

SCIENCES • BIOLOGIE

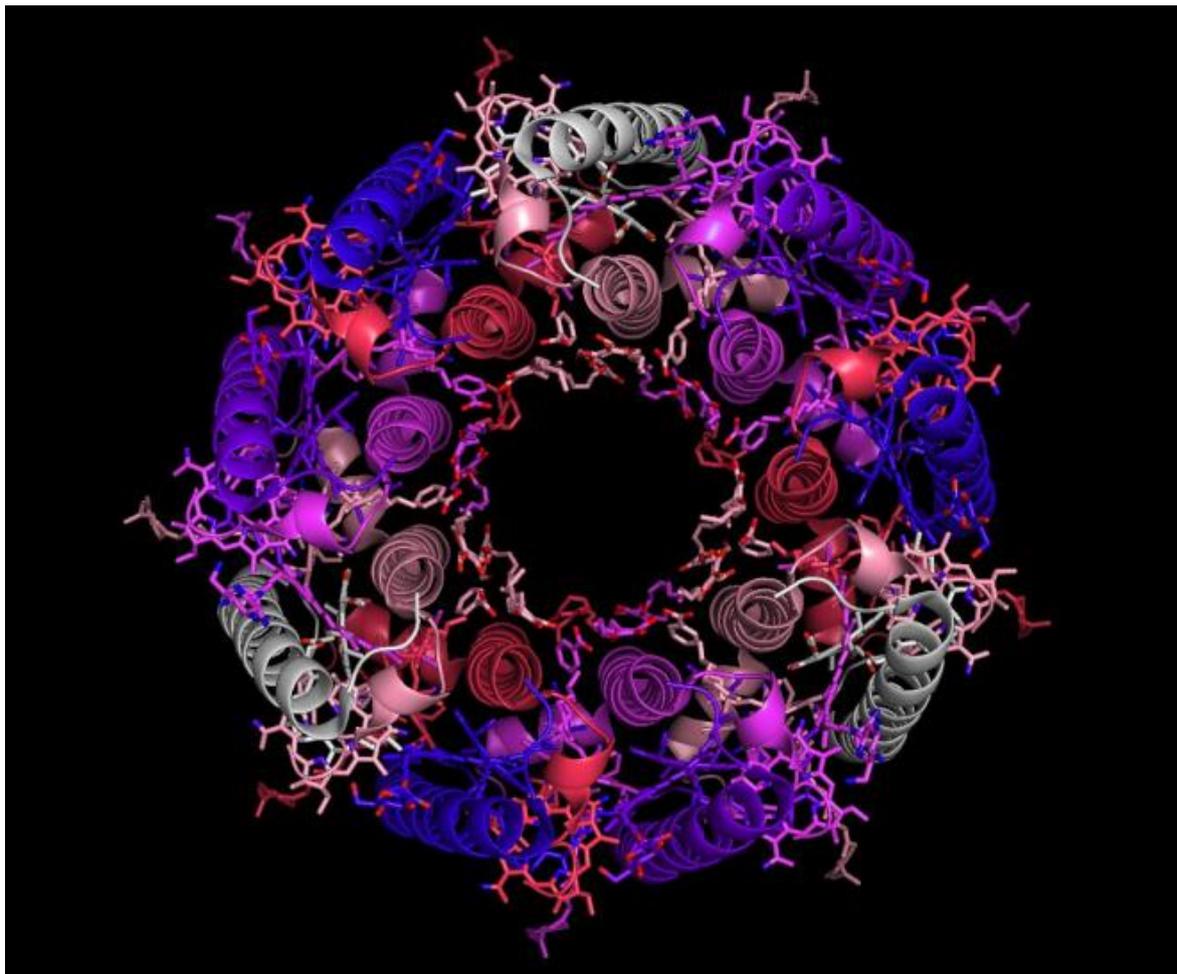
Biologie : au cœur de l'évolution, un processus algorithmique favoriserait les formes « simples »

La vie s'appuie sur des molécules présentant une forte proportion de structures régulières. Une équipe internationale propose un modèle pour éclairer ce phénomène.

Par Clémentine Laurens

Publié hier à 18h00, mis à jour hier à 18h00 · Lecture 6 min.

