

# Construire des sociétés artificielles pour comprendre les phénomènes sociaux réels

Frédéric Amblard<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Université Toulouse 1 Capitole  
2, rue du Doyen Gabriel Marty  
31042 Toulouse Cedex 9, France.

<sup>2</sup>Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT) – UMR CNRS 5505  
Université Paul Sabatier,  
118, route de Narbonne  
31 062 Toulouse Cedex 9, France

La construction de sociétés artificielles, c'est à dire de simulations informatiques dans lesquelles des entités, des personnages, adoptent des comportements sociaux est souvent perçue soit en terme d'applications purement ludiques (les Sims en sont un bon exemple), soit comme une occasion offerte aux informaticiens de jouer à Dieu en construisant des mondes improbables. Cette approche peut cependant également être utilisée par le chercheur en sciences sociales pour interroger ses représentations du social par la formalisation de ces représentations et l'investigation des expérimentations qui y sont associées. C'est cette proposition que je tenterai de défendre ici.

On attribue souvent au prix Nobel Herbert Simon l'affirmation que les sciences sociales sont les vraies sciences « dures ». De fait, les systèmes sociaux, en particulier les systèmes sociaux humains sont composés d'entités hétérogènes, dont la rationalité est limitée (par calcul, par information, ...) et dont les interactions peuvent être directes ou indirectes, via par exemple des modifications portées sur leur environnement. Dans ces systèmes, l'information est en grande partie locale et se diffuse avec déformation dans le système. Enfin, contrairement à une hypothèse encore trop souvent soutenue par l'économie orthodoxe par son adhésion à la théorie walrasienne de l'équilibre général, l'équilibre n'est certainement pas une propriété des systèmes sociaux mais au mieux une tendance et a minima sans doute une représentation que certaines entités (certains économistes en particulier) se font du système auxquelles elles appartiennent.

L'étude de ces systèmes complexes soulève dès lors la question des outils et méthodes à mettre en place qui puissent rendre compte de leurs propriétés principales dans l'objectif d'interroger et de comprendre les mécanismes sous-jacents producteurs des régularités observées de certains phénomènes collectifs. La simulation orientée agents a vocation à remplir ce rôle en particulier pour ce qui concerne l'introspection des représentations du social construites notamment par le scientifique en sciences sociales.

Concernant la méthodologie générale associée à l'approche de simulation orientée-agents, elle consiste à partir d'un phénomène collectif que l'on cherche à étudier et comprendre, en définissant une question de modélisation et une ou des hypothèses explicatives concernant la production de ce phénomène, à décrire formellement les attributs et le comportements des entités qui constituent ce système, puis les interactions qui ont lieu entre ces entités. Il s'agira ensuite de décrire l'organisation de

ces entités entre elles (par exemple sous la forme d'un réseau social) et ses règles d'évolution ainsi que celles de l'environnement associé. Une fois ces éléments spécifiés formellement, le scientifique modélisateur a tout ce qu'il lui faut pour faire évoluer *in silico* un état du système donné, correspondant à une situation particulière. Il reste donc au scientifique, expérimentateur cette fois, à déterminer ces conditions initiales, i.e. quel est l'état du système sur lequel il veut tester les hypothèses de modélisation qu'il a proposé et formalisé. Après avoir déterminé les observables de sa simulation, i.e. les indicateurs qu'il souhaite suivre au cours de la simulation, le scientifique possède tous les éléments qui lui permettent de conduire ce que l'on pourrait définir comme une expérience de simulation. Une fois la simulation exécutée, la remise en perspective des hypothèses de départ et de la manière dont elles ont été formalisées au regard des résultats produits l'amène à réfléchir d'une part sur le modèle formalisé et la manière dont les résultats sont produits, i.e. le jeu fin de l'association des comportements et des interactions entre agents dans le modèle et d'autre part à interroger ses hypothèses au regard du phénomène qu'il cherche à étudier et à comprendre.

