

Programmer un système multi-agents est comme créer une fourmilière : chaque entité possède une petite intelligence, mais leur interaction et leur coordination en engendrent une nouvelle forme. Elle est étonnante et parfois d'une efficacité déconcertante.

Philippe Mathieu, Sébastien Picault et Jean-Christophe Routier



Au terme des huit saisons et soixante-treize épisodes de *Game of Thrones*, le spectateur, éberlué, pourrait se livrer à un rapide décompte : combien de cavaliers, de fantassins, de spectres et autres Marcheuses blanches a-t-il vu défiler, combattre, périr ? Heureusement pour la production, depuis la trilogie du *Seigneur des anneaux*, récompensée aux Oscars, les scènes de groupe au cinéma ou dans les séries sont de plus en plus confiées à l'ordinateur, qui dirige des acteurs artificiels grâce à des algorithmes.

En fait, l'attribution de règles de comportements et d'objectifs à une multitude d'entités informatiques autonomes s'applique à de nombreuses situations. Avec les mêmes principes, on mime des phénomènes naturels, on anime des mondes artificiels à des fins ludiques, on teste l'aménagement du territoire, on étudie des comportements sociaux. Toutes ces applications sont fondées sur un schéma commun : une modélisation centrée sur les individus au moyen de la simulation par agents.

Rappelons que pour étudier un phénomène, les scientifiques aiment à en construire une représentation simplifiée, qu'ils appellent un « modèle ». Les orbites elliptiques des planètes de Kepler sont par exemple un modèle réaliste de leurs trajectoires autour du Soleil. Cependant, les modèles que l'on peut soumettre directement à l'expérience deviennent de plus en plus rares. On a alors recours à des simulations qui testent le modèle sur un substitut du réel. Aujourd'hui, la plupart des simulations consistent à résoudre de façon exacte ou approchée des équations qui sous-tendent les modèles physiques. Cette approche mathématique permet, par exemple, de modéliser l'évolution

probable du climat à l'échelle planétaire ou d'une épidémie à l'échelle d'une population suffisamment homogène, de même que la régulation génétique au sein d'une cellule.

Mais une nouvelle façon d'envisager la simulation a émergé, au carrefour des recherches sur la vie artificielle (quand on laisse des ensembles d'entités virtuelles se développer et s'organiser) et des travaux sur la simulation des interactions d'individus. Le concept d'agents a repoussé les frontières de la modélisation au-delà des limites inhérentes à la seule mise en équations, notamment en fournissant des outils pour étudier les comportements en tant que tels. C'est ce qu'on appelle l'« intelligence collective ».

SE RECENTRER SUR L'INDIVIDU

En effet, l'une des faiblesses de l'approche mathématique de la simulation est son absence de portée explicative. On constate un comportement, telle une convergence vers un état, mais on ignore le détail des mécanismes en jeu. Les équations qui régissent le modèle portent sur le comportement moyen des individus et négligent les variations de comportement d'une entité à une autre. Le devenir d'un individu particulier et sa contribution à l'ensemble du phénomène restent inconnus.

À l'inverse, les modélisations dites « centrées sur des individus » sont focalisées sur les moyens plutôt que sur les fins. Elles posent le problème à l'échelle de l'individu : étant donné les entités qui interviennent dans un phénomène, quel doit être leur comportement pour que ce phénomène se manifeste ? Ce type de modélisation, qui permet de passer d'une simulation macroscopique à une

simulation microscopique, se décline principalement à travers deux paradigmes. Le premier est celui des automates cellulaires (le plus connu est le Jeu de la vie), où l'on divise l'espace en cellules dotées d'un état, et qui en changent en fonction de l'état des cellules voisines, selon des règles identiques pour toutes. Le second rassemble les simulations multi-agents qui offrent d'emblée aux entités qui les composent des comportements diversifiés : c'est ce que nous abordons ici.

L'industrie culturelle, en particulier les jeux vidéo et le cinéma, offre un débouché important pour ce type de simulations. Par exemple, dans les programmes comme le néo-zélandais *Massive* ou son homologue français *Golaem*, chaque « figurant » est un agent autonome à qui est attribuée une palette restreinte de règles de comportements, par exemple « Si je vois un ennemi, j'avance vers lui » ou « Si je suis attaqué sur le côté gauche, je pare avec mon bouclier ». Chaque agent prend ses décisions en fonction du contexte et selon des paramètres qui lui sont propres. De la même façon, le déplacement de vastes groupes d'animaux tels que les nuées d'oiseaux ou les bancs de poissons se simule typiquement dans le cadre d'un système multi-agents (voir l'encadré de la page ci-contre).

Dans le champ scientifique, les agents connaissent aussi un grand succès. En physique ou en chimie, les corps semblables sont interchangeables : c'est bien le cas des atomes et des molécules de même nature. En revanche, en éthologie, en sociologie ou en économie, les acteurs sont dotés d'une histoire propre, et leurs comportements individuels varient. Les agents sont particulièrement bien adaptés à la modélisation de phénomènes collectifs émergeant de l'action d'individus « simples ».

— En bref —

> L'approche centrée sur des individus aide à construire des modèles explicatifs de phénomènes complexes.

> Un système multi-agents permet de construire des mondes artificiels pour tester des hypothèses.

> Tout peut être agent : un animal, un véhicule, un bâtiment, le feu...

> La conception des comportements des agents repose sur les résultats de la recherche en intelligence artificielle.

> Chaque agent agit selon le contexte et peut apprendre de ses expériences afin de mieux s'adapter.

> Les interactions des agents entraînent l'émergence de phénomènes collectifs non définis a priori.

Enfin, la simulation à visée ludique et celle qui fait office de « laboratoire virtuel » se rejoignent de plus en plus fréquemment, notamment à travers la montée en puissance des *serious games* à objectif pédagogique. Plus le jeu fait appel à des situations jugées vraisemblables par le joueur, plus ce dernier s'y implique et en assimile les connaissances. L'utilisation d'agents autonomes dans ce contexte permet une construction modulaire, facilement extensible et capable de répondre à des objectifs pédagogiques variés. C'est par exemple le cas dans *Format Store*, un logiciel destiné à former des vendeurs à la gestion de la relation clientèle, où l'apprenant est immergé, à travers son avatar, dans un supermarché virtuel, entièrement peuplé d'agents : les clients, mais aussi les articles, qui peuvent changer d'état, les panneaux d'informations, les caisses...

RÉACTIF OU COGNITIF ?

Le caractère ludique apparent de ces illustrations ne doit pas masquer les difficultés que pose la plupart du temps la définition de règles de comportements adéquates en fonction du but fixé aux agents. On doit d'abord déterminer et reproduire les caractéristiques physiques de l'environnement qui sont pertinentes par rapport au phénomène étudié : structure spatiale, lois physiques, événements qui y surviennent. Ensuite, chaque agent doit répondre aux informations perçues dans son environnement par des actions judicieuses. Le lien entre la perception et l'action peut être rudimentaire ou bien fondé sur des systèmes de planification ou de déduction. Enfin, l'environnement où les agents évoluent