



LA MÉTAMORPHOSE

d'un être imaginaire, qui passe d'une forme arthropode à une forme mammifère – ou inversement.

Il se distingue de la métamorphose, car il correspond à une diversité de formes à un stade du développement donné, généralement le stade adulte. Ainsi, les termites adultes d'une même espèce ont un aspect différent selon leur fonction. Un autre exemple est le dimorphisme sexuel qui se traduit souvent par une différence de taille entre mâles et femelles (par exemple chez les primates ou les araignées).

Le polymorphisme s'applique aussi à l'échelle de l'individu : la pieuvre est, à sa façon, un étonnant polymorphe capable de changer de couleur et de texture rapidement. On retrouve cette faculté chez Mystique. Cette mutante ennemie des X-men peut prendre l'apparence de n'importe quel autre humain, mutant ou non. Mystique n'est donc pas une métamorphe au sens strict du terme, mais plutôt une polymorphe. Un autre polymorphe est le personnage imaginé par Ayerdahl (*Sexomorphoses*, 1994), qui peut changer de sexe à volonté.

Les métamorphes classiques de la culture fantastique sont plutôt des thériomorphes (de *therion*, « bête sauvage » en grec), c'est-à-dire des humains capables de se transformer en d'autres animaux, souvent des mammifères : c'est le cas des loups-garous (ou lycanthropes), des ours-garous (tel Beorn dans *Le Hobbit*, de J. R. R. Tolkien) ou encore du professeur Jonathan Chase, alias Maniman de la série télévisée éponyme des années 1980, capable de se changer à volonté en panthère, faucon, cheval ou autre !

Certains X-men sont aussi des thériomorphes : c'est le cas du Fauve ou de Gorilla-Man.

Leurs transformations sont impressionnantes, mais la plus belle métamorphose de l'histoire du cinéma demeure celle du *Loup-garou de Londres* (1981) de John Landis, aidé de Rick Baker pour les formidables maquillages et effets spéciaux : la mutation du jeune lycanthrope, David Kessler, qui s'effectue dans la douleur, change sa morphologie (allongement de la face et des canines) mais aussi son ostéologie (allongement des métacarpes et métatarses, développement d'apophyses vertébrales) et sa physiologie (forte pilosité, pupilles jaunes, narines dilatées et oreilles pointues).

Une affaire d'hormones

La plupart de ces métamorphoses fantastiques sont réversibles (selon l'humeur, la phase de la Lune, l'état de transe...), ce qui n'est pas le cas des métamorphoses réelles : une mouche ne peut plus redevenir un asticot, tout comme une grenouille ne peut plus redonner un têtard. Afin de rendre plausibles ces métamorphes imaginaires – ou « animagus » pour reprendre le terme du ministère de la Magie dans la saga *Harry Potter* de J. K. Rowling –, il faudrait peut-être imaginer des êtres capables de sécréter tantôt les hormones qui déclenchent la métamorphose (telles que les hormones thyroïdiennes citées plus haut) ou des stéroïdes, tantôt des hormones dites « juvéniles ».

Ces dernières ne sont pas fantaisistes, les insectes en sécrètent : elles agissent notamment dans le maintien de certains caractères larvaires et ont justement pour fonction de retarder la métamorphose. Des dérivés chimiques de ces hormones, nommés « composés juvéniles », sont connus naturellement chez d'autres arthropodes, crustacés et acariens notamment, mais aussi chez des plantes (telle une variété de pin américain, à l'origine d'ailleurs de leur découverte). Chez les insectes, ces hormones sont sécrétées par les « corps allates », des glandes endocrines logées juste derrière le cerveau.

