

Université de Msila

Faculté des mathématiques et de l'informatique

Département d'informatique

1^{ère} année Master IA

Modèles comportementaux

Introduction

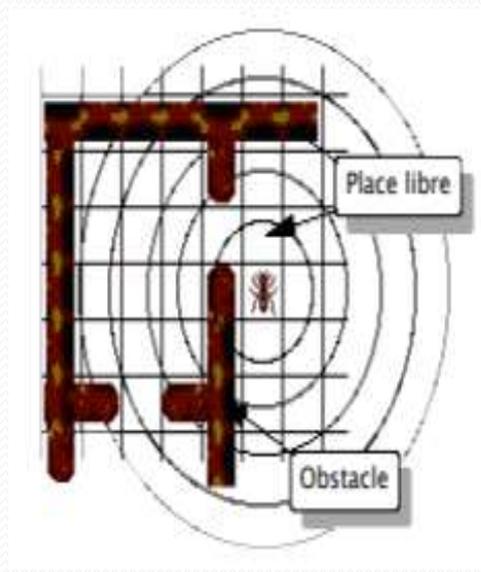
- Comprendre la formation des colonies de fourmis (sociogenèse) et de leurs structures sociales (hiérarchies, division du travail, polyéthisme d'âge) et comment des comportements individuels simples peuvent donner naissance à des formes collectives reproductibles et adaptatives est l'un des enjeux de l'éthologie des insectes sociaux.
- **MANTA** est un modèle multi-agents dont les agents représentent les individus d'une colonie de fourmis: reine, ouvrières, oeufs, larves et cocons. Leurs interactions se déroulent via la propagation de signaux équivalents à des signaux chimiques dans l'environnement simulé, qui influencent et orientent leurs comportements.
- l'objectif de ce projet était de concevoir un modèle complet d'une colonie afin de proposer une validation des hypothèses des éthologues sur la façon dont se mettaient en place quatre des mécanismes existant dans toutes les colonies naturelles : sociogenèse (génération d'une société complète à partir de sa fondation), création de hiérarchies, création d'une division du travail répartissant les individus en groupes fonctionnels homogènes et polyéthisme d'âge (division du travail en fonction de l'âge).

Les raisons avancées pour l'approche agent

- la représentation explicite des comportements individuels observés chez les fourmis et de leurs interactions, par opposition à une modélisation globale de la fourmilière qui ne permettrait pas d'expliquer l'émergence des formes sociales
- étudiées.
- L'idée de base était donc de fournir un support pour retranscrire le plus fidèlement possible les modèles décrits par les éthologues, en particulier par le biais d'un langage de description des comportements qui manipule des concepts qui leur sont naturels :
- L'hypothèse selon laquelle les individus considérés (reine, ouvrières, couvain) étaient dotés d'un mécanisme d'adaptation qui viendrait modifier leur profil individuel de réaction aux stimuli environnementaux (l'une des hypothèses prises par les éthologues pour expliquer la formation de la division du travail) nécessitait une représentation explicite de ces mêmes individus

Échelles spatio-temporelles

- MANTA utilise comme espace la représentation d'un nid en plâtre utilisé dans les laboratoires, d'une trentaine de centimètres de côté.
- Il est divisé en une grille discrète de cases (d'environ 1 cm de côté) qui peuvent représenter soit un obstacle, soit un espace libre et contenir, dans ce dernier cas, un nombre quelconque d'agents.
- Les cases servent également de support à la propagation de stimuli.
- L'échelle de temps considérée est celle de la vie d'une reine dans la réalité, soit de quelques jours à quelques mois. Celle-ci est subdivisée en unités temporelles discrètes correspondant au temps moyen de déplacement d'une fourmi d'une case à une autre, soit environ 7 secondes.



