

Premières œuvres d'art ?

Dans des endroits où l'étude des couches géologiques et les méthodes de datation ne laissent aucun doute, les paléontologues sont amenés à découvrir des objets ayant été entre les mains d'hominidés (ici des Néandertaliens) bien identifiés ou résultant de leurs activités.

C'est le cas de cette pierre trouvée dans une grotte à Gibraltar. Joaquín Rodríguez-

Vidal et ses collègues interprètent les traces qu'elle porte comme les premières

marques de dessins symboliques et artistiques. Même si l'étude microscopique révèle que les traces résultent de l'action répétée d'un objet pointu, doit-on vraiment considérer comme établi que ces croix très approximatives résultent d'une action intelligente intentionnelle ?



Stewart Finlayson, Gibraltar Museum

biologique ». Leur article propose aussi l'hypothèse que les filaments se sont formés dans les écoulements d'une source hydrothermale, et qu'il s'agit d'artefacts minéraux.

Là encore, les arguments échangés dans le débat sont délicats et oscillent entre des remarques liées à la complexité des structures en jeu, dont on prétend qu'elle est trop grande pour provenir d'un simple processus chimique ou minéral (affirmations des défenseurs d'une origine vivante), et des assertions que rien de ressemblant n'existe vraiment dans le monde vivant connu ou que la relativement faible complexité morphologique des structures ne permet pas d'exclure une origine abiotique, qu'on réussit d'ailleurs plus ou moins à reconstituer

en laboratoire (arguments des opposants à l'origine biologique).

Les raisonnements sont incertains, presque subjectifs. En se fondant sur ce qu'on sait de la vie terrestre, on peut certes fixer des critères drastiques qui rejettent l'hypothèse d'une origine biologique des formes étranges rencontrées, mais ce sera en prenant le risque d'éliminer des formes de vie que l'on n'imagine pas. Avant qu'on découvre de la vie autour des sources hydrothermales profondes en 1977, on jugeait impossible qu'une vie ne repose pas sur l'énergie solaire, et que des bactéries utilisent à la place le sulfure d'hydrogène.

On rencontre des affirmations controversées dans un autre domaine encore : la

paléontologie. Le problème est de reconnaître sur un caillou ou un coquillage qu'une trace a été faite par un humain avec l'intention d'y graver un signe ou un dessin.

Donnons un seul exemple. En juin 2014, PNAS, la revue de l'Académie des sciences des États-Unis, a publié un article de Joaquín Rodríguez-Vidal et d'autres préhistoriens, qui analysent des marques découvertes dans une grotte et affirment qu'il s'agit de la première trace d'une « pensée abstraite s'exprimant par l'usage de formes géométriques ».

La gravure, d'une vingtaine de centimètres, sur laquelle se fonde cette affirmation comporte plusieurs entailles. Elle a été trouvée dans la grotte de Gorham, à Gibraltar, qui a abrité des Néandertaliens. Sous une couche de sédiments permettant d'affirmer que les traces datent d'au moins 39 000 ans est apparue une sorte de croix en creux dans la roche (voir l'encadré ci-contre). L'analyse microscopique montre que ces tracés résultent d'un mouvement répété plusieurs dizaines de fois, vraisemblablement à l'aide d'une pierre.

De l'art néandertalien ?

L'origine humaine n'est pas douteuse, mais l'affirmation qu'il s'agit d'un dessin délibéré de nature symbolique ou artistique est difficile à admettre. Est-ce qu'un instrument utilisé pour travailler du bois, de la peau ou une pierre ne pourrait pas avoir laissé, sur une sorte de plan de travail, des traces de ce type qui ne seraient donc ni intentionnelles ni symboliques ? D'autres causes ne pourraient-elles pas produire de telles marques en creux ?