On ne connaît pas de tels composés chez les vertébrés, mais on les synthétise en laboratoire : c'est le cas du méthoprène, une substance très active, même à faible dose, qui entre dans la composition d'insecticides. Il bloque le cycle de croissance des larves, qui ne passent jamais au stade adulte. Certes, ce composé ne rajeunit pas les espèces considérées comme nuisibles – il ne transforme pas des papillons en chenilles –, mais les dérivés juvéniles seraient peut-être une piste de recherche intéressante pour Bruce Banner qui s'évertue, par tous les moyens, à ne pas se transformer en Hulk à la moindre contrariété. ■

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

ART & SCIENCE

La glace brûle dans le triangle des Bermudes

Les disparitions soudaines dans le triangle des Bermudes seraient dues à de la « glace qui brûle », une forme du méthane qui libère ce gaz en se réchauffant : un bateau situé à l'aplomb de ces émanations ne serait plus porté. Et coulerait !

Loïc MANGIN

Ilest environ midi, ce 9 février 1799, à quelques encablures de Niévès, une île des petites Antilles. L'équipage de l'*USS Constellation*, une frégate américaine commandée par Thomas Truxtun, repère l'*Insurgente*, un vaisseau français réputé très rapide. À son bord, le commandant Pierre-Michel Barreault, conformément aux ordres... décide de fuir (sa mission est de piller, pas de combattre). Une poursuite s'engage alors, puis un combat inégal, la frégate étant puissamment armée. La scène a été immortalisée par le contre-amiral John William Schmidt (voir page ci-contre). Rapidement, le navire français, en piteux état après plusieurs bordées dévastatrices, est arraisonné et capturé. La capture de l'*USS Retaliation* par cette même *Insurgente* le 20 novembre 1798 est vengée. Nous sommes alors au paroxysme de la quasi-guerre qui opposa la France aux États-Unis pendant deux ans.

Deux ans plus tard, le 22 juillet 1800, l'*Insurgente*, réparée et rebaptisée *USS Insurgent*, appareille de Baltimore. Après une brève escale à Hampton Roads, au sud-est de la Virginie, elle file vers les Antilles où elle doit protéger les intérêts américains. Elle ne le fera jamais. Le vaisseau et tout son équipage ne donneront plus de nouvelles au-delà du 20 septembre.

Cette disparition soudaine, que l'on a en général imputée à une tempête tropicale violente, offrira au navire une nouvelle renommée : en effet, aujourd'hui, l'*USS Insurgent*

est souvent cité parmi les premiers cas recensés dans les listes de disparitions mystérieuses qui auraient eu lieu dans le célèbre triangle des Bermudes...

Dans cette zone qui s'étend traditionnellement entre Miami, en Floride, l'archipel des Bermudes et San Juan, à Porto Rico, l'incidence des disparitions de bateaux ou d'avions serait bien supérieure à la normale. Précisons d'emblée que les statistiques des garde-côtes américains et celles des assureurs démentent cette idée.

La légende du triangle des Bermudes est née sous la plume de Vincent Gladdis,

**Le navire *USS Insurgent*
a-t-il été capturé
par des extraterrestres
ou coulé par des bulles de gaz ?**

un journaliste américain qui, en 1964, s'est inspiré de quelques disparitions inexplicables. Les adeptes du surnaturel se sont emparés de l'histoire et l'ont rendue populaire.

Nombre d'œuvres de fiction (chansons, films, romans...) ont contribué au succès du mythe. Et l'on ne compte plus les élucubrations formulées pour expliquer le phénomène : extraterrestres, habitants de l'Atlantide, champs magnétiques hors normes, distorsion spatio-temporelle...

Et s'il y avait un peu de vrai dans tout ça ? Non pas dans ces hypothèses fantaisistes, mais dans une possible série d'accidents

étranges qui resteraient sans explication. Dans ce cas, quelle cause invoquer ? Les récents travaux de Pavel Serov, de l'université arctique de Tromsø, en Norvège, offrent une réponse.

Ses collègues et lui ont étudié avec les outils de la sismologie deux pingos sous-marins (en inuit, un *pingo* est une petite colline glacée en forme de cône) au fond de la mer de Kara, au nord de la Sibérie, à l'est de la Nouvelle-Zemble. Ces reliefs, que l'on découvre pour la première fois immergés, ont 70 et 1 000 mètres de diamètre. Ils seraient apparus récemment et trahiraient la fonte du pergélisol sous-jacent et donc la libération de méthane qu'il contenait.

