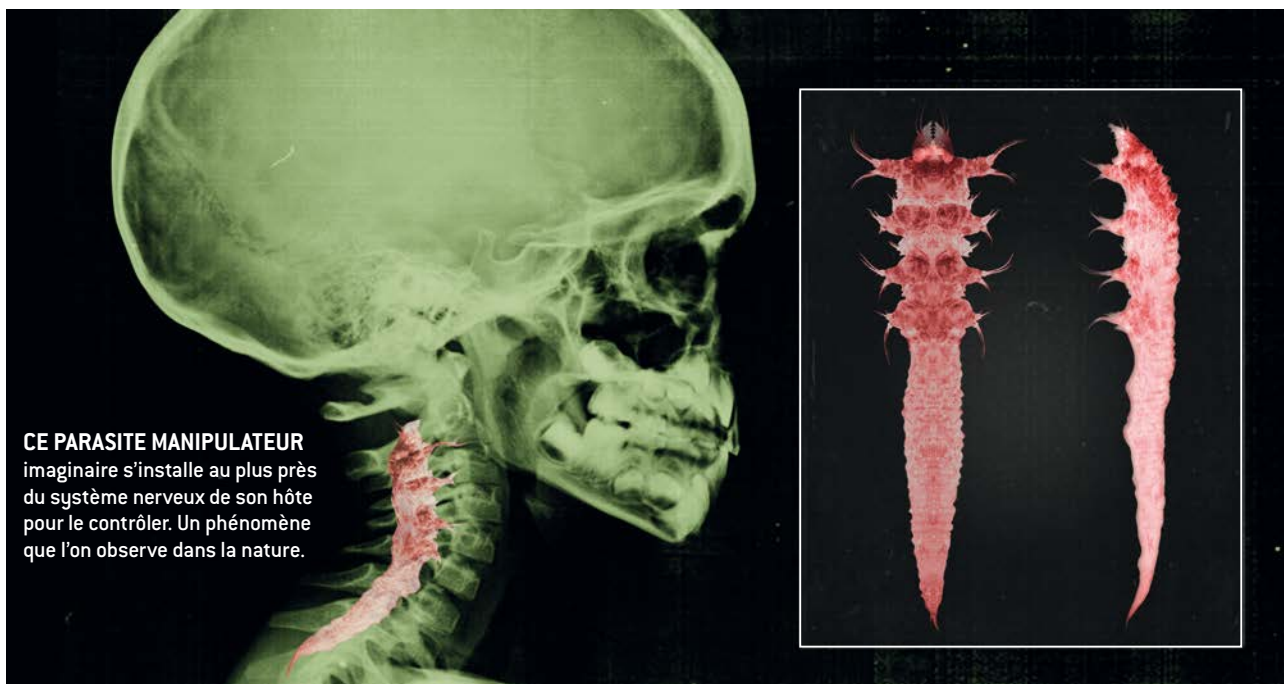




CE PARASITE MANIPULATEUR
imaginaire s'installe au plus près
du système nerveux de son hôte
pour le contrôler. Un phénomène
que l'on observe dans la nature.

Dans une ville portuaire lugubre, des enfants sont kidnappés pour tenter de soigner l'affreux Krank, qui ne peut plus rêver. Pour suivis par les méchants, les deux héros, une petite fille nommée Miette et son ami One, sont sauvés grâce à des puces munies de chélicères (ou crochets) artificiels et remplis d'une substance chimique qui transforme l'hôte en monstre sanguinaire.

Si ces parasites ont été réalisés en 3D (une prouesse technique pour l'époque), dans la nature, il existe près de 2 500 espèces de ces minuscules insectes hématophages regroupés sous le terme de siphonaptères, du latin *sipho*, tube, en référence à leur trompe rigide (ou stylet) qui leur permet de se nourrir. Les siphonaptères parasitent aujourd'hui de nombreux mammifères et quelques oiseaux, mais ils ont une origine très ancienne : une puce fossile datée du Jurassique (environ 165 millions d'années) et nommée pour cause *Pseudopulex jurassicus* a été découverte en Mongolie intérieure et aurait piqué des dinosaures à plumes et des ptérosaures !

Dans *La Cité des Enfants Perdus*, le fait que les puces savantes de Marcello, avant de toucher leur cible, soient véhiculées sur le dos de son dogue suggère qu'elles sont plutôt inféodées aux chiens et qu'elles appartiennent peut-être à l'espèce *Ctenocephalides canis*. Cette puce européenne parasite les canidés mais transmet aussi le ténia, ver solitaire qui s'installe dans l'intestin de son hôte pour s'y nourrir : un parasite peut donc en cacher un autre !