Les agents et leurs attributs

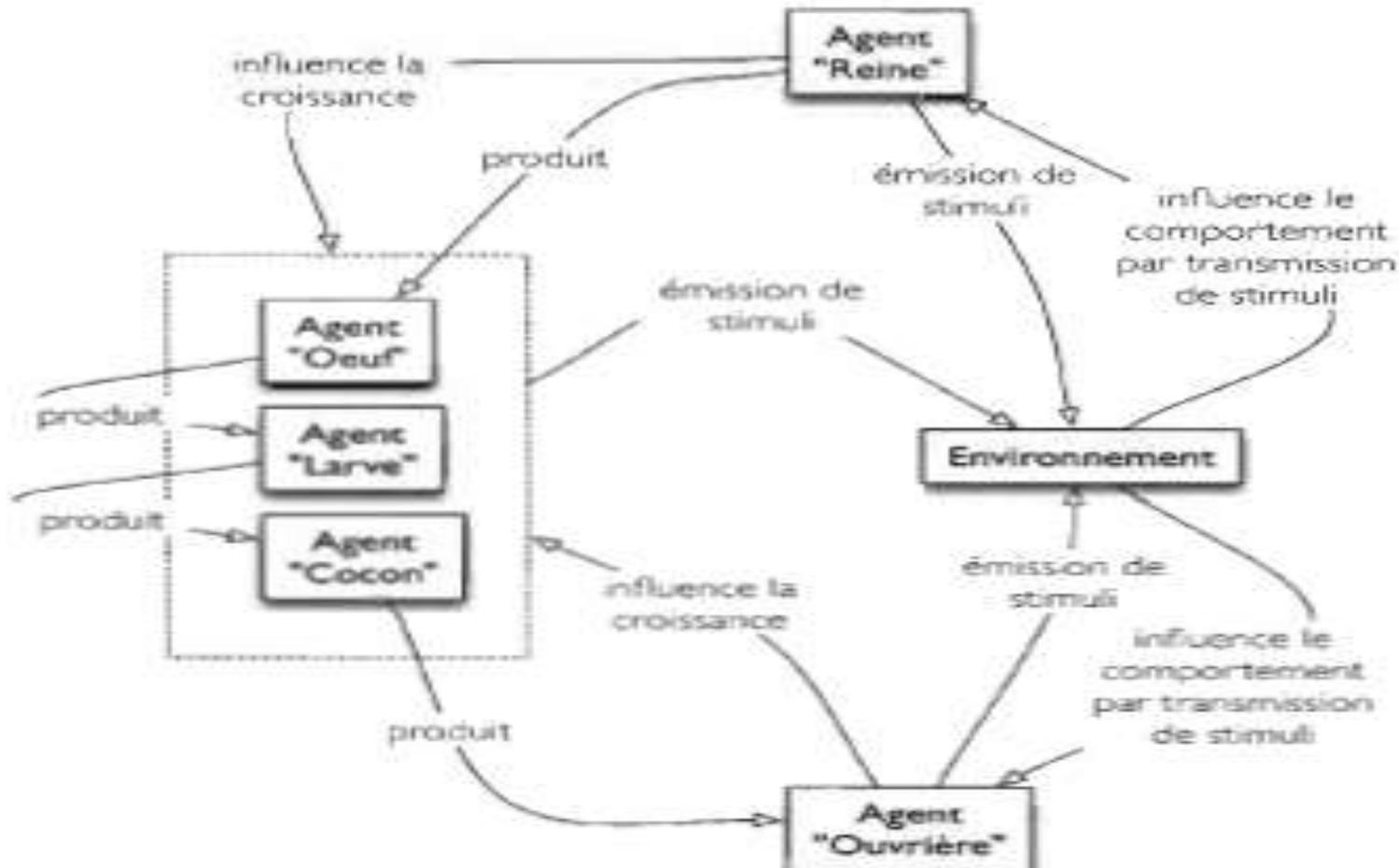
- Chacune des entités peuplant une colonie de fourmis est explicitement représentée sous la forme d'un agent dans le modèle
- Il en existe cinq types : les reines, les ouvrières, les oeufs, les larves (les trois stades larvaires sont condensés en un seul) et les cocons.
- Il y'a des agents qualifiés d' « environnementaux » : la nourriture déposée dans le nid, l'humidité et la lumière, qui ne jouent pas vraiment de rôle dans le modèle autre que celui de marqueurs dans l'environnement Les agents sont dotés d' attributs en nombre variable selon leur type :
- Tous possèdent un ensemble de stimuli représentant les signaux chimiques (phéromones) qu'ils émettent dans l'environnement (stimuli externes) Ces stimuli sont nommés et possèdent une valeur réelle, recalculée en permanence, et non bornée a priori .
- Tous possèdent également des attributs qualifiés de « biologiques » dans le modèle : âge, durée de vie maximale, niveau de faim, niveau de soins, quantité de nourriture en laquelle l'agent peut être converti s'il meurt.

