

TITRE DU PROJET : SIMULATEUR INTERACTIF « WEB-SIM-MIOR »  
« *Simulation des processus biologiques spatialisés dans le sol* »

Orientation du projet : Modélisation-Formation-Diffusion

OBJECTIF :

- Proposer un nouvel outil de simulation basé sur un site WEB interactif

### **Description du projet**

WEB-SIM-MIOR définit un concept original de la modélisation en proposant un nouvel outil de simulation accessible sur un site WEB interactif, l'outil visé devrait être suffisamment interactif et permettre à chacun de paramétrer et contrôler sa propre simulation. WEB-SIM-MIOR se construit comme une couche logicielle « englobant » le simulateur existant MIOR (précisément des application type « mini-maquette » en netLogo.

### **Thématique d'application:**

D'un point de vue thématique, il s'agit de modéliser les processus de décomposition de la matière organique dans le sol par les microorganismes. L'approche de la modélisation est ici basée sur les principes de la simulation multi-agent. Le sol étant considéré comme milieu hétérogène, les interactions entre composants seront étudiées à partir de configurations spatiales particulières, en conséquence nous avons décidé de représenter explicitement un espace (avec plus ou moins de réalisme).

Afin de mieux appréhender le fonctionnement de la plupart des systèmes naturels, il est nécessaire de comprendre le rôle de la spatialisation des processus, et nous souhaitons le démontrer à partir de cet application dédié à l'étude de la dynamique biologique dans le sol.

### **Description générale du modèle MIOR :**

Nous développons depuis plusieurs années un modèle basé sur la simulation : Mior (Acronyme de MicroORGanisme) ; le simulateur MIOR est conçu pour modéliser les interactions dans l'espace entre les composants microbiologiques et matière organique. En fonction des distances et des formes entre ces composants, il y aura une interaction spatiale donc une décomposition appropriée.

Nous utilisons l'approche basée sur les systèmes « informatiques » de type « multi-agent » qui permet de définir : la structure des entités, les comportements et les modes d'interactions.

La simulation multi-agent est fondée sur l'idée que l'on peut créer des mondes artificiels computables avec des entités abstraites (les agents) ayant leur propre autonomie opératoire. Cette approche est connue sous le nom de Individual Based Model (IBM) par nombreux biologistes.

Initialement, le simulateur a été conçu en collaboration avec le laboratoire d'informatique de l'Université de Paris 6 (LIP6), et il présente des avantages liés à une architecture informatique évoluée (généricité, flexibilité, réutilisation, couplage, représentation du contrôle sur le simulateur ou les entités).

### **Description technique du modèle MIOR :**

Le simulateur MIOR est développé dans l'environnement de programmation « Squeak ». En terme de développement informatique, MIOR a nécessité environ 4 années de développement et validations. Nous disposons à présent d'un simulateur relativement élaboré. Mais, a contrario, cet outil de simulation est devenu au fil des développements plus difficile à prendre en main pour un utilisateur non aguerri à la programmation « smalltalk ». En conséquence, pour contourner cet inconvénient, et diffuser cette approche innovante auprès de la communauté nous souhaitons proposer un « relookage » au travers de ce projet « SIMULATEUR INTERACTIF WEB-SIM-MIOR » basé sur des applications simplifiées de MIOR écrites en netlogo. Dans la suite on identifiera MIOR à l'une de ces mini-applications disponibles . Ce choix présente plusieurs avantages et en premier lieu, nous partons d'un existant en adoptant une approche simplificatrice. Le simulateur MIOR devient le noyau du simulateur WEB interactif. En deuxième lieu, il y a un intérêt méthodologique car nous allons obligatoirement revoir l'interface utilisateurs. Par cette démarche, nous allons reprendre et repenser nombreux concepts du modèle MIOR et en conséquence, mieux les identifier pour les clarifier et les simplifier.

L'étude des systèmes complexes et leur modélisation véhicule de nombreux concepts, il en est certains d'entre eux qui peuvent être étudiés grâce au support du système artificiel. Nous visons ces objectifs en portant une attention particulière afin de caractériser des aspects de la complexité du modèle lors du déploiement opérationnel de notre simulation, et identifier des structures lors du fonctionnement du simulateur.

