

l'ont reformulée à partir de 1965. Elle consiste à postuler que la valeur d'une création artistique est la quantité de travail et d'intelligence qui ont été mises en œuvre pour la produire. Si on suit cette idée, il faut bien sûr prendre en compte toute la préparation menée par l'artiste avant qu'il commence l'œuvre : la maturation, les essais préliminaires, l'élaboration progressive d'une conception du monde et d'un style personnel, l'apprentissage de son art auprès de maîtres et de guides, voire de concurrents. La mesurer exige d'évaluer les traces laissées par cette phase d'élaboration.

Profondeur logique

La « profondeur logique de Bennett » est une mesure du « contenu en calcul » présent dans un objet numérique Ob. En première approximation, c'est le temps de calcul du programme le plus court qui produit Ob (*voir dans cette rubrique « Qu'est-ce qu'un objet complexe ? », Pour la Science, mai 2013*). Son utilisation semble alors s'imposer pour mathématiser l'idée de maturation. Plus une œuvre inclut la trace d'une longue élaboration, assimilée ici à un long calcul, plus sa valeur artistique est grande. Un objet Ob étant donné, l'idée est alors de définir le O de Birkhoff par la profondeur logique de Bennett de Ob, et la complexité C par la complexité de Kolmogorov de Ob.

Pour que nous puissions calculer instantanément le rapport O/C , il faudrait mesurer ces paramètres O et C avec un langage de programmation en ressource limitée modélisant les capacités de l'être humain.

Recopier une œuvre n'est pas un travail créatif, même si la copie parfaite peut procurer à l'observateur la même satisfaction esthétique que l'œuvre originale. Si l'on souhaite mesurer non seulement la valeur esthétique d'une œuvre, mais aussi l'apport particulier du travail de l'artiste, il faut envisager autre chose. La théorie du calcul dispose d'un concept qui autorise cela. Un objet numérique E étant donné, on peut ne s'intéresser qu'aux programmes qui accèdent à cet objet : les programmes connaissant E . Le temps de calcul du programme minimal dans cette catégorie de programmes pour

produire un autre objet Ob est alors une mesure du contenu supplémentaire de calcul qu'il a fallu mener pour créer Ob par celui qui connaît E . C'est la « profondeur logique de Bennett de Ob relativement à E ». Ce concept semble correctement définir le travail réalisé par un artiste quand il crée Ob dans un contexte donné, qui met à sa disposition des œuvres déjà créées dont l'ensemble est E .

Ce dernier point permet de distinguer deux types de mesures esthétiques : la mesure d'une valeur esthétique en soi, qui ne se préoccupe pas de la nouveauté ou non du travail, et la valeur relative, dont la fonction serait d'évaluer la force d'innovation de l'œuvre.

Toutes ces idées sont séduisantes et générales. Elles semblent capables, en théorie, de mesurer la valeur esthétique d'une œuvre et sa nouveauté en les distinguant l'une de l'autre. Mais il faut reconnaître que les outils disponibles pour mesurer réellement la profondeur logique de Bennett sont limités. Des travaux menés par Hector Zenil, Cédric Gaucherel et moi-même ont permis de mesurer effectivement des valeurs approchées de la profondeur logique de Bennett d'images de petite taille, en utilisant des algorithmes de compression de données. Cependant, l'extension de telles mesures à des images plus grandes, tentée avec Jean-François Colonna, rencontre des difficultés techniques qui, pour l'instant, interdisent de traiter de façon satisfaisante des œuvres réelles.

Certains verront dans ces difficultés la confirmation du préjugé que la science ne peut pas parler de manière précise et objective de l'art, et que les méthodes suggérées par la théorie moderne de l'information, quoique séduisantes et profondes, sont condamnées à l'échec. Cette fois, non parce qu'elles sont fausses ou arbitraires (comme les méthodes à la Birkhoff) ou ne prennent que partiellement en compte les œuvres (comme les méthodes à la Shannon), mais parce que les calculs d'évaluation sont trop longs. La théorie définit des conceptions plausibles et des modèles abstraits séduisants, mais les utiliser serait hors de portée des machines actuelles.

