

50 INFORMATIQUE

S'adapter à la cyberguerre

Keren Elazari

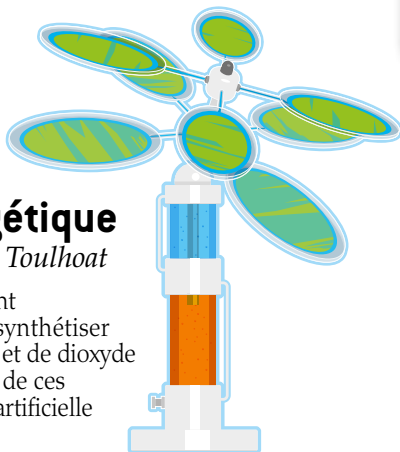
Chaque appareil connecté est une cible potentielle pour les cybercriminels. Les gouvernements ne pourront sécuriser le cyberspace que si les particuliers sécurisent leurs propres équipements.

56 ÉNERGIE

Des carburants solaires pour la transition énergétique

Antoine Fécant et Hervé Toulhoat

En recueillant le rayonnement du Soleil, il est possible de synthétiser des carburants à partir d'eau et de dioxyde de carbone. Les rendements de ces procédés de photosynthèse artificielle s'améliorent peu à peu.



64 ÉCOLOGIE

Faut-il vendre la peau de l'ours polaire ?

Rémy Marion et Farid Benhammou

L'ours blanc, un cousin de l'ours brun adapté à la banquise, est menacé par la réduction et la pollution de son habitat. On peine cependant à quantifier l'impact réel de ces menaces sur ses populations.



70 HISTOIRE DES SCIENCES

Edmond Pâris, de la pirogue au bateau à vapeur

Géraldine Barron

Au XIX^e siècle, fasciné par l'ingéniosité des pirogues vues lors de ses voyages, un jeune officier de la Marine se prend de passion pour la construction navale. Le récent bateau à vapeur devient vite son cheval de bataille...

Rendez-vous

78 Logique & calcul

Le problème des 8 reines... et au-delà

Jean-Paul Delahaye

De combien de façons différentes peut-on placer n reines sur un échiquier de taille $n \times n$ dans des positions compatibles ?

84 Science & fiction

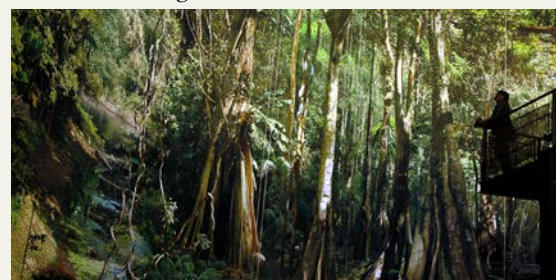
Quel animal roule comme Sonic et BB-8 ?

J.-Sébastien Steyer et Roland Lehoucq

86 Art & science

Et en Amazonie coule la Seine...

Loïc Mangin



89 Idées de physique

Petite force deviendra grande

Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik

92 Question aux experts

Pourquoi les hommes ont-ils des tétons ?

Andrew Simons

94 Science & gastronomie

Faut-il piquer les viandes ?

Hervé This

96 À lire

98 Bloc-notes

Les chroniques de Didier Nordon

POUR LA
SCIENCE.fr

LETTRE D'INFORMATION



Ne manquez pas
la parution
de votre magazine
grâce à la NEWSLETTER

- Notre sélection d'articles
- Des offres préférentielles
- Nos autres magazines en kiosque



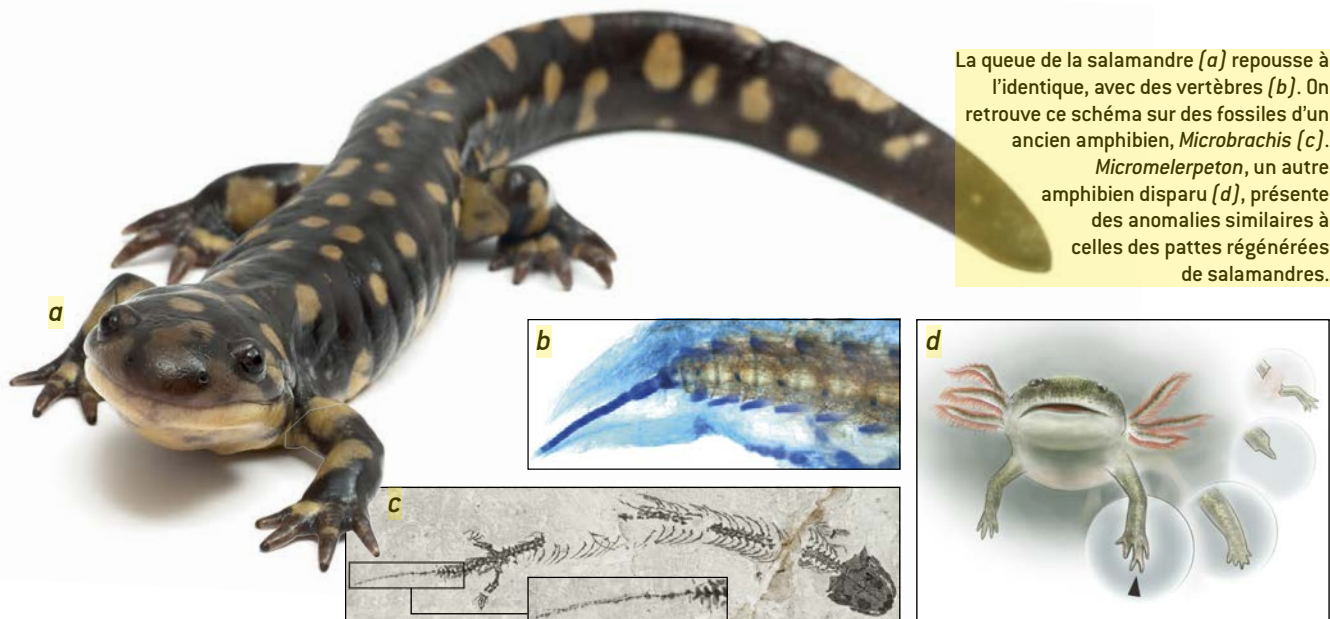
Recevez gratuitement la lettre d'information en inscrivant uniquement votre adresse mail sur www.pourlascience.fr

