



SARCOSUCHUS IMPERATOR, un des plus grands crocodiliens, pouvait mesurer près de 12 mètres. La fonction de la bosse à l'extrémité de son museau reste une énigme.

« crocodiloïdes » de ces films reste souvent le gigantisme de l'espèce en question. Ainsi, le record du plus grand crocodilien fictif est détenu par *Crocosaur*, visible dans le très dispensable *Mega Shark vs. Crocosaurus* (Christopher Ray, 2010) : sa taille varie, selon les séquences du film, de 60 à plusieurs centaines de mètres ! Ces mensurations variables ne sont pas sans rappeler celles de *Godzilla* (Ishirō Honda, 1954), autre géant improbable dont la masse empêcherait tout déplacement au sol, par effondrement sous son propre poids.

Dans la réalité, les plus grands crocodiliens sont à rechercher dans les strates géologiques de notre planète. *Sarcosuchus imperator*, dont un squelette assez bien conservé est exposé à Paris dans la galerie de paléontologie du Muséum national d'histoire naturelle, fait environ 12 mètres pour une masse estimée à 8 tonnes. Ce crocodilien bien en chair (*sarco* signifie « chair » en grec), et dont les premiers fossiles ont été découverts dans les années 1940 par des géologues français au cœur du Sahara, vivait au Crétacé inférieur, il y a environ 112 millions d'années, en Afrique notamment. Grâce à sa taille imposante, il n'avait sans doute rien à craindre des dinosaures carnivores contemporains.

D'autres fossiles de *Sarcosuchus* parfois plus complets ont été découverts en 1997 et 2000 par le paléontologue américain Paul Sereno et son équipe : ceux-ci l'ont alors nommé « Supercroc » sans savoir que ce

sobriquet allait devenir plus tard le titre d'un autre film de série B (Scott Harper, 2007) mettant en scène un crocodile géant qui terrorise Los Angeles... Quoi qu'il en soit, *Sarcosuchus* est remarquable par son museau long et fin, qui présente à l'avant une sorte de bosse naturelle logeant les narines externes, et dont l'éventuelle fonction (olfaction, vocalisation ou autre) demeure très discutée. Cette étrange « bulle osseuse » évoque celle des gavials mâles, avec lesquels l'espèce fossile n'est cependant pas directement apparentée.

Un cuirassé en eaux douces

Un autre trait morphologique rencontré chez de nombreux crocodiliens, est la présence d'ostéodermes sur le corps, sortes d'écailles dermiques reposant sur des plaques osseuses et protégeant l'animal contre les agressions extérieures. Cette armure dermique recouvre le dos, et parfois le ventre de l'animal.

Les ostéodermes sont également connus chez des stégocéphales (grands amphibiens anciens) et de nombreux reptiles, qu'ils soient fossiles (phytosaures, aétosaures, certains dinosaures, etc.) ou actuels (certains lézards).

Des analyses de structure interne, effectuées en microtomographie à rayons X (c'est-à-dire à l'aide de puissants scanners X), ont montré que ces étonnantes écailles présentent des lignes d'arrêt de croissance qui enregistrent le rythme de vie et la croissance

de l'animal, de la même façon que les cernes marquent la croissance des troncs d'arbres. Ainsi, grâce à ses ostéodermes, on sait que *Sarcosuchus* mettait 50 à 60 ans pour atteindre sa taille adulte. En outre, ces écailles osseuses très ornementées sont aussi percées d'un réseau de canaux vasculaires qui leur confère, en plus de leur rôle protecteur, une fonction thermorégulatrice : les ostéodermes permettent aux crocodiliens de capter ou d'évacuer plus rapidement la chaleur. Les canaux sanguins qui irriguent les ostéodermes en profondeur apparaissent en surface sous la forme de petits trous.

Cette morphologie est bien respectée dans la récente représentation que le film *Suicide Squad* (David Ayer, 2016) fait de Killer Croc, un personnage de l'univers *DC Comics*. Waylon Jones, c'est son nom, est victime d'une grave maladie de peau qui recouvre dès son plus jeune âge son corps d'écailles et le transforme en homme-crocodile. Son apparence monstrueuse conduit à son exclusion de la société. Et il est amené à travailler dans un cirque. Cette biographie fictive évoque clairement celle, malheureusement bien réelle, d'un certain Joseph Merrick, au XIX^e siècle, plus connu sous le nom d'*Elephant Man*. Des vies bouleversantes qui font couler bien plus que des larmes de crocodile. ■

Jean-Sébastien STEYER est paléontologue au CNRS-MNHN, à Paris. Roland LEHOUCQ est astrophysicien au CEA, à Saclay. Marc BOULAY est sculpteur numérique.

ART & SCIENCE

Pleurer sans fondre en larmes

Les Pleureuses est un projet artistique fondé sur les traitements de surface. Des formes humaines apparaissent sur des plaques en verre modifiées de façon à guider le comportement de gouttes d'eau : celles-ci deviennent des pixels liquides.