Ce gaz (d'origine géologique ou biologique) était auparavant emprisonné sous la forme d'hydrates où des molécules d'eau forment des sortes de cages piégeant le méthane. Ces hydrates de méthane ressemblent à de la glace, qui s'enflamme facilement à mesure qu'elle fond. Ce comportement leur a valu de nom de « glace qui brûle ».

Le gonflement des pingos révèle que du gaz libre s'accumule progressivement et menace de faire éclater la structure à tout moment. Déjà, l'un des deux pingos serait très riche en méthane (plus de 120 000 parties par million selon les analyses d'échantillons, contre au plus 55 pour l'autre !), ce qui laisse présager une explosion imminente.

Ce type de mécanisme serait également à l'œuvre dans l'apparition subite de cratères profonds en Sibérie, notamment celui de 80 mètres de diamètre, en juillet 2014 dans



© Navy History and Heritage Command, National Archive

L'INSURGENTE (à droite) fut capturée par les Américains avant de disparaître dans le triangle des Bermudes.

la péninsule de Yamal, bordée par la mer de Kara. Le réchauffement climatique, qui dégèle le pergélisol, accentuera le phénomène.

Quel est le lien avec la disparition de navires ? Le méthane. Brutalement libéré, ce gaz diminue notablement la densité de l'eau (la poussée d'Archimède est réduite), ce qui serait fatal au bateau passant au-dessus. Qu'en est-il des avions ? Dans l'air, le méthane, en grande quantité, favoriserait les turbulences atmosphériques et perturberait les vols. Et justement, selon certains, la zone du triangle des Bermudes serait le siège de telles émanations. De fait, des programmes

d'exploration ont mis en évidence des hydrates de carbone au fond de l'Atlantique.