Article réservé aux abonnés



Ce complexe de protéines de bactérie destiné à capter la lumière présente un haut degré de symétrie. · IAIN JOHNSTON

« *L'un des plus grands défis scientifiques contemporains, c'est de comprendre en profondeur les propriétés mathématiques qui régissent le vivant.* » Le physicien Thomas Fink, dont les recherches au London Institute for Mathematical Sciences portent notamment sur la biologie théorique, ne mâche pas ses mots. Alors, quand il évoque les travaux sur « *la nature algorithmique de l'évolution* » publiés le 11 mars dans la revue PNAS par une équipe internationale de chercheurs, son enthousiasme ne fait aucun doute.

Les auteurs de l'article en question sont partis d'un constat qui interpelle : partout dans le vivant, à toutes les échelles et dans des contextes très variés, il existe une surreprésentation des formes « simples » (formes symétriques, formes comportant un motif qui se répète...). Par exemple, pour remplir leurs fonctions dans notre organisme, les protéines ont besoin de s'assembler les unes aux autres, en créant des ensembles de grande taille. Or, « *on observe une surreprésentation des assemblages protéiques très symétriques, par rapport à ceux qui sont peu symétriques* », relate Sylvain Mousset, maître de conférences à l'université Claude-Bernard-Lyon-I et chercheur au Laboratoire de biométrie et biologie évolutive. Pourtant, les protéines pourraient s'assembler entre elles de très nombreuses autres manières, asymétriques. « *C'est comme si vous plongiez votre main dans une meule de foin et qu'à chaque fois vous y trouviez une aiguille : c'est quand même très surprenant !* », sourit Ard Louis, coauteur de l'étude et professeur de physique théorique à l'université d'Oxford, dont les travaux s'inscrivent à la frontière entre la chimie, la physique et la biophysique.

Un singe tapant sur un clavier

Pour proposer une explication à cette apparition privilégiée des formes simples dans la nature, l'équipe internationale de chercheurs à l'origine de l'article s'est tournée du côté... de la théorie algorithmique de l'information, un sous-domaine de l'informatique théorique. « *L'idée que l'évolution serait une espèce de grand calcul est présentée depuis longtemps, bien qu'elle hérisse certaines personnes* », affirme le mathématicien et informaticien Jean-Paul Delahaye, professeur émérite à l'université de Lille et chercheur au laboratoire Cristal. Mais si l'idée n'est pas nouvelle, « *la force de cet article, c'est que non seulement les auteurs présentent un modèle très simple pour expliquer le phénomène étudié, mais qu'ils comparent aussi les prédictions de leur modèle à des données réelles, et que ça colle plutôt bien* », souligne Sylvain Billiard, maître de conférences en biologie évolutive à l'université de Lille.

Lire aussi |  [Le secret élucidé de la forme fractale des choux](#)

Pour développer leur modèle, les chercheurs se réfèrent à un résultat classique de théorie algorithmique de l'information : le théorème de codage. Pour comprendre cette propriété, explique Ard Louis, on peut visualiser un singe tapant aléatoirement sur un clavier, lequel transmet les instructions saisies à un programme informatique. Au bout d'un certain temps, ce singe est susceptible de taper par hasard la séquence de vingt-deux caractères suivante : « imprimer 500 fois "01" ». Si l'on observe uniquement la sortie du programme informatique, on verra donc apparaître la séquence de 1 000 caractères : « 01010101... 0101 » – dans laquelle un motif se répète.

Le théorème de codage expliquerait l'apparition privilégiée de formes simples à partir de mutations aléatoires au niveau du génome. La sélection naturelle interviendrait ensuite

A l'inverse, pour observer, en sortie de programme, une séquence de 1 000 caractères constituée de 0

et de 1 répartis de manière complètement aléatoire, sans symétrie ni répétition, il faudrait attendre que le singe tape au hasard la consigne précise correspondante (par exemple : « imprimer "1001011000010..." »), constituant une séquence de 1 010 caractères. « *Des consignes assez courtes [vingt-deux caractères dans notre exemple] peuvent générer des sorties assez longues, mais qui vont être régulières* », souligne Jean-Paul Delahaye, alors qu'il faut des consignes plus longues pour générer des sorties longues et irrégulières. Conséquence : si le singe tape bel et bien aléatoirement sur le clavier, le hasard lui fera plus fréquemment saisir des consignes courtes générant des sorties régulières que des consignes longues générant des sorties irrégulières.