Loïc MANGIN

C'est l'hiver. Le givre, le brouillard, la pluie envahissent les cieux et... nos fenêtres, celles de nos maisons et de nos véhicules.

Ces surfaces vitrées sont alors constellées de gouttes dont, parfois, on suit le parcours chaotique. D'un coup, l'une se libère et descend rapidement, en zig zag, et entraîne dans sa chute celle qu'elle rencontre. Les paramètres en jeu sont nombreux, mais on peut tenter de les maîtriser. C'est ce qu'a fait l'artiste Samuel Bianchini, avec l'aide du CEA-Iramis, à Saclay, et plus particulièrement Pascal Viel, du département Nanosciences et innovation pour les matériaux, la biomédecine et l'énergie.

Le résultat de cette collaboration, née en 2010, a été exposé cet automne à la Crypte d'Orsay, dans l'Essonne. Il s'agit de trois grandes plaques de verre sur lesquelles des gouttes d'eau tombent, glissent et s'arrêtent pour dessiner en fin de compte trois portraits de femmes, ce sont *Les Pleureuses*. Ce nom évoque les femmes dont on loue les services pour feindre un chagrin lors des funérailles.

Cette tradition, déjà attestée en Mésopotamie et en Égypte antique, existe encore aujourd'hui, notamment au Royaume-Uni, au Moyen-Orient et en Asie. Par exemple, au Rajasthan (en Inde), les familles des défunts de haut rang recrutent des pleureuses (les *rudaali*) dans les castes inférieures pour exprimer un chagrin à la place des femmes dont le statut social interdit ce type de manifestation. En France, ce service a disparu

dans les années 1960, mais on distingue des pleureuses sur le monument aux morts du cimetière du Père-Lachaise, à Paris.

Revenons à Orsay. Comment *Les Pleureuses* apparaissent-elles ? Pour comprendre, on doit s'approcher du verre et s'intéresser à son revêtement. C'est invisible, mais le matériau est ponctué de zones hydrophiles (qui aiment l'eau) sur un fond hydrophobe (qui repousse l'eau). Ces zones hydrophiles sont des sortes de pixels où des gouttes se forment et se stabilisent de façon à matérialiser un motif global, en l'occurrence des femmes en train de pleurer.

Traiter chimiquement une surface en verre s'apparente à modifier la surface d'un glaçon en train de fondre

Obtenir ce rendu n'a pas été une mince affaire ! En effet, ce type de traitement qui modifie les propriétés de surface (on parle de fonctionnalisation) est plutôt facile avec un métal ou du plexiglas. Avec ce dernier, on peut par exemple transformer les polymères qui le constituent par des procédés classiques de chimie organique. Il en va autrement avec le verre, plus noble pour une œuvre d'art. En effet, c'est un matériau dynamique, en perpétuelle évolution. Une surface de verre peut perdre jusqu'à un micromètre d'épaisseur par an (c'est une dissolution), ce qui correspond à plusieurs couches de molécules

par jour. La chimie s'apparente alors à traiter la surface d'un glaçon en train de fondre !

La solution retenue relève un peu de la sérigraphie. Le verre initial, feuilleté, est d'emblée hydrophile. Un premier traitement, mécanochimique, renforce cette propriété. Puis on rend hydrophobes certaines zones, les futurs pixels (en forme de goutte de 3 millimètres de largeur sur 6 de hauteur), grâce à des silanes. Ces composés à base de silicium sont dotés de deux fonctions chimiques de sorte que, d'une part, ils interagissent avec le verre, et d'autre part, repousse l'eau. On obtient alors un fort contraste entre les deux types de revêtements. L'eau – désionisée pour éviter les traces –, coule d'un dispositif conçu par Bruno Coltrinarì, le dernier artisan verrier du CEA.

Après plusieurs semaines d'exposition, le contraste a bien résisté. Et l'on peut imaginer diverses applications pour les techniques mises en œuvre dans *Les Pleureuses*. Samuel Bianchini et Pascal Viel ne comptent d'ailleurs pas s'arrêter là et réfléchissent à de nouveaux projets où les images d'eau seraient moins évidentes au premier regard.

Les Pleureuses ont désormais quitté la crypte qui, étonnamment, a été construite par un chevalier pour... pleurer son épouse. Toutefois, on peut encore admirer l'une d'elles à New York, jusqu'au 11 mars, dans un endroit au nom prédestiné, la *Waterfall Gallery* ! ■

Le site de Samuel Bianchini : dispotheque.org
Waterfall Gallery : www.waterfall-gallery.com