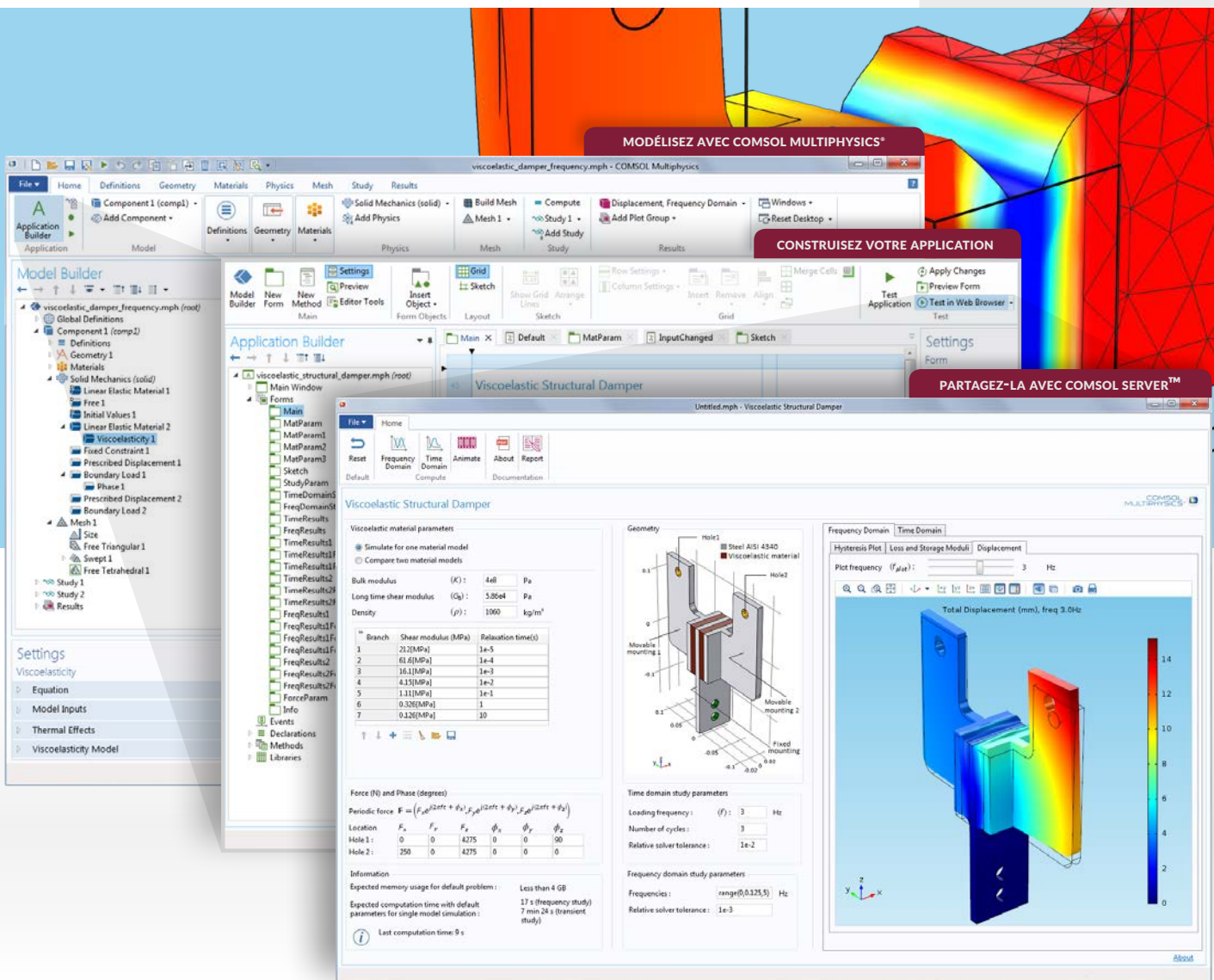
Ce ne sont que des hypothèses – et nous avons vu que les chiffres n'indiquent aucune augmentation des disparitions dans le triangle des Bermudes –, mais quelques événements montrent qu'elles ne sont pas infondées.

Il y a une vingtaine d'années, le *Bavenit*, navire russe dédié à l'exploration des fonds sous-marins, se livrait à un forage dans la mer de Petchora, entre la Nouvelle-Zemble et la Sibérie. Soudain, un pingo relargua une grande quantité de méthane qui secoua le navire et le mit en péril. Dans ce cadre, les travaux de Pavel Serov montrent que l'exploitation des ressources énergétiques de l'Arctique ne sera pas sans danger et ce d'autant plus que la température de l'atmosphère augmente.

Autre exemple : un navire, intact, gît au fond de la mer, au centre d'une formation circulaire (*Le trou de la sorcière*), à 150 kilomètres au large d'Aberdeen, en Écosse. Selon Alan Judd, géologue à l'université de Sunderland, en Grande-Bretagne, le bateau a eu la malchance de se trouver au mauvais endroit au mauvais moment, quand une poche de gaz a éclaté et libéré le méthane qu'elle contenait. Le *trou de la sorcière* est ce qui reste de la poche.

On peut aussi citer un bateau de la société Total qui aurait disparu de cette façon en Indonésie. Et l'*USS Insurgent* ? À vous de choisir : a-t-il été capturé par des extraterrestres ou coulé par des bulles de gaz ?

P. Serov et al., *Journal of Geophysical Research*, vol. 120, pp. 1515-1529, 2015.



Du Modèle à l'Application, vers le Serveur

PARTAGEZ VOTRE EXPERTISE EN SIMULATION

COMSOL Multiphysics® et son Application Builder fournissent des outils pour concevoir facilement des interfaces personnalisées pour vos applications en multiphysique. Utilisez ensuite COMSOL Server™ pour partager vos applications avec vos collègues et vos clients dans le monde entier.

Pour en savoir plus sur vos applications en simulation, rendez-vous sur **comsol.fr**.