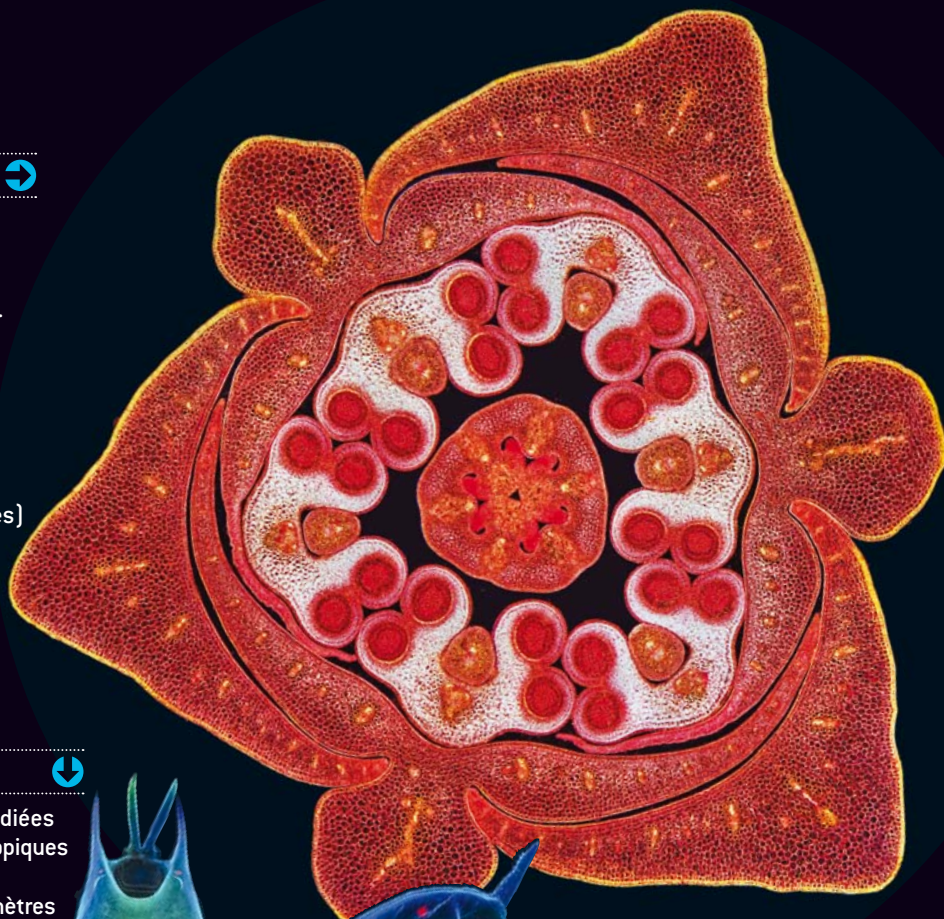


UN BOURGEON DE LYS



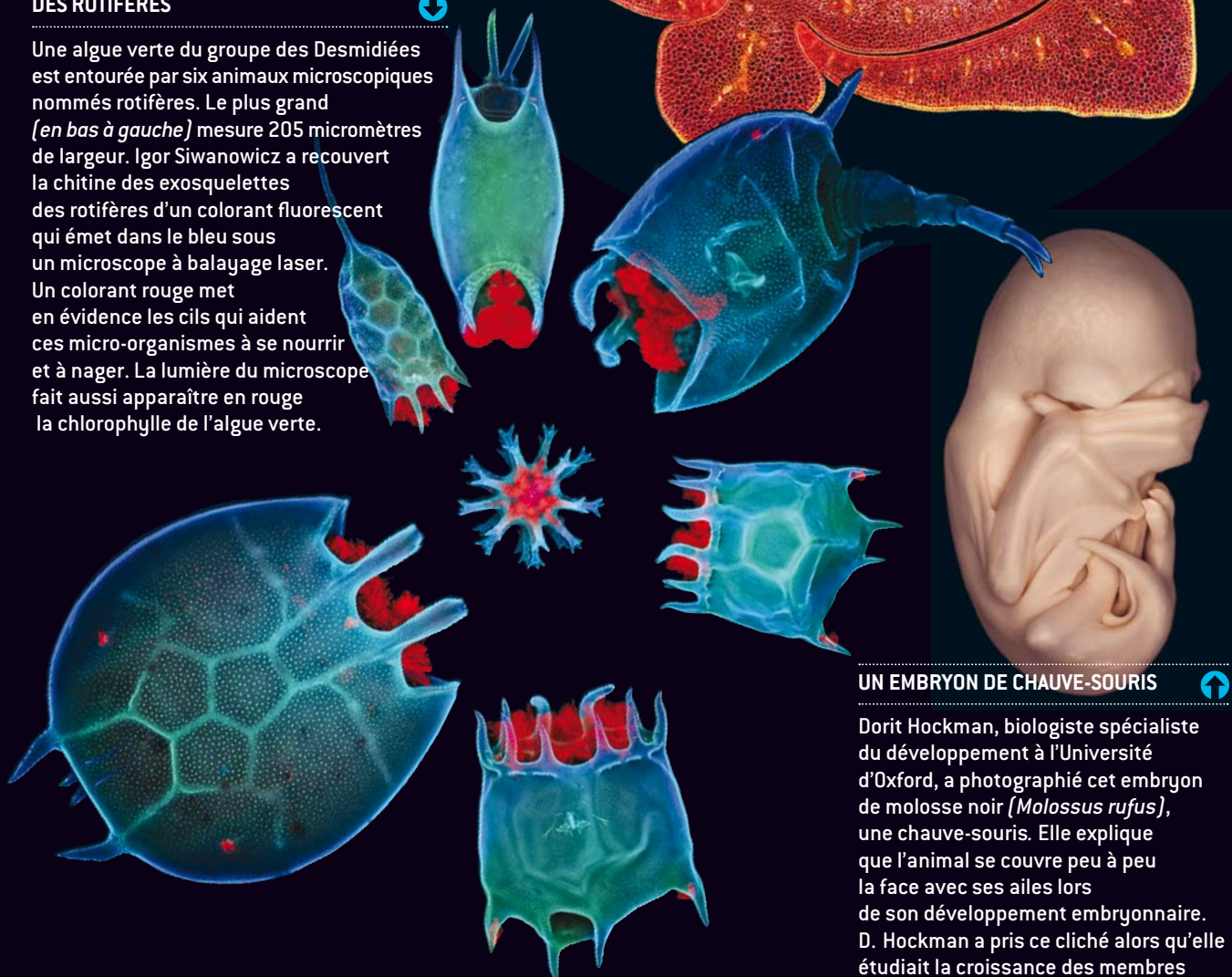
Spike Walker, de Penkridge au Royaume-Uni, a photographié une ancienne coupe de bourgeon de lys, large d'environ un centimètre. Il pense que le colorant utilisé était de la safranine. Comme toutes les plantes à fleurs du clade des monocotylédones, les fleurs de lys présentent trois carpelles (au centre) produisant les graines. Ils sont entourés de poches (anthères) remplies de pollen, l'ensemble étant cerné de trois pétales puis de trois grands sépales protecteurs.



DES ROTIFÈRES



Une algue verte du groupe des Desmidiées est entourée par six animaux microscopiques nommés rotifères. Le plus grand (en bas à gauche) mesure 205 micromètres de largeur. Igor Siwanowicz a recouvert la chitine des exosquelettes des rotifères d'un colorant fluorescent qui émet dans le bleu sous un microscope à balayage laser. Un colorant rouge met en évidence les cils qui aident ces micro-organismes à se nourrir et à nager. La lumière du microscope fait aussi apparaître en rouge la chlorophylle de l'algue verte.



UN EMBRYON DE CHAUVÉ-SOURIS



Dorit Hockman, biologiste spécialiste du développement à l'Université d'Oxford, a photographié cet embryon de molosse noir (*Molossus rufus*), une chauve-souris. Elle explique que l'animal se couvre peu à peu la face avec ses ailes lors de son développement embryonnaire. D. Hockman a pris ce cliché alors qu'elle étudiait la croissance des membres antérieurs des vertébrés, structures qui peuvent prendre la forme tant d'une aile souple que d'une petite patte de souris.

Ferris JABR est journaliste à *Scientific American*.