Les agents et leurs attributs

- Les agents capables de se déplacer (ouvrières et reines) possèdent en outre une variable représentant le nombre maximal d'agents qu'ils sont capables de porter à la fois. Ils n'ont pas de vitesse différenciée.
- les agents capables de se reproduire (les reines) sont dotés d'une variable indiquant l'intervalle moyen entre deux pontes d'oeufs.
- À tous ces attributs, il convient d'ajouter, bien que les agents ne les « possèdent » pas véritablement en propre,
- les paramètres des comportements dont ils sont dotés (appelés « tâches » dans le modèle) : le poids, le seuil de déclenchement et le taux de renforcement de chacun d'entre eux.
- Au total, les agents de MANTA sont donc des entités relativement complexes, dont le nombre d'attributs varie de 7 pour les agents les plus simples (les oeufs) à près de 50 pour les agents les plus complexes (les reines).

Les comportements ou mécanismes

- Deux mécanismes fondamentaux sont au coeur du modèle.
- Le premier est le mécanisme (global) de propagation des stimuli, qui va permettre aux agents de s'influencer mutuellement en diffusant, à partir de leur localisation dans l'environnement, certains de leurs stimuli. Le schéma général d' « influence » entre les agents est fourni sur la figure suivante :



Les comportements ou mécanismes

- Un second mécanisme est le mécanisme (individuel) de sélection et d'activation des comportements dont sont dotés les agents, qui est influencé aussi bien par les attributs des agents que par les stimuli lus sur les cases
- Il est implanté dans MANTA de la façon suivante: soit $A = \{a_1, \dots, a_n\}$ l'ensemble des agents présents dans le modèle.
- Chaque agent a peut être représenté par le quadruplet
 - $a = \{V_a, S_a, SP, Ta\}$, où
 - V_a représente ses attributs,
 - S_a les stimuli dont il est porteur,
 - SP les stimuli qu'il lit sur sa case
 - Ta ses comportements (les «tâches »).
- Une tâche *test* une fonction informatique quelconque dotée d'un poids *poids* (t) (équivalent à une priorité), d'un seuil de déclenchement *seuil* (t) et d'un taux de renforcement de son poids *renforcement*(t)

