

Lettre n° 37

Le développement d'un organisme peut être considéré comme l'exécution d'un programme présent dans l'œuf fertilisé

Le développement de l'algue bleue est gouverné par une loi simple qui peut être mise en évidence par des expériences de laboratoire

Certains systèmes formels permettent de coder d'une manière précise et concise le phénomène de croissance, mais l'ordinateur s'avère indispensable pour interpréter graphiquement ces systèmes

Mardi 14 février 1995 à 17 h

Croissance naturelle et systèmes formels

Bernard Vuilleumier

Le développement d'un organisme peut être considéré comme l'exécution d'un programme présent dans l'œuf fertilisé. Une des tâches centrales de la biologie est de découvrir des algorithmes qui modélisent convenablement le développement des organismes. En 1968, le biologiste Aristid Lindenmayer a inventé une formalisation de la description de la croissance des plantes. Cette description formelle – connue sous le nom de *système à réécriture* ou *système L* – peut aisément être programmée sur ordinateur. L'état récent de l'art se trouve dans un ouvrage de Prusinkiewicz et Lindenmayer⁽¹⁾ dans lequel les auteurs présentent la contribution des systèmes *L* en botanique et leur rôle dans la genèse des formes végétales.

Considérons le développement d'une plante primitive, en l'occurrence une algue bleue appelée *anabaena catenula*. Cette algue forme des filaments constitués de chaînes de cellules. Elle possède deux types de cellules : les spécialisées qui ne se divisent pas, et les non spécialisées qui se divisent et qui sont responsables de la croissance de l'algue. Une division cellulaire donne deux cellules que nous appellerons «descendante gauche» et «descendante droite» (voir fig. 1). Les cellules issues de ces descendantes n'ont pas la même taille. La division est gouvernée par une loi simple : la «progéniture gauche» d'une «descendante gauche» est plus petite que sa «progéniture droite» et la «progéniture droite» d'une «descendante droite» est plus petite que sa «progéniture gauche».

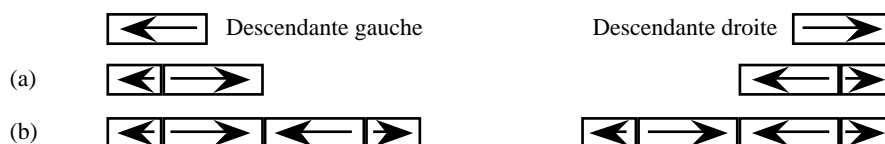


Fig. 1 : Par division cellulaire, une cellule donne deux cellules : une «descendante gauche», (marquée par une flèche pointant vers la gauche) et une «descendante droite» (marquée par une flèche pointant vers la droite). Lorsqu'une descendante gauche se divise, c'est sa «progéniture gauche» qui est la plus petite et lorsqu'une descendante droite se divise, c'est sa «progéniture droite» qui a la plus petite taille (a). En appliquant cette règle à chaque cellule de la ligne (a), on obtient les cellules de la ligne (b).

La loi de division d'*anabaena catenula* peut être formalisée en désignant une chaîne de cellules par une chaîne de symboles, chaque symbole dénotant une cellule individuelle. Remarquons d'abord qu'il suffit d'une seule cellule initiale pour que l'algue puisse se développer, et admettons pour simplifier qu'il n'existe que deux tailles pour les cellules : les petites, désignées par des lettres minuscules ; et les grandes, par des majuscules. La lettre *g* signalera une «descendante gauche» et la lettre *d* une «descendante droite». Quatre sortes de cellules peuvent alors se présenter : la petite cellule descendante gauche *g* ; la petite cellule descendante droite *d* ; la grande cellule descendante gauche *G*, et la grande cellule descendante droite *D*. Le système formel décrivant ce développement consiste donc en un axiome (cellule initiale) et quatre règles de réécriture qui permettent d'obtenir, à partir d'une cellule initiale, les quatre sortes de cellules : *g gD, d Gd, G gD* et *D Gd*. Ce système, dont les règles sont dérivées d'observations de laboratoire, décrit d'une manière précise et concise le phénomène de croissance d'*anabaena catenula*. Mais, pour s'assurer que ce système rend véritablement compte des phases de croissance observées, il faut recourir à l'ordinateur et transformer en images les chaînes de symboles obtenues. Il est important de remarquer que l'interprétation graphique adoptée n'est en aucune manière prédéterminée par le système *L* étudié.

⁽¹⁾ P. Prusinkiewicz, A. Lindenmayer. *The Algorithmic Beauty of Plants*, Springer-Verlag, New-York, 1990

*Pour apprendre à rendre
récurives des règles de
réécriture*

*Pour se familiariser avec le
processus d'interprétation
graphique des systèmes L*

Travaux pratiques

Exercice 1

- a) Définissez une fonction mettant en œuvre les quatre règles de réécriture du système formel qui décrit la croissance d'*Anabaena catenula*.
- b) Appliquez cette fonction au symbole représentant une:
 - «petite descendante gauche» g
 - «petite descendante droite» d
 - «grande descendante gauche» G
 - «grande descendante droite» D .
- c) Ecrivez un programme permettant de réitérer l'application de la fonction à partir de différents axiomes (ceux correspondant aux groupements de cellules des lignes a et b de la figure 1 du recto par exemple) et dressez une table des chaînes de symboles obtenues.

Exercice 2 (plus difficile)

Construisez une interprétation graphique des chaînes de symboles obtenues dans l'exercice 1.

Prochaine réunion: mardi 14 mars 1995 à 17h.