À nouveau, il semble que ce soit la simplicité des motifs gravés qui pose problème. Quand on découvre la pierre de Rosette en Égypte, ou le disque de Phaistos en Crète, même si l'on n'arrive pas à en comprendre le sens (c'est toujours le cas pour le disque), la complexité et la richesse des structures qu'on y observe conduisent à la conclusion incontestable qu'il s'agit d'un objet ayant une origine intelligente et intentionnelle. Ici, on en est loin et y voir la naissance de l'art ou de la pensée symbolique apparaît précipité. L'analyse en

termes de simplicité et de complexité est importante et parfois décisive. Mais dans les cas incertains, les conclusions ne peuvent provenir que d'observations et de raisonnements complémentaires : datations, objets environnants, connaissances chimiques ou autres... La simple prise en compte de la taille des structures analysées est parfois un élément capital pour formuler une conclusion.

Considérons par exemple la forme cubique. Il ne fait aucun doute que si l'on découvre un objet parfaitement cubique de 10 mètres ou de 1 000 kilomètres de côté, on considérera comme presque certain qu'elle est due à l'action d'une forme d'intelligence (c'est l'idée du monolithe $1 \times 4 \times 9$ du film *2001, l'Odyssée de l'espace*), alors que le même cube parfait de moins d'un centimètre de côté existe dans la nature sous forme naturelle cristalline. Découvrir un cube parfait ne doit donc pas être interprété de la même façon selon sa taille. La raison de nos interprétations différentes provient de ce que la simplicité n'est jamais un critère concluant (un cube est simple).

La forme sphérique parfaite aussi conduirait à des conclusions différentes selon la taille. Il est cependant assez amusant de remarquer que les conclusions obtenues ne sont pas les mêmes que pour le cube : une forme naturelle sphérique parfaite très petite est possible (goutte d'eau, perle d'huître), très grande aussi (planète, étoile), alors qu'en revanche une taille moyenne – un mètre de rayon par exemple – signifierait presque certainement une action intelligente.

La complexité, critère primordial

Les erreurs les plus ennuyeuses commises dans l'identification d'une structure se sont toujours produites en considérant que la structure appartenait à une catégorie dont elle n'avait pas la complexité de ses représentants typiques. Les signaux LGM1 étaient simplement périodiques, ce qui n'est pas caractéristique des signaux intelligents (les cristaux sont périodiques, la trajectoire des planètes est périodique, etc.). Les structures sur la météorite martienne étaient arrondies, certes, et semblables superficiellement à

des bacilles, mais les formes arrondies existent aussi dans le monde minéral. La complexité des pseudobacilles n'était pas bien grande et certainement pas autant que peut l'être une cellule ou un organe ; ils ne pouvaient donc pas sans risque être rattachés à une forme de vie.

Mesurer la complexité : des outils insuffisants

Les trois catégories envisagées sont liées à trois niveaux différents de complexité structurelle, dont la théorie du calcul nous suggère qu'elle doit être conçue comme un contenu en calcul (voir dans cette rubrique « Qu'est-ce qu'un objet complexe ? », Pour la Science, mai 2013). Les structures les plus complexes sont liées à l'intelligence, au niveau intermédiaire on a affaire à des structures vivantes ou intelligentes (les structures produites par l'intelligence sont parfois simples), et à un niveau inférieur on a affaire à des structures physiques, biologiques ou intelligentes.

Face à une structure simple, l'identification du bon niveau ne peut se faire qu'en prenant en compte d'autres informations telles que les couches géologiques où l'objet a été trouvé, l'échelle de la structure, ce qu'on sait de la physique, de la chimie, etc.

Malheureusement, les outils pour mesurer la complexité structurelle sont aujourd'hui insatisfaisants. Cette évaluation de complexité se fait directement et s'appuie sur notre jugement – nous savons par exemple qu'un dessin est complexe en y reconnaissant un arbre ou un animal –, mais c'est là une méthode subjective et difficile à quantifier.

Les autres méthodes d'évaluation de complexité structurelle sont soit trop particulières et *ad hoc*, par exemple quand on compte le nombre de symboles différents sur ce qui ressemble à un texte, soit générales mais peu fiables, comme celles utilisant les algorithmes de compression. Même si aucune solution générale automatique et sûre n'est disponible aujourd'hui, on doit adopter des points de vue clairs et raisonnables qui évitent des conclusions précipitées : il nous faut raisonner prudemment en oubliant nos rêves.

