



Tulipe et peuplier créés par ordinateur.

Dans l'état actuel des connaissances, le TPP doit rester – selon les responsables de *Rhône-Poulenc* – le composant de base des lessives performantes. Il est clair, par ailleurs, que le phénomène d'eutrophisation existe, que les lessives n'en sont que partiellement responsables et que la solution réside dans la déphosphatation des eaux usées : l'adjonction de sels d'aluminium ou de fer lors du processus d'épuration, dans les stations de traitement des eaux usées, permet une excellente déphosphatation (plus de 90 pour cent). La déphosphatation est la solution au problème d'eutrophisation, qui sera jugulé lorsque les eaux usées passeront systématiquement par une usine de retraitement avant de rejoindre les rivières, comme c'est le cas en Suède, où 98 pour cent des eaux usées sont traitées.

Botanique et informatique

Le sixième Forum international des nouvelles images s'est tenu à Monte Carlo du 4 au 6 février 1987. Dans ce domaine, les progrès techniques sont spectaculaires d'une année à la suivante, mais les idées novatrices ne sont pas très nombreuses. Un des travaux les plus remarquables exposés lors de ce colloque est toutefois celui de Jean Françon, de l'Université Louis Pasteur à Strasbourg, sur la visualisation des plantes et des formes végétales par simulation de croissance.

Les méthodes courantes de synthèse d'images de phénomènes naturels par les fractales, les graftales ou des techniques combinatoires sont toutes limitées par leur méconnaissance de ces phénomènes. Une difficulté majeure est de concevoir des modèles informatiques

suffisamment fins pour produire par le calcul des images précises et belles de surcroît dont le cinéma et la télévision sont friands.

Jean Françon s'est associé à des spécialistes de l'architecture des arbres pour créer l'Atelier de modélisation de l'architecture des plantes (AMAP) qui regroupe le laboratoire de modélisation du CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement), l'Institut de botanique de Montpellier, l'équipe de synthèse d'image de l'École normale supérieure et celle de l'Université Louis Pasteur. Les recherches de ce groupe sont fondamentales en botanique ainsi qu'en modélisation mathématique.

Dans les années 1970, divers scientifiques avaient classé les arbres en 23 types architecturaux sur des bases qualitatives. Par la suite, Philippe de Reffye, aujourd'hui à l'Université de Montpellier, avait mis au point un modèle mathématique macroscopique de croissance des plantes qui est à la base des travaux de J. Françon.

L'unité fondamentale de la croissance est l'entre-nœud, muni de bourgeons et de feuilles. Un bourgeon (un méristème) produit un nouvel entre-nœud, une fleur ou une inflorescence, ou bien il meurt et ne produit rien. Un bourgeon apical produit un entre-nœud sur le même axe que le précédent et un bourgeon axillaire crée un entre-nœud qui forme le début d'un nouvel axe. On attribue à chacune de ces éventualités des probabilités qui dépendent de différents paramètres, notamment l'âge de la plante, la position du bourgeon sur son entre-nœud, la position de cet entre-nœud sur son axe et de cet axe sur la plante. Dans ce modèle, la durée de croissance d'un entre-nœud et la durée de dormance d'un bourgeon sont des variables aléa-

toires dépendant des mêmes paramètres. Il en va de même des variables géométriques que sont la longueur et le diamètre des entre-nœuds ainsi que les angles entre les axes et la divergence déterminant la phyllotaxie. Enfin les lois de probabilité sont déterminées par des mesures effectuées sur le terrain.

Pour améliorer la visualisation de la croissance sur un écran graphique, on tient compte de divers éléments dynamiques, tels que la flexion des axes sous l'action du poids ou la chute des branches mortes. Les résultats sont remarquables, notamment pour certaines variétés de caféiers et de cotonniers pour lesquelles on dispose de données portant sur une cinquantaine de paramètres.

Les applications de ces recherches sont très nombreuses en botanique, en agronomie ainsi qu'en sylviculture. Certaines sont déjà en cours, en collaboration avec l'INRA, qu'il s'agisse de prévoir la gêne entre plantes, les effets de la taille, de la biomasse, des quantités de bourgeons, de feuilles ou le flux de lumière. Les architectes, urbanistes et paysagistes peuvent également s'en servir pour aménager l'espace.

Les modèles informatiques de feuilles, fleurs et fruits étaient jusqu'à présent saisis à la main. L'AMAP a entrepris de les soumettre au calcul systématique, mais on ne connaît pas de modèle mathématique de croissance de ces éléments végétatifs. Cependant les informaticiens ont construit un modèle topologique de croissance d'un arbre entre les arêtes duquel se forment des morceaux de surface, comme le limbe se forme entre les nervures d'une feuille. On arrive aussi, de la sorte, à assembler et disjointre des morceaux de surface afin de simuler des évolutions de formes, des déformations et plus généralement des métamorphoses de surfaces. ■