cité médiévale était bien plus dense qu'on ne le pensait. Une donnée qui corrobore le scénario de son déclin.



Le temple Angkor Vat (a, b) n'était pas perdu dans la forêt comme aujourd'hui, mais entouré d'une vaste cité s'appuyant sur un réseau complexe d'infrastructures hydrauliques.

C'est ce qu'a montré la cartographie de la région par laser héliporté (b, c, en gris).

Les archéologues ont détecté de nombreux bassins peu profonds, invisibles par les autres techniques (c). Les lignes rouges indiquent les infrastructures modernes.

A l'évocation d'Angkor, on pense aux somptueux vestiges des temples en pierre ornés de statues et d'inscriptions gravées, perdus dans la forêt tropicale. Cette vision ne correspond qu'à la partie émergée du site. Depuis 50 ans, l'étude d'Angkor a révélé que la capitale médiévale khmère, née au IX^e siècle, s'étendait sur environ 1 000 kilomètres carrés, bien au-delà des enceintes des temples, et était alimentée par un réseau hydraulique complexe. Fruit d'un consortium international coordonné par Damian Evans, de l'Université de Sydney, en Australie, une nouvelle cartographie au laser permet de préciser l'organisation urbaine d'Angkor et conforte les hypothèses avancées pour expliquer son déclin au XV^e siècle.

Jusque dans les années 1950, l'étude d'Angkor s'est résumée à celle des temples, de leurs divinités, de leurs inscriptions, essentiellement religieuses, et des dynasties royales qui s'y sont

succédé, pour une raison simple: il ne restait aucune trace de vie urbaine en surface. Construites en matériaux périssables – sans doute du bois, du bambou et de la paille –, les habitations ont disparu au fil du temps.

Puis les fouilles stratigraphiques, associées à la télédétection, ont révélé autour des temples tout un réseau d'établissements et d'aménagements hydrauliques et agraires. Toutefois, la description restait lacunaire dans les zones de forêt dense, notamment au cœur d'Angkor. Les archéologues australiens et français ont scanné la région avec un lidar héliporté. Ce dispositif envoie un faisceau laser infrarouge sur le relief et enregistre sa réflexion. Après 20 heures de vol et 370 kilomètres carrés couverts, un logiciel a filtré les milliards de points récoltés pour isoler ceux qui ont atteint le sol et ainsi construire un modèle topographique précis du terrain. Des centaines de bassins hydrauliques ont ainsi été détectés bien

au-delà du centre d'Angkor, tant à l'intérieur des enceintes des temples qu'à l'extérieur.

Cette campagne de mesures révèle qu'Angkor était une vaste mégalopole assez dense et aux infrastructures centralisées. Cela corrobore l'hypothèse selon laquelle deux périodes de 30 ans de fortes instabilités des moussons, aux XIV^e et XV^e siècles, auraient précipité l'abandon de la cité. Le rôle crucial de ces infrastructures centralisées aurait en effet rendu difficile la vie des citoyens lors d'écarts climatiques importants.

Guidés par le lidar, les archéologues vérifient ces observations sur le terrain. « Ces fouilles sont indispensables pour préciser l'urbanisme et l'hydraulique complexe d'Angkor. Et avec la richesse des données du lidar, cela nous prendra plusieurs années! », explique Christophe Pottier, de l'École française d'Extrême-Orient, coauteur des travaux.

→ Marie-Neige Cordonnier

D. H. Evans et al., PNAS, à paraître