Le site du concours *Olympus BioScapes* :
www.OlympusBioScapes.com

HISTOIRE DES SCIENCES

Pourquoi ils n'ont pas cru Copernic

Quand, en 1543, Nicolas Copernic affirma que la Terre tourne autour du Soleil, l'opposition ne vint pas seulement des autorités religieuses. Les observations privilégiaient une autre cosmographie.

Dennis Danielson et Christopher Graney

En 2011, des physiciens du CERN, à Genève, ont envoyé un faisceau de neutrinos vers le Laboratoire Gran Sasso de L'Aquila, en Italie, distant de 730 kilomètres. D'après le chronométrage du temps de trajet, les neutrinos avaient voyagé plus vite que la lumière dans le vide. Comment ce résultat surprenant a-t-il été accueilli ? La plupart des scientifiques, plutôt que de remettre en cause les préceptes bien établis d'Albert Einstein (selon lesquels rien ne se déplace plus vite que la lumière), ont supposé que les mesures des chercheurs étaient erronées (de fait, elles l'étaient).

Projetez-vous à présent quatre siècles plus tard, à une époque où les idées d'Einstein seraient dépassées ; dans ce futur, les scientifiques ont depuis longtemps confirmé par l'expérience que les neutrinos peuvent se propager plus vite que la lumière. Comment interpréterions-nous alors, avec le recul, la réticence des physiciens d'aujourd'hui à accepter les preuves ? En concluons-nous qu'ils étaient enfermés dans leur vision des choses ? Peu réceptifs aux idées nouvelles ? Peut-être motivés par des considérations non scientifiques – une clique d'einsteinien étroits d'esprit respectant la ligne dictée par la tradition et l'autorité ? Espérons qu'ils auraient un meilleur traitement : la réticence à abandonner des conclusions d'apparence solide est une attitude raisonnable en science.

De tels récits ne manquent pas dans l'histoire des sciences. Supposant que la Voie lactée constituait l'Univers tout entier, les

astronomes du XIX^e siècle, en observant les premières images de la galaxie d'Andromède, ont cru à tort, mais non sans raison, qu'ils voyaient une étoile unique entourée d'un système solaire naissant, et non, comme on le sait aujourd'hui, un objet lointain comptant un billion d'étoiles. De même, Einstein était persuadé que l'Univers était statique, et la constante cosmologique qu'il a introduite dans ses équations n'avait d'autre objectif que de garantir cette propriété. Ces deux hypothèses étaient raisonnables – mais toutes deux erronées, a-t-on appris avec le recul.

Dans le cas des neutrinos, certes, nous avons peu de recul. Nous connaissons en revanche le fin mot de l'histoire de l'astronome polonais Nicolas Copernic (1473-1543) et de sa théorie de l'héliocentrisme, selon laquelle la Terre tourne sur elle-même en un jour et effectue chaque année une révolution autour du Soleil – ce que tout le monde admet aujourd'hui. Le système copernicien remettait en cause l'idée bien ancrée, codifiée par l'astronome grec du II^e siècle Ptolémée dans son œuvre *l'Almageste*, que le Soleil, la Lune et les étoiles tournaient autour d'une Terre immobile au centre de l'Univers.

Copernic a proposé ses idées révolutionnaires en 1543, dans son livre *De Revolutionibus Orbium Caelestium*. De nombreux scientifiques l'ont lu, l'ont admiré, l'ont annoté et l'ont utilisé pour améliorer leurs prédictions astronomiques. Malgré cela, en 1600, soit 57 ans après sa publication, à peine plus d'une dizaine d'astronomes avaient renoncé à leur conviction que la Terre est immobile. La plupart

des scientifiques continuaient à préférer le géocentrisme, plus proche de l'expérience sensible du lever et du coucher du Soleil.

On entend parfois que ce refus de l'héliocentrisme était le fait de préjugés qui n'ont été surmontés que lorsque Galilée a assemblé une lunette astronomique en 1609 et observé les étoiles, la Lune et les planètes. C'est faux. Longtemps après 1609, les astronomes avaient encore des raisons scientifiquement valables de douter des affirmations de Copernic. Leur histoire illustre comment de bonnes raisons peuvent conduire des chercheurs à résister à des idées nouvelles qui, parfois, se révèlent correctes.