MAIS, on ne prendra pas le noyau original MIOR écrit en Squeak, mais, on utilisera des petites applications (maquette réduite) disponibles et écrites en NetLogo et on agira en trois temps :

- en premier lieu optimisation, analyse et étude des applications netlogo
- conception de l'interface et test , accès web, couplage des applications dans une même interface
- sauvegarde des résultats de simulation en BD et accès aux résultats

### **Identifier des structures et contrôler le simulateur**

Une phase importante sera consacrée à identifier et valoriser certains des concepts présentés ci-dessous ; ainsi, nous proposerons des solutions (parfois partielles) pour ces questions qui demeurent difficiles.

*Répartition ou distribution spatiale des processus* : La notion de distribution d'entités dans l'espace simulé est essentielle dans un modèle spatialisé. Au début de chaque simulation, nous devons montrer comment et pourquoi distribuer les processus biologiques dans l'espace. Or, dans MIOR, cela disparaît implicitement dans des fichiers d'initialisation.

Paramétrage : Explicitement, il faudra disposer de « pattern » de distribution en interface graphique et paramétrables. Il faudra aussi identifier les mesures ou indicateurs qu'il faudra suivre et analyser tout au long de la simulation.

*Accès concurrent* : Le problème de l'accès concurrent aux ressources (la matière organique) est une difficulté qui est souvent mise de côté ou masquée par l'utilisation d'une programmation pseudo-parallèle. Les concepteurs misent sur des traitements stochastiques pour simuler la concurrence entre processus.

Contrôler la distribution des processus impose une gestion explicite de l'ordonnancement.

*Changement d'échelle* : Nous cherchons à mieux identifier l'émergence de structures, lors de la simulation au moyen d'indicateurs que nous devons définir. C'est par le jeu de la simulation et de l'interactivité avec les utilisateurs du simulateur que nous pourrions modifier et adapter certains paramètres (ou fonctions) en entrée ou en sortie.

*Rôle du modélisateur* : Le modèle simulé reste un objet perçu puis construit par le modélisateur, l'intervention de ce dernier devrait pouvoir rester possible lors des phases d'exécution. Nous souhaitons que l'outil final intègre ces concepts de simulation participative où le modélisateur devient un agent actif dans le simulateur.

## **Un outil interactif**

Visualiser et simuler : Nous voulons fournir des outils interactifs simplifiés et très visuels afin d'assister le modélisateur dans la conception et dans le suivi de la simulation qu'il réalise. Le suivi à l'exécution doit se faire en temps réel et faciliter l'analyse immédiate des résultats. Nous allons en premier lieu simplifier l'initialisation du simulateur en proposant de ne faire varier qu'une gamme de paramètres orientés spatialisation. Nous fournirons plusieurs modèles de distributions au choix. Nous indiquerons les paramètres principaux à sélectionner dans une plage donnée. Une fois que le simulateur est initialisé par l'utilisateur, celui-ci peut soit : suivre et contrôler le bon déroulement de la simulation, accéder aux résultats, modifier en ligne des paramètres, arrêter la simulation ou la reprendre, consulter toutes les autres simulations en cours ou déjà effectuées par d'autres.

L'utilisateur de WEB-SIM-MIOR aura le choix entre trois modes :

- la consultation de données (résultats et commentaires de simulations déjà archivés ou en cours, accès aux documentations et autres liens utiles) ,
- initialisation du simulateur (paramétrage et exécution)

- contrôle du simulateur, à tout moment l'utilisateur peut intervenir, arrêter ou modifier la simulation en cours, il pourra en fin de simulation proposer des commentaires qui seront archivés avec les résultats de la simulation

Ce projet est à la fois réaliste et original car il présente plusieurs facettes qui contribueront à une bonne synergie. En premier lieu, il s'appuie sur un modèle qui existe (MIOR) et dont nous maîtrisons la totalité des composants logiciels ; nous souhaitons l'optimiser et surtout le coupler en l'intégrant dans un site web ce qui est techniquement réalisable. Un deuxième lieu, nous souhaitons explorer ces nouvelles voies dans la conception de logiciels visant à la diffusion de ce nouvel outil : un simulateur sur le WEB interactif. Enfin, nous aurons un retour d'expérience par la confrontation de cet outil auprès des chercheurs participants aux formations ou comme utilisateurs du simulateur.

La réalisation de ce projet constitue une phase d'analyse et de synthèse et constitue d'un point de vue technique une étape intermédiaire avant de penser à la réécriture d'un simulateur optimisé et distribué en réseau (par exemple à base d'un langage de processus concurrent).

Ce travail peut déboucher sur de multiples approfondissements en recherche. Une comparaison avec le modèle MIOR original serait envisageable.