Les principales caractéristiques que l'on peut associer à cette approche de modélisation et qui la distingue des approches de modélisation classiques sont à mon sens les trois suivantes : 1) l'approche agent, en se focalisant particulièrement sur le comportement des entités constitutives du système, cette approche de modélisation est congruente avec l'individualisme méthodologique qui est le cadre de pensée adapté pour la compréhension de la construction des phénomènes sociaux et elle est à même d'interroger les mécanismes microscopiques (l'échelle des individus) générateurs des régularités macroscopiques auxquelles s'intéressent le scientifique. 2) La simulation, en quittant sa forme précédente qui équivalait à l'exécution itérative d'un schéma de calcul numérique et surtout en remplaçant la sémantique classique de l'itération comme étape d'un schéma numérique par une représentation du déroulement du temps dans le système permet dès lors à cette approche de formaliser des hypothèses dynamiques qui concernent l'évolution des entités et du système. 3) Enfin la formalisation algorithmique associée à cette approche rend, par sa plus grande proximité avec la représentation que l'on peut se construire concernant la représentation d'un système social et de son évolution, la formalisation plus adéquate aux hypothèses que l'on se construit qu'un formalisme mathématique qui implique possiblement un changement de cadre de pensée lorsque l'on passe du raisonnement concernant le système au raisonnement concernant le modèle. Cela reste l'impression d'un informaticien, mais je pense que l'on peut rester dans le même cadre de pensée, manipuler les mêmes objets mentaux ou du moins des objets mentaux qui ont la même forme que l'on raisonne sur le système que l'on cherche à étudier ou sur le modèle de ce système, sa formalisation algorithmique.

Cependant cette richesse d'expression pour formaliser les mécanismes générateurs des phénomènes sociaux et potentiellement à même d'en interroger la complexité comporte un inconvénient majeur. En construisant un système artificiel qui capture la complexité du phénomène social, en associant les comportements hétérogènes de nombreuses entités en interaction à la production de phénomènes sociaux au niveau macroscopique, et malgré ce qui peut être vécu par le chercheur en sciences sociales comme des simplifications violentes, ne réduit pas entièrement la complexité du système étudié. En effet, une fois le modèle formalisé et programmé, on a affaire à un système, artificiel certes, social composé d'entités hétérogènes en interactions. En réalisant des expériences de simulation sur ce système, on a éventuellement la possibilité d'observer des régularités qui semblent émerger de la simulation. Pour autant les mécanismes

sous-jacents producteurs de ces régularités, l'intime entrelacement des comportements et des interactions n'est pas directement intelligible. Il s'agit alors bien sûr d'interroger le modèle, les simulations, pour comprendre comment les hypothèses telles qu'elles ont été formalisées ont produit les résultats en question et ceci principalement en jouant sur les observables de la simulation, par exemple en suivant dans le temps l'évolution du comportement d'un agent particulier. Plutôt que d'adopter l'attitude classique en modélisation qui consiste à interpréter les résultats du modèle directement par rapport au phénomène étudié, il s'agit bien plutôt ici de mettre en place une interprétation à deux niveaux de ces résultats. Tout d'abord au niveau du modèle lui-même, la simulation étant déterministe, un mécanisme a produit ces résultats, il s'agit de l'identifier clairement, de construire une théorie du comportement du modèle, avant de réaliser une mise en perspective de cette théorie par rapport au phénomène réel étudié. Cette dernière comparaison étant véritablement celle qui porte l'intérêt de la démarche puisqu'elle permet une fois l'hypothèse formalisée et ses conséquences connues, théorisées, de questionner le phénomène réel étudié.

Dès lors, un tel outil peut être envisagé pour de nombreuses applications ou dans de nombreux cadres d'utilisation. Un en particulier retient mon attention, il s'agit du modèle ou plus généralement du processus de modélisation comme artefact pour la réflexion. L'effort de formalisation de ses hypothèses implique un ensemble de clarifications et de désambiguïtés conceptuelles. Les concepts à retenir pour la modélisation étant les concepts pertinents et clairement définis, il s'agira ensuite de les articuler entre eux. Le chercheur modélisateur est ainsi amené à épurer son dispositif conceptuel pour ne garder que les concepts qui font réellement sens par rapport à la problématique étudiée, il est également amené à les préciser et à préciser le lien existant entre ces différents concepts. Cette tâche reste bien sûr limitée par l'expressivité du langage de formalisation utilisé qui est nécessairement plus faible que celle du discours en langue naturelle (son principal intérêt étant la non-ambiguïté).

