

# LE PROJET MORPHEX

**Morphogenèse et réseaux de régulation de gènes dans les plantes et les animaux : une approche de modélisation par les systèmes complexes.**

---

**Projet européen piloté par Michel Morvan, Laboratoire de l'informatique du parallélisme, Professeur à l'École normale supérieure de Lyon.**

## ➤ Les partenaires

- CNRS (France), dont les équipes liées à l'IXXI.
- Laboratoire de l'informatique du parallélisme (CNRS, ENS Lyon, INRIA, UCBL).
- Laboratoire de reproduction et développement des plantes (CNRS, ENS Lyon, INRA).
- Des universités et instituts des Pays-Bas, Suède, Chili, Allemagne.
- Egalement une PME, OSLO, de Lyon.

## ➤ Durée et financement

Ce projet, d'une durée de 3 ans et commencé le 1er janvier 2007, est financé par la Commission européenne à hauteur de 1,6 M€.

---

## ❖ LE PROJET

Lors du processus de croissance d'un organisme vivant, les cellules, initialement toutes identiques, se différencient sous l'action de leurs gènes et de leur environnement. Elles prennent parfois des formes différentes, certaines grossissent plus vite que les autres, d'autres moins, pour finir par conduire à l'apparition d'organes aux fonctions variées (le cœur ou le foie par exemple chez l'homme, les pétales et les feuilles chez les plantes, etc.). **Ce processus de croissance extrêmement complexe s'appelle la morphogenèse et, bien que d'une importance capitale dans l'étude du vivant, est actuellement très mal compris. L'objectif de ce projet est d'utiliser les approches issues de la science des systèmes complexes pour attaquer quelques questions fondamentales sur ce sujet.**

Schématiquement, on peut présenter le problème de la manière suivante. Chaque étape du développement d'un organisme est contrôlée par un certain nombre de gènes, certains actifs, d'autres inactifs. Ces gènes ne sont pas indépendants les uns des autres ; au contraire, l'activité d'un gène peut parfois induire l'activité d'un autre, ou au contraire l'inhiber, créant ainsi un réseau de relations d'activations/inhibitions très complexe. Chaque cellule contient une copie de ce réseau dont l'état, c'est-à-dire la liste des gènes actifs à un instant donné, va déterminer les propriétés de la cellule (forme, taille, déplacement, croissance, etc.). Mais la complexité ne s'arrête pas là ! En effet, chacune des cellules est entourée d'autres cellules et elles forment toutes ensemble un réseau de cellules. Ces cellules échangent *via* ce réseau des matières biologiques ou chimiques qui peuvent avoir un impact sur l'état du réseau de gènes contenu dans chaque cellule. La forme finale de l'organe qui est en train de se développer va dépendre de l'action de ces deux réseaux imbriqués, chacun influençant l'autre : le réseau de cellules et, dans chaque cellule, le réseau de gènes, l'ensemble formant un système très complexe.

**L'approche développée dans Morphex est de concevoir des modèles informatiques d'organismes biologiques différents – des plantes et des éponges – et de les étudier en détail pour essayer d'extraire certains des principes fondamentaux à l'oeuvre dans ces processus de morphogenèse puis de les vérifier expérimentalement.** Au cours de ce travail, les chercheurs vont développer une plateforme de modélisation des systèmes complexes biologiques qui permettra de reproduire ces études – *in silico*, c'est-à-dire sur ordinateur – sur d'autres organismes.

**Une telle recherche, centrée sur la complexité du vivant, ne peut se développer que dans un cadre très fortement pluridisciplinaire.** L'équipe du projet est ainsi composée de biologistes spécialistes des plantes et

d'autres spécialistes des éponges qui effectuent le travail expérimental de collecte des données, de proposition des modèles et de validations des résultats obtenus sur machine ; d'informaticiens qui développent la plateforme de modélisation et de simulation ; et de mathématiciens, de physiciens et d'informaticiens théoriciens qui mettent en oeuvre les modèles numériques et conçoivent et analysent les simulations.

**L'impact de ce travail sera très important. D'abord, il permettra de mieux comprendre les processus de création des formes biologiques et en particulier les cas où ces processus se passent mal pour des raisons génétiques et conduisent à des malformations.** L'étude ayant lieu sur deux modèles, l'un végétal et l'autre animal (l'éponge), elle permettra aussi de mettre en évidence les différences encore mal comprises dans le développement de ces deux types d'organismes. **Enfin, les modèles informatiques qui auront été développés sur la plateforme seront un premier pas vers la création d'un côté d'une plante virtuelle et de l'autre d'une éponge virtuelle (c'est-à-dire entièrement numérique).** Ce dernier point est très important puisqu'il permettra de l'impact de modifications génétiques sur le développement des organismes sans avoir à les réaliser *in vivo* ; il permettra ainsi de remplacer de nombreuses manipulations génétiques par des manipulations virtuelles.

❖ **Intérêt de l'approche « systèmes complexes »**

La particularité de l'approche "systèmes complexes" est dans l'intégration, au sein d'un même modèle, des réseaux et des dynamiques de nature différentes qui concourent à l'émergence de la forme. En effet, l'apparition de la forme d'un organe ne peut pas se comprendre si on se contente d'étudier un gène, ni même si on se contente d'étudier un réseau de gènes ou une cellule toute entière. Il est nécessaire de prendre en compte au niveau global, comme le fait Morphex, l'interaction des gènes entre eux, l'interaction des cellules entre elles, et l'interaction des gènes et des cellules pour pouvoir comprendre et, pourquoi pas, contrôler la croissance des organismes vivants.

**SITE : [morphex.org](http://morphex.org)**

**CONTACT PROJET : Michel Morvan  
[michel.morvan@ens-lyon.fr](mailto:michel.morvan@ens-lyon.fr)**