Le parasite ne se contente pas toujours de se nourrir grâce à son hôte. Il modifie parfois le développement, voire le comportement, de celui qui l'héberge : c'est le cas de la sacculine (*Sacculina carcini*), petit crustacé qui s'attaque à un autre crustacé, le crabe. Ce parasite est d'apparence très simple : adulte, il ressemble à un petit sac qui se fixe sur l'abdomen de son hôte. Seule sa larve, plus complexe, atteste de son appartenance au groupe des crustacés.

Il contrôle votre esprit

Le « sac » de la sacculine n'est que la partie émergée de l'iceberg, car il contient uniquement le système nerveux central et les organes sexuels de l'organisme. Le reste se développe à l'intérieur de l'hôte, sous la forme de diverticules évoquant des racines ou des rhizomes (d'où le terme de rhizocéphale pour regrouper les espèces du genre) et pouvant même envahir la totalité du corps de la victime ! Ce charmant parasite à la fois interne et externe pompe les nutriments de son hôte. Il modifie aussi profondément sa croissance en bloquant ses mues, et le castre – l'hôte ne se reproduit plus !

Ce terrible cas de parasitisme dit manipulateur (bien que ce comportement ne soit pas voulu par le parasite lui-même, il est le fruit de la sélection naturelle) a-t-il inspiré le dessinateur français Enki Bilal qui met en scène, dans sa bande dessinée

Le Sommeil du monstre (1998), le terrible docteur Optus Warhole ? Cet être polymorphe et démoniaque (il s'autoproclame d'ailleurs « incarnation du mal suprême ») parasite en effet le corps et l'esprit des personnages.

Dans certains cas, le parasite manipulateur pousse son hôte au suicide et à se faire manger par un prédateur afin d'atteindre un nouveau stade de son cycle de développement. C'est le cas de la douve du foie qui conduit son hôte, une fourmi, au sommet d'un brin d'herbe pour y être croquée par un ruminant.

Mais les parasites de la fiction ne s'attaquent pas qu'aux organismes vivants : ils peuvent s'en prendre aussi aux vaisseaux spatiaux ! Dans *Star Wars : Épisode V, L'Empire contre-attaque* (George Lucas, 1980), d'étranges parasites volants à tête en forme de ventouse, les Mynocks, parasitent le Faucon Millenium, le vaisseau de Han Solo. Ces créatures semblent autotrophes, c'est-à-dire qu'elles se nourrissent de matière inorganique, minérale ou métallique selon l'hôte.

Sur Terre, pratiquement tous les grands groupes vivants, protozoaires, bactéries, vers, arthropodes et autres, ont présenté des cas de parasitisme. De quoi inspirer encore de nombreuses œuvres de science-fiction ! ■

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

Tous les Chinois disent I love Yu

La découverte des traces géologiques d'un déluge cataclysmique en Chine il y a quatre mille ans donne du crédit à un mythe du pays : celui du roi Yu le Grand, dompteur des flots et fondateur des Xia, la première dynastie chinoise.

Loïc MANGIN

Il était une fois un mythe. Nous sommes en Chine, il y a plus de quatre mille ans, et la légende raconte que Yu, le premier roi de la première dynastie, celle des Xia, est monté sur le trône après avoir dompté les flots qui ont submergé les terres pendant deux générations. Ce déluge est connu chez les Chinois sous le nom de Crue des Hautes Eaux. Pour son exploit, Yu fut divinisé et devint, dans le panthéon taoïste, le dieu régisseur des eaux. Ainsi porté au rang de figure tutélaire, le roi Yu, dit le Grand, a fait l'objet de nombreuses œuvres d'art, poèmes et gravures, dont celle que Totoya Hokkei a réalisée au XIX^e siècle, pendant l'époque Edo (voir page ci-contre). On y voit le monarque légendaire affronter les flots tumultueux symbolisés sous la forme d'un dragon.

Les inondations auraient commencé sous le règne de l'empereur Yao. Lequel donna l'ordre à Gun, le père de Yu, d'y remédier. Hélas, la méthode qu'il choisit, à savoir l'érection de digues et de barrages, échoua. Même l'emploi de Xirang, un matériau magique qui a la réputation de se dilater à volonté et qu'il déroba aux dieux, ne put rien contre la rage des eaux. On déplora encore de nombreuses victimes, notamment Gun lui-même que Shun, le successeur de Yao, condamna. Le salut vint de Yu.