Une utilisation des modèles de simulation congruente avec la précédente concerne l'utilisation de ces modèles comme des substrats pour l'aide à la projection d'hypothèses d'évolution portant sur un grand nombre d'entités en interaction. Lorsque l'on émet des hypothèses sur les comportements individuels d'une population, si l'on arrive encore passablement à imaginer ou calculer les changements de comportements à l'échelle individuelle, il ne nous est pas possible (sous réserve d'hypothèses d'évolution même à peine évoluées) de réaliser ce calcul pour l'ensemble d'une population dont les individus interagissent les uns avec les autres, provoquant par ces interactions les changements de comportements au sein de la population. L'ordinateur via la simulation est précisément le support qui va permettre d'exécuter ce calcul et nous faire entrevoir la projection des hypothèses que l'on a fait au niveau individuel. Il s'agit alors de l'ordinateur considéré comme une grosse machine à calculer les évolutions d'un système dont nous sommes capables de donner les règles (on ne juge pas ici de la qualité de ces règles), mais dont nous ne sommes pas capables de calculer les effets produits par leur application sur le système.

Enfin, le fait de revenir sur le modèle, de l'interroger à l'issue de la simulation pour comprendre finement les mécanismes de production des résultats observés et de les mettre en perspective par rapport, par exemple, aux attendus que le chercheur modélisateur pouvait avoir au moment de la construction de son modèle, amène à envisager le modèle comme artefact d'accompagnement de la réflexion du chercheur par

rapport à l'objet de ses recherches dont il construit une image qui en partage les grandes propriétés.

Dans un contexte un peu différent, qui est celui de l'aide à la décision par la modélisation ou par les modèles, on peut dire que là où les modèles mathématiques classiques permettent la prédiction ou la prévision (avec parfois les résultats que l'on sait), l'approche de simulation orientée-agent dont la faiblesse est précisément le manque de fiabilité quantitative de ces résultats (puisque les mécanismes de production ne sont pas complètement contrôlés) peut proposer au décideur de comprendre en profondeur le système qu'il doit par exemple réguler, il s'agit donc bien plutôt d'anticipation (au sens où le modèle peut être vu comme un automate à produire des possibles) plutôt qu'un outil de prédiction dont on peut éventuellement se fier aux résultats mais dont les mécanismes de production ne peuvent être compris ni par le décideur, ni par le modélisateur puisque non compris dans le modèle.

Ce positionnement du modèle comme artefact pour la réflexion s'inscrit dans un courant qui propose la reconstruction des phénomènes comme source de compréhension. La proposition initiale de Seymour Pappert avec le langage Logo et les dispositifs associés (certains se souviennent peut être du robot Tortue qui avait fait son apparition dans les écoles primaires françaises dans les années 80), était de faire appréhender aux enfants la géométrie sous un aspect constructiviste par la mise à disposition d'un langage de programmation traduisant des opérations élémentaires de la géométrie (baisser/lever le crayon, tourner, avancer). Les enfants utilisant logo appréhendaient la géométrie de manière différente et l'approche permettait de revisiter les concepts plus théoriques (les droites parallèles par exemple). C'est à sa suite que Michael Resnick propose dans les années 1990, la plateforme de simulation multi-agent Starlogo pour appréhender les phénomènes distribués en particulier en biologie, par leur reconstruction. L'élève cherche en proposant des comportements à ses agents à reproduire qualitativement un phénomène distribué (le tri du couvain ou la recherche de nourriture dans une fourmilière). Le schéma proposé ici est identique pour investiguer les phénomènes sociaux humains. Il s'agit par une démarche de type expérimentale par essai/erreur de déterminer des règles de comportements individuels plausibles qui permettent de produire les phénomènes étudiés.