Implémentation informatique du modèle

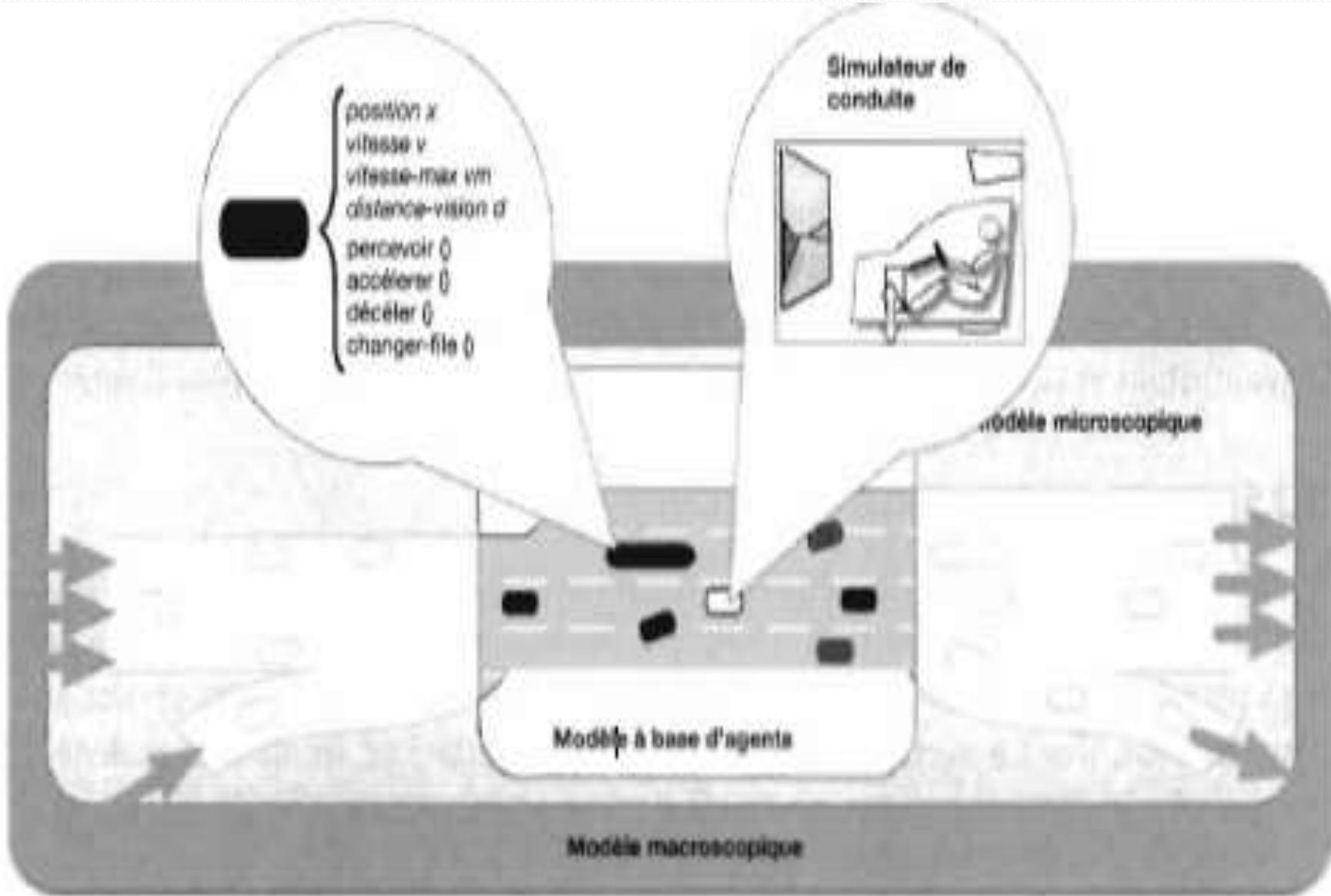
- MANTA a été originellement écrit en Smalltalk-80 en 1991.
- Une version en ObjectWorks 4.5 a vu le jour en 1993,
- en même temps qu'une version en Turbo-Pascal 7
- De 1995 à 1999, trois versions successives, écrites en Delphi, ont été développées et rendues disponibles sur Internet.
- Le simulateur a également connu des déclinaisons en C++, en particulier pour l'étude des mécanismes de fourragement (Drogoul and Fresneau 1998).
- Toutes ces différentes versions implémentent un interprète du même langage de modélisation, EMF (*EthoModelling Framework*), utilisé depuis la première version pour décrire le comportement des agents indépendamment du langage informatique choisi.
- À noter que ce langage est maintenant implémenté dans la plateforme GAMA avec une vocation plus généraliste puisqu'il permet de décrire d'autres « espèces » d'agents que des agents-fourmis.

Exemple de simulation multi-agent

ARCHISIM : MODÉLISATION DE LA DYNAMIQUE DU TRAFIC ROUTIER

- Les modèles de simulation permettent de tester et d'évaluer plusieurs variantes sans avoir recours à des tests grandeur nature, souvent coûteux et difficiles à mettre en oeuvre ou tout simplement impossibles à réaliser.
- ARCHISIM a pour ambition de simuler un trafic routier à la fois « globalement réaliste » sur des portions complètes de voies et « individuellement crédible » quant aux comportements des véhicules (et des conducteurs) artificiels qui les empruntent
- la mesure de l'impact des aménagements de l'infrastructure d'une voie sur la fluidité de son trafic ;
- l'évaluation de l'incidence de ces aménagements sur le comportement des usagers de la route;
- l'évaluation des modifications de comportements induites par l'adjonction de dispositifs de sécurité aux véhicules (comme l'ABS);
- la mesure de l'incidence de ces modifications sur le trafic global en fonction du nombre de véhicules équipés, etc.