Lui préféra faire creuser de très nombreux canaux, des travaux gigantesques qui ont duré plusieurs années, de façon à diriger les flots et épargner habitations et

populations. On raconte que Hebo, le dieu du fleuve Jaune, aida Yu en lui fournissant une carte de la rivière et de ses environs.

Ce fut un tel succès que Shun préféra Yu à son fils pour lui succéder ! Ainsi s'installa la dynastie Xia (pour quelque cinq siècles), car Yu instaura le principe de la transmission héréditaire du pouvoir. Ce mythe s'interprète également comme celui de la transition de la

Le fleuve serait resté bloqué six à neuf mois, le temps qu'environ 12 à 17 kilomètres cubes d'eau s'accumulent derrière le barrage

civilisation chinoise vers une société agricole grâce à la maîtrise de l'eau.

Quelle est la part de vérité dans ce mythe ? Yu a-t-il réellement existé ? Les historiens en débattent depuis longtemps. Aucune mention du roi vainqueur des eaux n'a été retrouvée dans les vestiges archéologiques datant de l'époque où il est censé avoir vécu (de 2200 à 2101 avant notre ère). La première mention de son nom date de la période des Zhou de l'Ouest, plus de mille ans après son supposé règne.

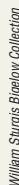
La situation a évolué avec les récentes découvertes de Qinglong Wu, de l'université de Pékin, et ses collègues. Leurs trouvailles donnent du crédit à l'idée d'un déluge il y a près de quatre mille ans. Ces chercheurs ont cartographié des sédiments lacustres et ont daté ces derniers ainsi que les restes

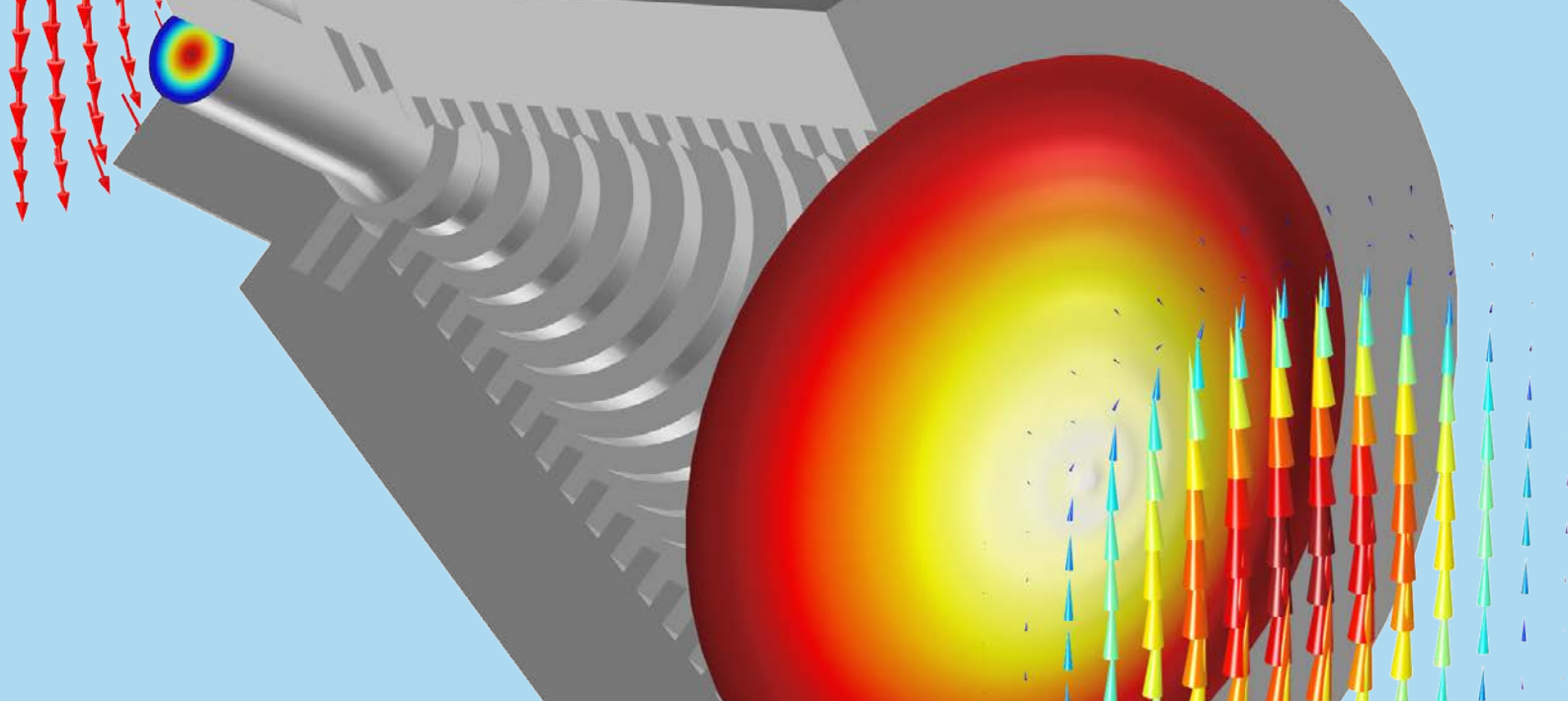
de trois humains ensevelis. Les résultats révèlent qu'un glissement de terrain dû à un séisme en 1920 avant notre ère a endigué le fleuve Jaune dans les gorges Jishi, situées sur le bord du plateau tibétain, dans ce qui est aujourd'hui la province du Qinghai. Le cours serait resté bloqué six à neuf mois, le temps qu'environ 12 à 17 kilomètres cubes d'eau s'accumulent derrière le barrage inopiné. Et ce dernier céda... entraînant l'inondation de la grande plaine du nord de la Chine, le berceau de la civilisation du pays. On imagine comment l'événement a pu frapper l'esprit des populations qui en ont été les témoins !