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

S. T. Hyde, *Crystals : animal, vegetable or mineral ?*, *Interface Focus*, vol. 5, 20150027, 2015.

J. Rodríguez-Vidal *et al.*, *A rock engraving made by Neanderthals in Gibraltar*, *PNAS*, vol. 111, pp. 13301-13306, 2014.

H. W. Lin *et al.*, *Detecting industrial pollution in the atmospheres of Earth-like exoplanets*, *The Astrophysical Journal Letters*, vol. 792(1), L7, 2014.

J.-P. Delahaye, *Mesurer la complexité des objets numériques*, *Bull. de la Société Informatique de France*, vol. 1024, pp. 35-53, 2013 (<http://1024.labri.fr/1024-numero-1-delahaye.pdf>).

Références supplémentaires sur www.pourlascience.fr



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

SCIENCE & FICTION

De l'origine des espèces... extraterrestres

D'où vient la vie ? Les hypothèses scientifiques et les spéculations romantiques foisonnent, mais elles s'accordent sur un point : tout pourrait s'être joué dans l'espace.

Jean-Sébastien STEYER et Roland LEHOUCQ. Illustration : Marc BOULAY

Si les œuvres de science-fiction dépeignent souvent des extraterrestres complexes et des civilisations avancées, certains auteurs n'oublient pas de revenir aux origines pour évoquer l'émergence de la vie. Mais faute de modèles scientifiques consensuels, ils prennent alors quelques libertés pour imaginer comment la vie est apparue. Partons à la recherche de ces premières formes de vie extraterrestre !

Les fossiles les plus anciens découverts sur Terre sont âgés d'environ 3,5 milliards d'années : ils suggèrent qu'à cette époque, des bactéries et autres microbes (notamment les archées, cousines des bactéries) pullulaient déjà dans les océans du globe et formaient des concrétions biominérales, les stromatolithes, que l'on trouve encore le long des côtes en Australie. Notons que du carbone d'origine probablement biologique, datant de 4,1 milliards d'années, a aussi été découvert en Australie, ce qui repousserait l'apparition de cette vie de quelques centaines de millions d'années. Ces tout premiers restes témoignent d'une vie très ancienne et apparue assez rapidement – géologiquement parlant – après la formation de la planète (il y a environ 4,56 milliards d'années).

Si les spécialistes de cette vie ancienne se réjouissent de découvrir des fossiles de plus en plus âgés, ceux qui travaillent sur les modalités même de leur apparition sont plus perplexes, car aucun consensus n'est encore atteint. En effet, plusieurs modèles sur l'origine

de la vie s'opposent, en fonction des disciplines et de leurs propres définitions de la vie. Selon les généticiens, la vie est avant tout un système de reproduction d'information dont les erreurs de copie sont retenues, ou non, par la sélection naturelle. Dans ce cadre, le support d'information génétique tel que l'ARN serait apparu avant la membrane cellulaire.

Or, d'après les biochimistes, c'est justement l'inverse qui se serait produit : pour eux, la vie se définit comme un système contenu dans une membrane semi-perméable de sa propre fabrication, permettant un transfert de matière et d'énergie, notamment pour sa reproduction. Selon cette définition, le métabolisme joue donc un rôle primordial.

La question de l'origine de la vie a de tout temps titillé l'imagination. Ainsi, des écrits tirés du folklore hébreu du XVI^e siècle relatent l'histoire d'un certain Juda Loew ben Bezalel, rabbin de Prague, qui, pour défendre les juifs des persécutions, transformait par magie de la boue en une créature anthropoïde connue sous le nom de Golem. Ce grand humanoïde fictif, lorsqu'il est représenté, n'est pas sans rappeler La Chose, superhéros plus récent de l'univers Marvel et un des Quatre Fantastiques. À la différence près que La Chose n'est pas une montagne de boue humaine mais un astronome d'origine juive, Benjamin Jacob Grimm, qui a muté à la suite d'une forte exposition à des rayons cosmiques.

L'histoire du Golem, comme celle de la création d'Adam à partir d'argile, évoque une transformation spontanée et directe



LE PERSONNAGE DE « LA CHOSE », membre des Quatre Fantastiques, rappelle, par son aspect rocheux, le Golem, constitué d'argile et auquel la vie a été insufflée par magie.