L'AUTEUR



J.-P. DELAHAYE est professeur émérite à l'université de Lille et chercheur au Centre de recherche en informatique, signal et automatique de Lille (CRISTAL).

BIBLIOGRAPHIE

J. McCormack, M. d'Inverno (éds.), **Computers and Creativity**, Springer, 2012.

H. Zenil, J.-P. Delahaye et C. Gaucherel, **Image characterization and classification by physical complexity**, *Complexity*, vol. 17(3), pp. 26-42, 2012.

J. Rigau, M. Feixas et M. Sbert, **Informational aesthetics measures**, *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 2, pp. 24-34, 2008.

V. Kreinovich, L. Longpré et M. Koshelev, **Kolmogorov complexity, statistical regularization of inverse problems, and Birkhoff's formalization of beauty**, *SPIE's International Symposium on Optical Science, Engineering, and Instrumentation*, International Society for Optics and Photonics, 1998.

G. Birkhoff, **Aesthetic Measure**, Harvard University Press, 1933.



Retrouvez la rubrique
Logique & calcul sur
www.pourlascience.fr

SCIENCE & FICTION

Jabba le Hutt, une limace de l'espace ?

George Lucas, le créateur de l'univers Star Wars, s'est peut-être inspiré de l'aspect de nombreux animaux terrestres à corps mou et de leurs techniques de locomotion pour imaginer le personnage de Jabba le Hutt.

Roland LEHOUCQ et Jean-Sébastien STEYER

Parmi les extraterrestres tirés des œuvres de science-fiction, certains ont un corps mou et visqueux, qui inspire souvent le dégoût. Le plus célèbre extraterrestre à corps mou est sans aucun doute Jabba le Hutt, seigneur du crime qui apparaît pour la première fois dans l'épisode VI, *Le Retour du Jedi* (George Lucas, 1983) et qui ressemble à une grosse limace. Sur Terre, certains organismes à corps mou semblent tout droit tirés de la science-fiction, tel *Hallucigenia* (voir la figure page 85). D'autres forment le groupe des « mollusques » qui rassemble aujourd'hui environ 130 000 espèces. Si leur étude – la malacologie – est une discipline de recherche déjà bien développée, ébauchons ce que pourrait être son équivalent extraterrestre dans le cas particulier de Jabba le Hutt. À quelle espèce pourrait-il être rattaché et comment un être mou aussi gros peut-il se déplacer à l'air libre ?

Sur Terre, les mollusques sont apparus il y a au moins 500 millions d'années. Ils ont un mode de vie aquatique, amphibie ou rampant. Leur structure résulte d'un compromis entre plasticité du corps et maintien des organes. Ces animaux sont recouverts d'une peau élastique, visqueuse, à écailles ou nue, et reliée à des glandes sébacées ou séreuses. Et pour parfaire leur aspect, ils exhibent parfois des tentacules et des pustules.

Terrestres, ces organismes sont de petite taille à cause de l'absence de squelette interne : trop grand, leur corps s'effondrerait sous leur propre poids. De ce point