Les auteurs de l'étude ont remarqué que ce déluge est concomitant au changement de lit du fleuve, qui s'est frayé un nouveau cours. Par ailleurs, ce cataclysme coïncide avec une transition culturelle majeure, celle qui fit passer la Chine du néolithique à l'âge du Bronze. La culture Erlitou, qui marque ce passage pour les archéologues, correspond peut-être à la dynastie mythique Xia.

La Crue des Hautes Eaux rejoindrait ainsi la liste des déluges mythiques qui auraient un soubassement historique (c'est le cas de celui de la Bible). Et Yu ? On raconte que, quand la légende est plus belle que l'histoire, on publie la légende. Puisque cette fois les deux se rejoignent...

Q. Wu et al., Outburst flood at 1920 BCE supports historicity of China's Great Flood and the Xia dynasty, *Science*, vol. 353, pp. 579-582, 2016.





LA MULTIPHYSIQUE POUR TOUS

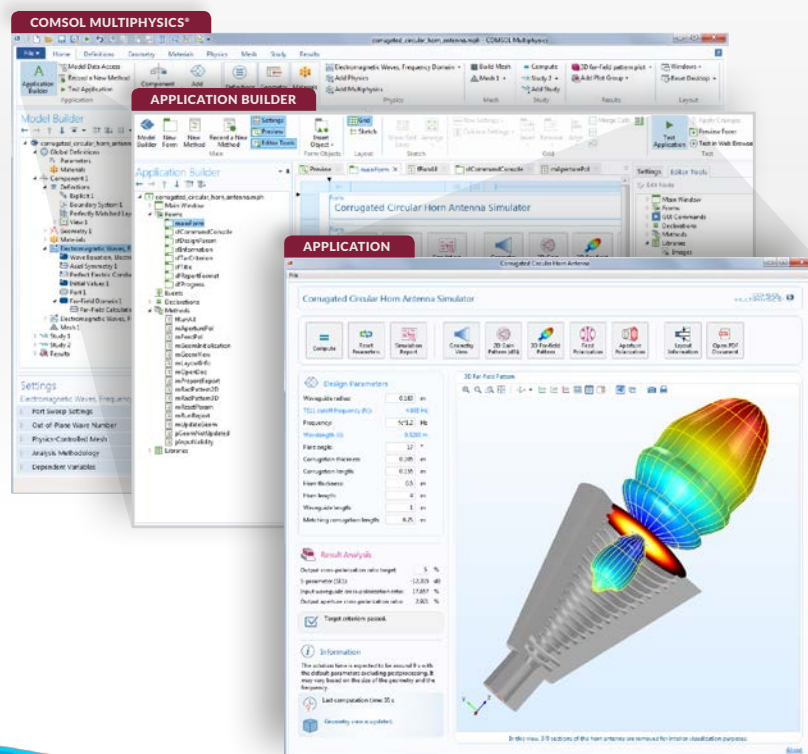
L'évolution des outils de simulation numérique vient de franchir un cap majeur.