Actualités

Évolution

Des tétrapodes disparus régénéraient leurs membres

Les salamandres ne sont pas les seuls tétrapodes dont les membres peuvent repousser. Il y a 300 millions d'années, de lointains cousins amphibiens avaient aussi cette faculté.



La queue de la salamandre (a) repousse à l'identique, avec des vertèbres (b). On retrouve ce schéma sur des fossiles d'un ancien amphibien, *Microbrachis* (c). *Micromelerpeton*, un autre amphibien disparu (d), présente des anomalies similaires à celles des pattes régénérées de salamandres.

La salamandre est un cas doublement étrange dans l'histoire de l'évolution. D'abord, elle est le seul tétrapode actuel connu capable de régénérer ses pattes et sa queue (le lézard, par exemple, ne régénère que sa queue). Ensuite, son développement diffère de celui des autres tétrapodes : les premiers doigts qui se forment chez la salamandre sont les deux doigts les plus antérieurs (les plus proches de la tête), alors que chez tous les autres tétrapodes actuels connus, ces doigts se forment en dernier. Ces deux curiosités seraient-elles liées ? C'est ce que Nadia Fröbisch, de l'institut Leibniz pour la science de l'évolution et de la biodiversité, à Berlin, et ses collègues ont voulu savoir. En recherchant ces propriétés chez des espèces éteintes de tétrapodes, ils ont découvert que la

salamandre a eu des prédécesseurs il y a 300 millions d'années... qui n'étaient pas ses ancêtres directs.

Comment retracer le développement d'espèces éteintes ? En rassemblant les fossiles d'une espèce, en les classant du plus jeune individu au plus âgé grâce à leur ossification, puis en regardant la séquence obtenue comme un film retraçant le développement d'un seul individu. En 2007, Nadia Fröbisch et ses collègues avaient ainsi montré qu'un amphibien du Paléozoïque (il y a environ 300 millions d'années), *Apateon*, développait ses doigts de la même façon que les salamandres.

Ils ont cette fois retrouvé un développement similaire chez deux autres amphibiens de la même époque, *Micromelerpeton* et *Sclerocephalus*, mais plus éloignés de la salamandre dans l'arbre

phylogénétique des tétrapodes. Cette propriété existait donc très probablement chez leur dernier ancêtre commun, à la tête d'un large groupe les englobant (les temnospondyles), voire chez un ancêtre plus lointain.

La régénération des membres, elle, se repère grâce aux malformations qu'elle introduit. Chez la salamandre, elle produit parfois des doigts supplémentaires, la fusion de doigts ou de phalanges, ou des phalanges de diverses tailles. Si *Apateon* et *Sclerocephalus* n'ont pas encore révélé s'ils régénéraient leurs membres, les biologistes ont repéré de telles anomalies chez *Micromelerpeton*, signe que cet amphibien en avait bien la capacité. Cette dernière existait donc elle aussi déjà il y a 300 millions d'années, soit 80 millions d'années avant le premier

fossile connu de salamandre, voire plus tôt.

Plus étonnant encore, les biologistes ont montré que deux amphibiens aussi anciens, les microsaures *Hylopletesion* et *Microbrachis*, régénéraient leur queue selon un processus similaire à celui à l'œuvre chez la salamandre. Or dans l'arbre des tétrapodes, les microsaures sont bien plus proches des amniotes, la branche qui englobe les mammifères et les sauropsides (oiseaux, tortues, crocodiles, serpents, lézards...), que des salamandres et de *Micromelerpeton*. On pensait donc trouver un mécanisme de régénération plus proche de celui du lézard.

Lorsqu'un lézard perd sa queue, celle qui repousse n'est pas aussi perfectionnée que la première. Formée d'un unique tube de cartilage, elle reste