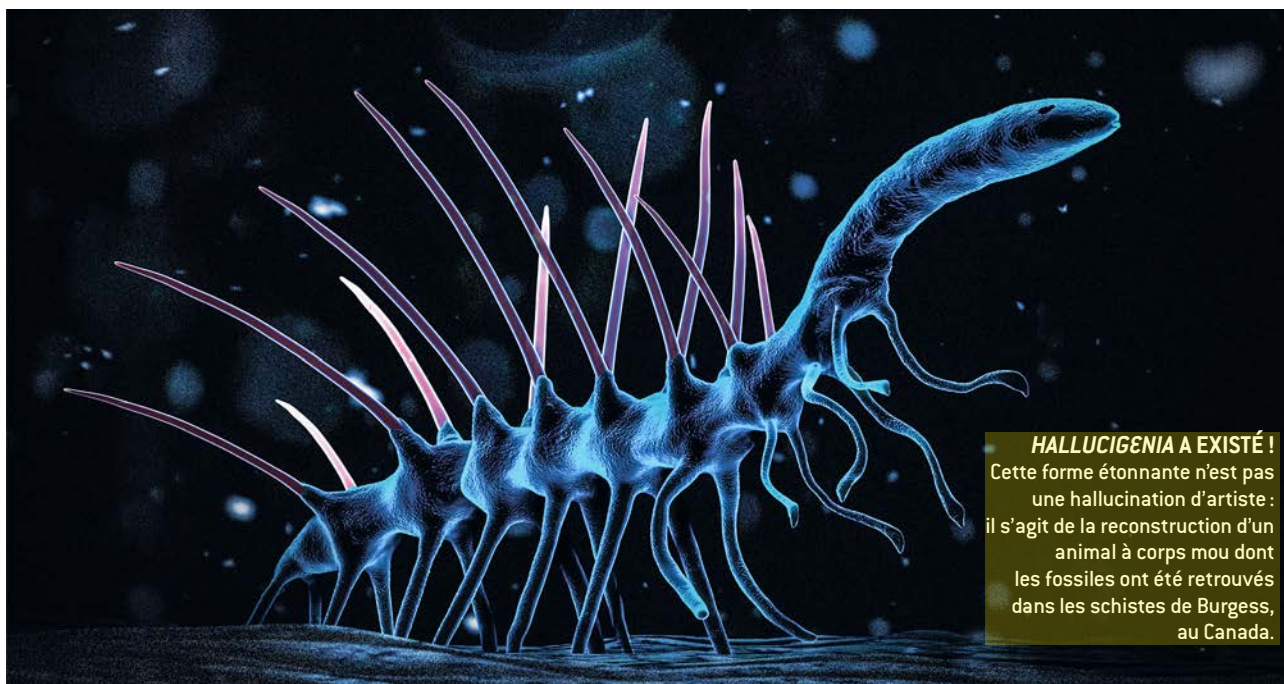
JABBA LE HUTT est un gangster de l'univers *Star Wars*. Sa physionomie rappelle aussi bien la limace que le crapaud.

de vue, Jabba ne cadre guère. Dans l'eau, être massif et mou pose moins de problème grâce à la poussée d'Archimède. Ainsi, les plus grandes formes de vie de notre planète sont molles et aquatiques, tels des vers marins de plusieurs dizaines de mètres ou des méduses géantes (masses gélatineuses pleines d'eau) à l'image de *Cyanea capillata* qui mesure jusqu'à 2 mètres de diamètre avec des tentacules de plus de 30 mètres de long.

Dès lors, si Jabba est trop gros pour vivre hors de l'eau, comment de surcroît fait-il pour se déplacer ? Les organismes mous ou à peau molle, mollusques ou non, ont de nombreuses glandes sécrétant un mucus qui participe à la locomotion, mais pas uniquement. Chez des espèces subdésertiques, ce mucus hydrate les œufs qui sont logés dans une sorte de poche marsupiale. Pour d'autres espèces, le mucus facilite le transit des aliments dans l'œsophage et empêche les sucs gastriques de dissoudre les parois de l'estomac (cela expliquerait pourquoi *Alien* bave autant). Et le mucus prévient l'assèchement des tissus chez les amphibiens actuels, dont la peau est très lisse.

Pour revenir au rôle du mucus dans la locomotion, celui des anguilles et des lamproies – tous deux vertébrés aquatiques – facilite leur déplacement dans l'eau et les rend plus difficiles à capturer par leurs prédateurs.

Notons cependant que sécréter un mucus n'est pas obligatoire pour ramper : les serpents, par exemple, avec leurs écailles et



HALLUCIGENIA A EXISTÉ !
Cette forme étonnante n'est pas une hallucination d'artiste : il s'agit de la reconstruction d'un animal à corps mou dont les fossiles ont été retrouvés dans les schistes de Burgess, au Canada.

leur locomotion ondulatoire de type reptation, s'en sortent très bien.