Des applis spécialisées sont désormais développées par les spécialistes en simulation avec l'application Builder de COMSOL Multiphysics®.

Une installation locale de COMSOL Server™, permet de diffuser les applis dans votre organisme et dans le monde entier.

Faites bénéficier à plein votre organisme de la puissance de l'outil numérique.

comsol.fr/application-builder



IDÉES DE PHYSIQUE

Quand la chaleur devient électricité

Au sein des matériaux conducteurs, le transport d'énergie et celui des charges électriques sont liés. L'effet Seebeck, où un écart de températures engendre un courant électrique, en est une conséquence. Il permet de concevoir des moteurs d'un type nouveau.

Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK

Finale 2013 du Google Science Fair, le concours international scientifique et technologique organisé par Google pour les 13-18 ans : Ann Makosinski, une adolescente canadienne de 16 ans, reçoit un prix pour la conception d'une lampe de poche qui puise son énergie uniquement dans la chaleur de la paume de la main. Le cœur de son dispositif est constitué par des modules thermoélectriques, qui permettent de générer de l'électricité à partir d'une différence de température – ici entre la peau et l'air ambiant. Comment fonctionnent ces éléments et peut-on en envisager une utilisation moins anecdotique ?

En 1834, le physicien français Jean-Charles Peltier a mis en évidence un effet surprenant associant électricité et chaleur et qui a, depuis, pris son nom. Lorsqu'un courant électrique traverse une soudure reliant deux métaux différents, cette dernière absorbe ou dégage de la chaleur, selon le sens du courant.

Machines thermiques sans éléments mobiles

Dans ce phénomène, la puissance thermique absorbée ou dégagée est proportionnelle à l'intensité du courant. L'effet Peltier diffère donc de l'effet Joule, qui consiste en un dégagement de chaleur dont la puissance est proportionnelle au carré de l'intensité.

Grâce à l'effet Peltier, on peut réaliser une machine thermique très fiable, sans pièce mobile ni écoulement de fluide. Il suffit de construire un circuit électrique fermé où se succèdent un fil d'un métal A, un fil d'un métal B, un fil d'un métal A et une source

L'effet Peltier : un dégagement ou une absorption de chaleur au niveau d'une soudure traversée par un courant

de tension électrique. Lorsque le courant circule, une soudure s'échauffe tandis que l'autre se refroidit. Las, les performances en termes de flux thermique étant limitées, l'utilisation de tels modules à effet Peltier a été réservée à des applications particulières, notamment en réfrigération.

Comment s'explique l'effet Peltier ? Au sein des métaux, des électrons dits de conduction sont libres de se déplacer, ce qui rend aisément possible le passage d'un courant électrique. À basse température, les électrons remplissent successivement tous les niveaux d'énergie disponibles à partir du niveau le plus bas. L'énergie maximale atteinte, appelée énergie de Fermi, dépend du matériau. Que se passe-t-il alors quand on met en contact deux métaux différents ? Des électrons passent du métal où les énergies sont les plus élevées à celui où les énergies

sont plus basses, jusqu'à ce que les deux niveaux les plus hauts s'égalisent. Autrement dit, l'un des matériaux se charge positivement, tandis que l'autre se charge négativement. Ce transfert de charges, produit par le simple contact des deux métaux, crée ainsi une différence de potentiel électrique, de l'ordre du volt : c'est l'effet Volta.

Et si la température n'est pas très basse ? Dans ce cas, certains électrons sont excités thermiquement, c'est-à-dire qu'ils quittent leur niveau initial pour occuper un niveau d'énergie supérieure au niveau de Fermi. Ces excitations et la façon dont se répara-

tissent en énergie les électrons au-dessus du niveau de Fermi dépendent de la nature du métal. Quand on force le transfert d'électrons d'un métal à l'autre en imposant un courant électrique, l'énergie moyenne des électrons change et il apparaît une discontinuité dans le courant d'énergie au niveau du contact, équivalente à une différence de potentiel de l'ordre du millivolt. Cette discontinuité se traduit par un dégagement ou une absorption de chaleur, dont la puissance est proportionnelle au nombre de charges qui passent, donc à l'intensité. C'est l'effet Peltier.

Cette interprétation microscopique nous éclaire sur un effet inverse : la production d'un courant à partir d'une différence de température. Prenons un fil de métal et portons ses extrémités à des températures différentes. Du côté chaud, les électrons libres seront plus excités thermiquement