La proposition des auteurs du papier est que l'évolution fonctionnerait en partie de la même manière : les mutations aléatoires au niveau du génome qui apparaissent au fil de l'évolution seraient analogues aux consignes aléatoires saisies par le singe, et les formes – souvent simples (symétriques, répétitives...) – observées dans la nature seraient analogues aux séquences – souvent régulières – observées en sortie du programme informatique. Ainsi, le théorème de codage expliquerait l'apparition privilégiée de formes simples à partir de mutations aléatoires au niveau du génome. La sélection naturelle interviendrait ensuite pour assurer le maintien ou non, au fil des générations, de ces formes simples, en fonction de leurs avantages dans un environnement donné.

Des carrés bleus, rouges, verts ou jaunes

Pour éprouver leur modèle, les chercheurs ont testé sa capacité à prédire des phénomènes effectivement observés dans le monde réel. Ils se sont notamment penchés sur les assemblages de protéines, qu'ils ont représentés par un modèle simple et très efficace : les « polyominoes ». Pour comprendre le principe, Thomas Fink propose une analogie colorée : prenons un certain nombre de carrés, et colorions aléatoirement chaque côté de chaque carré soit en bleu, soit en rouge, soit en vert, soit en jaune. Imaginons que les côtés bleus et jaunes s'attirent, de même que les côtés verts et rouges, mais que les côtés jaunes et rouges se repoussent mutuellement, de même que les côtés verts et bleus. « *Mettez ensuite tous vos carrés dans un bac, et secouez : quels arrangements aurez-vous, à la fin ?* », questionne le physicien. « *Ce modèle est évidemment beaucoup plus simple que la réalité, mais il me semble pertinent pour essayer de tester des hypothèses sur la manière dont s'opère la sélection des complexes protéiques* », approuve Sylvain Mousset.

L'équipe internationale de chercheurs a donc réalisé une expérience similaire de manière informatique. Elle s'est concentrée sur les assemblages finaux comportant seize carrés, et a observé les formes obtenues. « *Il existe 13 079 255 manières différentes d'assembler seize carrés entre eux – oui oui, quelqu'un les a comptées, s'amuse Ard Louis. Et pourtant, dans environ 30 % des cas, notre algorithme tombait sur l'une des cinq formes [les plus] symétriques !* » Le processus de formation des assemblages favoriserait donc naturellement l'apparition de formes symétriques : un résultat cohérent avec les observations réelles sur les protéines.

A l'objection selon laquelle les lois de la physique ou de la chimie pourraient aussi expliquer cette tendance à la simplicité, Ard Louis répond que « si vous considérez que ces lois obéissent à celle des mathématiques, alors il n'y a rien d'incompatible avec notre hypothèse ».

Sylvain Billiard appelle toutefois à la prudence dans l'interprétation des résultats de cette étude : « *Il ne faudrait pas conclure trop vite que la sélection naturelle est négligeable dans le processus d'apparition et de maintien des formes simples au cours de l'évolution.* » Une mise en garde que comprend parfaitement Ard Louis : « *Nous ne contestons pas le rôle permanent de la sélection naturelle dans l'évolution ! Si les formes simples se maintiennent, c'est qu'elles doivent aussi conférer des avantages sélectifs. Mais ce que dit notre modèle, c'est qu'avant même que les individus ne subissent une pression de sélection, il y a un biais en faveur du développement de la simplicité.* » Isoler précisément la

part de ce biais et la part de la sélection naturelle, en revanche, reste une question ouverte.

Clémentine Laurens

Services

[Privilège abonnés](#)

Le Monde | Ateliers 

Bénéficiez de 10 % de réduction sur les cours du soir de géopolitique avec **Alain Frachon**

[Réserver →](#)

CODES PROMO avec Savings United

Codes Promo NordVPN	
Codes Promo Samsung	
Codes Promo Dyson	
Codes Promo Huawei	
Codes Promo Certideal	
Codes Promo Cybertek	
Codes Promo Micromania	

[Tous les codes promo](#)

FORMATION ALLEMAND avec Gymglish

Chaque jour, 10 minutes de cours