L'exemple qui nous intéresse le plus dans l'étude comparée de Jabba est le cas des gastéropodes terrestres. Le mucus joue un rôle crucial dans la locomotion des escargots et des limaces, dont une grande partie du corps est en contact avec le sol. Ces mollusques ont un pied et une tête distincts. Le premier forme une large sole ventrale permettant les déplacements, tandis que leur tête comporte des yeux et une sorte de langue râpeuse nommée radula. Les gastéropodes constituent le plus grand groupe animal après les insectes et sont apparus durant le Cambrien (il y a 541 à 485 millions d'années). D'après certaines traces fossiles, ce sont les seuls mollusques à s'être aventurés sur la terre ferme durant le Carbonifère (il y a 359 à 300 millions d'années). Comment les gastéropodes font-ils pour avancer sans lever le pied ?

Pour adhérer au sol, l'escargot sécrète un mucus aux caractéristiques particulières. Au repos, c'est un gel d'eau qui contient 3 à 4 % de longues protéines. Il forme une colle solide permettant au pied de l'escargot d'adhérer à n'importe quelle surface. Mais ce gel devient liquide s'il subit une contrainte mécanique trop importante : on dit qu'il est thixotrope. L'un des modes de déplacement de l'escargot consiste à contracter, parallèlement à la surface, l'arrière de son pied pour le faire avancer d'environ un millimètre. Au cours de cette étape et à cet endroit, la mince couche de

mucus subit des forces de cisaillement qui la rendent liquide. C'est ce qui permet au pied de glisser localement. Ensuite, la zone de contraction du pied se propage vers l'avant tandis que, sous l'arrière du pied désormais immobile, la couche de mucus redevient solide et collante. Une fois l'onde de compression arrivée à l'avant du pied, l'escargot déploie ses chairs comprimées : il a alors avancé d'un millimètre. En fait, le pied de l'escargot forme une dizaine de bourrelets qui se propagent simultanément vers l'avant. Ce mode de locomotion très coûteux en énergie permet à l'escargot, de faible masse, de se déplacer sur des supports parfois très accidentés.

Gastéropode ou amphibien ?

Jabba le Hutt se déplace en effectuant le même genre de mouvements, comme on peut le constater dans l'épisode IV, *Un Nouvel Espoir* de la saga *Star Wars*. Ce qui étonne en revanche, c'est qu'il puisse le faire en dépit de sa masse importante et sans production apparente de mucus. Sachant que son nom évoque le mot russe signifiant « crapaud », la question est donc posée : Jabba le Hutt est-il un gastéropode (mollusque) ou un amphibien (vertébré) ? Corps mou, gros yeux, peau plissée et verdâtre, est-ce une grosse limace munie de petits pseudopodes (« bras ») ou un énorme têtard de l'espace ? Quelles espèces ont bien pu inspirer George Lucas pour imaginer ce

monstre verdâtre ? À défaut de disposer d'une radiographie de son corps ou de pouvoir le disséquer, contentons-nous de ses caractéristiques externes : Jabba mange de petites grenouilles en guise d'apéritif, ce qui n'est pas sans rappeler le cannibalisme de certains gros amphibiens. Le fait qu'il possède une langue visqueuse et des yeux à pupille (et non de simples ocelles) sont aussi des indices qui suggèrent que ses ancêtres sont des amphibiens.

Enfin, le fait que l'on voie une dame Jabba dans l'épisode I, *La Menace fantôme* (dans l'arène de la course des modules) nous fait penser encore une fois à un amphibien, car la distinction entre mâle et femelle est moins évidente chez les gastéropodes (l'escargot est hermaphrodite) que chez les amphibiens. Jabba serait donc plutôt un amphibien néoténique, c'est-à-dire ayant conservé des caractères larvaires, telle une queue ou l'absence de membres postérieurs, mais capable de se reproduire. Dès lors, on peut imaginer que la progéniture de Jabba se développe sous l'eau. Et quant à sa masse, qui doit être de l'ordre d'une tonne, elle impose qu'il soit quand même doté d'un squelette interne pour ne pas s'affaisser sous son propre poids. Espérons que les prochains épisodes de la saga nous renseigneront sur ces questions pour tester nos hypothèses ! ■

R. LEHOUCQ est astrophysicien au CEA, à Saclay. J.-S. STEYER est paléontologue au CNRS-MNHN, à Paris.