Exemple de simulation multi-agent



Exemple de simulation multi-agent

➤ Échelles spatio-temporelles

- Une Concernant l'échelle temporelle, il est important de souligner quel objectif principal d' ARCHISIM est de pouvoir faire fonctionner une simulation quasiment en temps réel.
- Le temps est discrétisé en pas de temps qui font environ 1 00 ms, ce qui semble être satisfaisant dans les expérimentations faisant intervenir le simulateur piloté. La durée des expérimentations est très variable.

Exemple de simulation multi-agent

➤ Les agents, leurs attributs

1. les conducteurs (il est à noter que conducteur et véhicule sont confondus). Chaque conducteur simulé est un agent autonome, caractérisé par les attributs suivants :
 - Un but, qui consiste usuellement à suivre un itinéraire donné qui lui est propre.
 - Un champ de perception, caractérisé par quatre distances de vision maximales, vers l'avant, l'arrière et sur les routes latérales.
 - Ses accointances : ce sont les agents qui se trouvent dans son champ de perception et avec qui il peut communiquer (la communication, dans ce modèle, représentant simplement la « mise à disposition » d'attributs).
 - Une mémoire locale comprenant d'une part les attributs pouvant être consultés par les autres agents : sa vitesse, sa position kilométrique, son accélération, ses indices visuels (clignotants, feu de stop) et son type du véhicule; d'autre part, des informations qui lui sont propres : le type de conducteur (humain ou virtuel), son expérience, sa vitesse préférentielle, son temps de réaction, sa stratégie, sa distance de suivi préférentielle, sa direction actuelle, etc.

Exemple de simulation multi-agent

2. Tous les autres éléments d' ARCHIS!M sont aussi représentés par des agents : les contrôleurs de feux, les équipements statiques, les équipements routiers dynamiques (panneaux de signalisation avec capteurs, par exemple), les routes, leurs intersections.

Comme les agents-véhicules, ils mettent à disposition des autres agents certains de leurs attributs et peuvent en lire certains, mais leur rôle est beaucoup plus limité.

Exemple de simulation multi-agent

➤ Les comportements ou mécanismes

- tous les contextes d'interactions routières peuvent être représentées par trois types de tâches paradigmatiques, classées par ordre croissant de complexité :
 - La tâche de conduite en file (par exemple la conduite sur autoroute).
 - La tâche d'insertion (par exemple lors de l'utilisation d'une bretelle d'entrée).
 - La tâche d'intersection (quand les trajectoires des véhicules se croisent à un carrefour).
- Des règles de comportement selon un principe simple : des règles **SI-ALORS** prenant en entrée des indices et en sortie les actions élémentaires disponibles (accélérer, freiner, changer de file) sont établies pour chaque zone, puis classées par ordre de priorité et la plus prioritaire est déclenchée.
- Les autres agents de la simulation (contrôleur de feux, etc .) ont un comportement similaire (ils prélèvent l' information en utilisant des « pseudo-capteurs » placées le long des voies) quand il n'est pas totalement rigide.

Exemple de simulation multi-agent

➤ Implémentation informatique

- Le simulateur actuel a été réalisé en C++. Il est couplé à de nombreux autres systèmes comme un rendu visuel en 3D, l'adjonction d'un simulateur piloté, ce dernier imposant notamment une obligation de fonctionnement en temps réel.
- ARCHSIM semble avoir appliqué un certain nombre d'optimisations en tout genre, par exemple dans le calcul des « perceptions individuelles » des agents. Celles-ci sont en effet réalisées de façon centralisée par un serveur d'environnement qui calcule, pour chaque véhicule, sa « perception » en fonction de sa position et de sa vitesse.