

D'étonnantes recherches à l'Agropolis de Montpellier

Les arbres en équations

Aux États-Unis, les simulations du développement des plantes sur ordinateur permettront de prévoir les récoltes. En France, c'est une mathématique nouvelle, aux riches possibilités, qui est en train de naître.

L'idée était dans l'air : simuler sur un ordinateur la croissance des végétaux. Mais c'est dans un esprit très différent que le problème a été abordé aux États-Unis et de ce côté-ci de l'Atlantique. Dans le cadre de leur programme Cropsat, les Américains se sont employés à mettre en équations le développement des plantes pour prévoir le volume des récoltes selon la température, l'importance des pluies ou la nature des engrais.

En France, une tout autre attitude a été adoptée avec l'ambition de calculer le futur aspect d'un arbre et d'en donner une image à haute définition — en couleurs bien entendu — sur l'écran d'une machine. C'est très spectaculaire et cela autorise des applications beaucoup plus larges. Lorsqu'on reboise une forêt, on peut découvrir quelle sera sa physionomie pour un certain espacement des arbres ; il sera choisi en fonction d'un objectif tel qu'une production maximale de bois ou l'obtention de la frondaison la plus épaisse. Ou encore, le paysagiste admirera tel jardin qu'il conçoit de planter.

Très étonnante a été en l'occurrence la démarche suivie, singulièrement féconde pour l'essor d'une nouvelle botanique. Elle a été imaginée non par des théoriciens qui auraient décidé de s'occuper de botanique, mais par des botanistes qui connaissent parfaitement les plantes réelles.

Une découverte relativement nouvelle les a guidés. Si les végétaux sont classés depuis plusieurs siècles, il faut savoir que la connaissance des modèles architecturaux de croissance est toute récente, essentiellement due aux botanistes Hallé et Oldeman. Il y a quelque quinze ans, ceux-ci comprenaient que la stratégie



Une simulation de cotonnier sur ordinateur : on peut suivre toutes les étapes de sa croissance en fonction des données d'environnement introduites dans la machine.

d'occupation de l'espace par une végétation ne dépend pas de l'espèce : elle relève d'une logique de développement, autorisant une vingtaine de modèles dont trois seulement se rencontrent en Europe — assez bien représentés par le peuplier, le sapin et le hêtre — alors que la végétation tropicale offre un éventail beaucoup plus large où figure notamment le modèle le plus simple, le palmier, ce gros bourgeon qui pousse en hauteur.

Ce n'est ainsi pas un hasard que la mise en ordinateur de l'architecture des arbres ait été entreprise, à l'Agropolis de Montpellier, dans le cadre du C.R.A.D.

(Centre de coopération internationale en recherches agronomiques pour le développement) à l'instigation d'un expert en agriculture tropicale, Philippe de Relfye. Dans un laboratoire de biomodélisation, ce dernier s'est employé à créer une mathématique de la plante en collaboration avec deux groupes spécialisés dans l'informatique graphique, à Strasbourg (laboratoire de J. Françon) et à l'École normale supérieure de Paris (laboratoire de C. Puech). Sur l'écran, ils font apparaître à la demande soit un arbre entier, à une quelconque époque de son développement, soit le gros plan d'une branche

dont les feuilles — au dessin extrêmement précis, presque plus vrai que nature — auront la taille et l'emplacement qui seront alors les leurs.

Intrinsèquement passionnante, cette mathématique est riche en surprises et rapprochements inattendus. Qui aurait hier songé à voir dans la fougère une fractale vivante ? Or c'est bien le cas puisque chaque feuille de fougère est un ensemble de feuilles que constituent autant d'autres ensembles, le processus s'arrêtant au niveau 4.

Processus aléatoire

En même temps, un nouvel éclairage est projeté sur le mode de croissance des végétaux, avec considération des potentialités de bourgeons — les uns produiront des branches, les autres créeront l'arbre lui-même —, chaque bourgeon possédant son horloge propre, au rythme très différent selon les saisons.

S'agit-il de considérations purement théoriques ? Absolument pas. Pour nourrir leur modèle, les chercheurs commencent par collecter les données sur le terrain : ils en déduisent l'influence, sur la structure de l'arbre, de facteurs tels que pente du terrain, densité de la végétation ou attaque par des insectes.

Dans les simulations, les problèmes sont, comme dans la réalité, posés en termes probabilistes. Les botanistes admettent qu'à certaines étapes les processus revêtent un aspect aléatoire. Tout se passe, nous disent-ils, comme si, en écho aux divers signaux de son horloge biologique, le bourgeon était conduit à se

poser des questions telles que « Je me ramifie ou je ne me ramifie pas ? », « Je pousse ou je ne pousse pas ? », « Je meurs ou je ne meurs pas ? », les prévisions ne pouvant prétendre qu'à un caractère statistique : « Une plante, c'est un magma de probabilités et d'équations différentielles » nous dit Philippe de Relfye...

Pour cette raison, si vous considérez trois clones d'un même arbre — le caféier se prête particulièrement bien à une telle opération — leur croissance simulée par ordinateur vous fera contempler trois arbres différents offrant un air de ressemblance. Bien entendu si l'échantillonnage s'étend sur une centaine d'arbres, vous définirez un arbre moyen.

Des espèces nouvelles sont par ailleurs imaginables. Forts de leurs modèles, les botanistes estiment que la nature aurait créé seulement le tiers des plantes « possibles ». La simulation sur ordinateur devrait permettre de les découvrir toutes.

Et cet intérêt théorique pourrait se doubler d'atouts artistiques réels, à l'âge de la conception assistée par ordinateur. Cette dernière produit en effet aujourd'hui des paysages artificiels peuplés d'objets standards aux formes souvent grossières ; elle nous les montre en trois dimensions sous tous leurs aspects, le cas échéant avec des ombres portées. Un pas considérable sera franchi dans la finesse des représentations si l'on place dans les décors des arbres biomodélisés.

Mieux : l'impression de réalité sera totale avec un programme qui, imitant l'action du vent, agitera les plantes ou les arbres...

A. D.