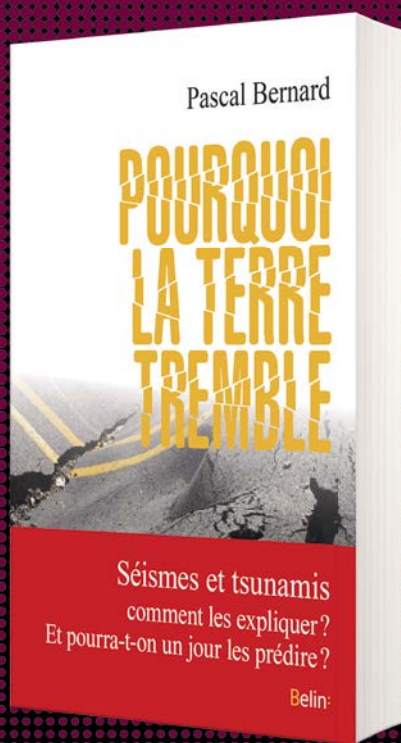
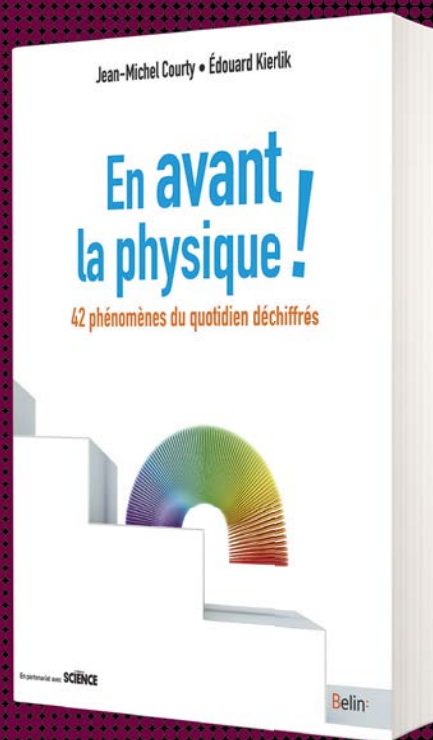
Une pleureuse
formée... de larmes.

Samuel Bianchini

Le nouvel opus de deux vulgarisateurs hors pair !

Une bouteille qui chante. Un verre de chocolat soluble qui tinte. Un carillon dont les cloches homothétiques couvrent toute la gamme. Un escalier qui joue du clairon. Une sculpture qui filtre certains sons... Et en avant la physique !

18,5 x 24,5 cm - 192 pages - 24 euros



Séismes et tsunamis, comment les expliquer ? Et pourra-t-on un jour les prédire ?

Une découverte passionnante de la lente évolution de nos connaissances sur les séismes, qui se lit comme un roman !

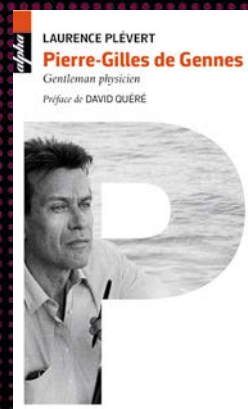
15 x 22 cm - 288 pages - 19,50 €

Et aussi...

Dans notre collection de livres de poche



10 x 17 cm - 304 pages - 9,90 €



10 x 17 cm - 392 pages - 9,90 €

IDÉES DE PHYSIQUE

Bois sec, bois humide

Mesurer avec précision et rapidité la teneur en eau du bois serait très utile pour les industriels. Le défi pourrait être relevé en sondant le matériau avec des ondes électromagnétiques.

Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK

Ajoutons une bûche dans la cheminée pour ranimer un feu qui s'éteint doucement. Las, au lieu de flamber vivement, la voilà qui peine à s'enflammer et qui dégage une épaisse fumée : c'est le signe d'un bois sans doute trop humide ! Ce désagrément domestique devient, dans le contexte de la filière bois-énergie, un problème industriel. En outre, acheter du bois humide a un double inconvénient : d'une part, il apporte moins d'énergie que le bois sec ; d'autre part, on a payé inutilement le poids de l'eau qu'il contient.

Mesurer efficacement l'humidité du bois est donc une question importante. Si elle n'a pas encore de réponse satisfaisante, on dispose désormais de pistes prometteuses, comme nous le verrons.

Le taux d'humidité d'un bois est défini comme la fraction en masse d'eau par rapport à sa masse totale : à 0 %, le bois est totalement sec (anhydre), tandis qu'à 100 %, on n'a pas de bois, mais uniquement de l'eau. Le pouvoir calorifique du bois sec est considérable. Il est de 18 gigajoules (GJ) par tonne, soit 45 % de l'énergie que peut fournir la

même masse de pétrole. Le bois vert fraîchement coupé contient, lui, environ 50 % d'eau. Une tonne de bois vert ne contient donc qu'une demi-tonne de matière sèche ; qui plus est, lorsque ce bois brûle, on perd 1,15 GJ pour vaporiser l'eau présente.

Le bois vert fournit donc moins de 8 GJ par tonne, d'où l'intérêt de le faire sécher. Or c'est un processus long, qui mobilise de grands espaces de stockage. Un an de séchage à l'air sous abri réduit l'humidité à 30 % ; deux ans, à 20 %. Mais ce sont là des moyennes, qui ne permettent pas de

LE BOIS HUMIDE BRÛLE TRÈS MAL et dégage beaucoup moins d'énergie que la même masse de bois sec. Il est donc intéressant de pouvoir mesurer avec précision le taux d'humidité du bois. Ici, un appareil fondé sur la mesure de la résistivité électrique.



Dessins de Bruno Vacaro