Tycho Brahe et ses doutes

Le doute était entretenu en particulier par les travaux de l'astronome danois Tycho Brahe, qui proposa en 1588 un autre type de système géocentrique (voir l'encadré page 76). Bien que son système n'ait pas la cohérence de ceux de Ptolémée et de Copernic (Galilée ne s'y était pas trompé, lui qui, dans son *Dialogue* publié en 1632, ne s'intéresse qu'à ces derniers), il a deux avantages majeurs : il s'accorde bien aux intuitions que l'on a de l'Univers et il décrit mieux les données disponibles que le modèle de Copernic.

Brahe en impose. Il dirige un important programme de recherches dans un observatoire immense – une citadelle de l'astronomie construite sur une île –, avec un budget comparable à celui de la NASA aujourd'hui, qui lui permet d'avoir les meilleurs instruments

du moment. Ce sont les données de Brahe sur Mars que Johannes Kepler, un de ses assistants, utilisera plus tard pour découvrir la nature elliptique du mouvement des planètes.

Brahe a été impressionné par l'élégance du système copernicien, mais certains aspects le gênent. Notamment, il manque au modèle de Copernic une explication physique du mouvement de la Terre (l'explication ne viendra qu'un bon siècle plus tard, avec la physique newtonienne). D'un diamètre estimé à plusieurs milliers de kilomètres, cette boule de roches et de terre doit avoir une masse énorme. Qu'est-ce qui pourrait faire tourner un tel corps autour du Soleil, alors qu'il est déjà difficile de tirer un chariot chargé ?

En revanche, le mouvement des corps célestes tels que les étoiles et les planètes est facile à expliquer : depuis l'époque d'Aristote, les astronomes postulent que les astres sont constitués d'une substance spéciale dite éthérée, qui n'existe pas sur Terre. Cette substance tend à adopter un mouvement circulaire rapide, de la même façon que le chariot a tendance à s'arrêter si on ne le tire pas énergiquement. Selon Brahe, le système copernicien « évite savamment et entièrement tout ce qu'il y avait de superflu ou de discordant dans le système de Ptolémée. [...] Mais il attribue à la Terre, à ce corps grossier, paresseux, inhabile au mouvement, un mouvement tout aussi rapide qu'à ces flambeaux éthérés » (*Opera omnia*, vol. 4).

Un autre aspect dérange Brahe dans le système copernicien : la taille des étoiles. Ptolémée a dit que la sphère des étoiles est « incommensurablement grande » parce qu'on ne détecte aucune parallaxe diurne, c'est-à-dire aucune modification notable de la position apparente des étoiles lorsque, au fil de la nuit, l'angle et la distance d'observation changent avec la course des étoiles dans le ciel. Le diamètre de la Terre est donc négligeable comparé aux distances stellaires : la Terre est « comme un point », écrivait Ptolémée.

Mais Copernic sait qu'on ne détecte même pas de parallaxe annuelle, c'est-à-dire un changement des positions relatives apparentes des étoiles dû au déplacement de la Terre sur son orbite. Or si la Terre tourne autour du Soleil, l'absence de parallaxe annuelle implique que le diamètre de son

■ LES AUTEURS

Dennis DANIELSON
est professeur d'anglais
à l'Université de Colombie-
Britannique, au Canada.

Christopher GRANEY
est professeur de physique
et d'astronomie au *Jefferson*
Community and Technical
College de Louisville,
dans le Kentucky (États-Unis).

orbite est lui-même insignifiant, « comme un point » comparé aux distances stellaires. La taille de l'Univers devient alors un nouvel « incommensurablement grand », d'échelle difficile à concevoir.

Cette conséquence concerne aussi la taille des étoiles. Quand on regarde le ciel nocturne, chaque étoile semble avoir une certaine largeur angulaire, qui a été mesurée par Ptolémée comme par Brahe. On sait aujourd'hui que les étoiles lointaines sont des sources ponctuelles de lumière, et que ces largeurs apparentes sont un artefact lié



COPERNIC, vu par l'artiste Kirk Caldwell.

Toutes les illustrations sont de Kirk Caldwell