Cette approche amène de fait à poser quelques questions ou à délimiter quelques évolutions possibles. Evolution du rôle tenu par le modélisateur tout d'abord. Envisagé classiquement comme une compétence plutôt technique (si l'on considère la modélisation statistique) visant à analyser des données empiriques et à en tirer des informations pertinentes (tendances, corrélations par exemple), le rôle proposé s'approche bien plutôt ici d'une activité d'expérimentateur, le modélisateur cherchant à déterminer un dispositif et des conditions expérimentales (la formalisation du modèle et les conditions initiales de la simulation) qui conduisent à la reproduction qualitative d'un phénomène donné.

Pour accompagner cette démarche, quelques points de positionnement restent ainsi à définir, en particulier par comparaison aux approches de modélisation classiques. Une approche méthodologique tout d'abord. Dans le domaine de la simulation orientée-agents, les tenants de l'approche KISS (Keep It Simple, Stupid !) insistent sur le critère de parcimonie des modèles proposés, la plus simple « explication » possible d'un phénomène étant incidemment la meilleure ou du moins la plus probable. Les tenants de

l'approche KIDS (Keep It Descriptive, Stupid !) défendent quand à eux une approche de modélisation qui si elle correspond toujours à une abstraction (pour ne pas dire une simplification) du phénomène étudié n'en reste pas moins homomorphique à celui-ci, mettant en jeu et manipulant des concepts et des objets de même forme que ceux du système étudié. La position raisonnable face à ces deux propositions consisterait à défendre une voie moyenne qui ne dépouille pas le modèle des éléments qui permettent d'interroger le phénomène étudié (en ce sens tenter l'homomorphie est plutôt raisonnable) tout en n'empêchant pas un des objectifs de l'approche qui est la construction d'une théorie explicative de l'émergence de phénomènes *in silico*, i.e. la production des résultats par les seules règles formalisées dans le modèle. Sur ce dernier point, cette théorie explicative est sans doute plus délicate à construire lorsque le nombre d'hypothèses contenues dans le modèle est important.

Concernant le positionnement par rapport aux approches de modélisation classiques, les difficultés rencontrées sont souvent liées à une incompréhension des différences entre les approches. Différences qui tiennent à la fois au positionnement de la modélisation dans le projet de recherche et à l'utilisation du modèle. Le modèle multi-agent est envisagé davantage comme un outil permettant d'accompagner la réflexion du chercheur que comme l'aboutissement d'un projet de recherche. Un problème essentiel tient à l'évaluation des modèles. Si dans la démarche de modélisation classique, un critère définitif qui est souvent mis en avant, probablement à tort d'ailleurs si on suit la réflexion de Jean-Marie Legay par exemple, concerne l'adéquation des résultats du modèle aux données empiriques, on sent bien que ce critère a du mal à s'appliquer seul pour l'évaluation de la démarche de modélisation/simulation multi-agent pour laquelle ce qui est évaluable est bien plus sa capacité à faire progresser et à organiser la connaissance que le chercheur peut avoir du phénomène qui l'intéresse que sa capacité à rendre compte d'un jeu de données aussi conséquent soit-il. Sur le simple objectif de l'utilisation du modèle comme artefact pour la réflexion, on peut se poser la question de savoir si l'évaluation du modèle a même un sens, est-ce que l'on évalue la feuille de papier qui nous permet de poser des hypothèses ?

Enfin, au-delà de cette relation aux données qui diffère entre les deux approches de modélisation, d'autres propriétés souhaitables des modèles classiques ne sont simplement plus applicables aux modèles multi-agent. C'est le cas de la robustesse des modèles, c'est à dire leur capacité lorsque l'on simule le modèle en partant de situations très proches à obtenir des résultats très proches, une forme de stabilité des résultats obtenus. On comprend très bien que c'est une propriété souhaitable du modèle lorsque l'on a des objectifs de prévision ou de prédiction concernant l'évolution d'un système. Cependant dans le cas d'une modélisation compréhensive, où l'objectif est d'apprendre des propriétés du système que l'on reconstruit *in silico*, le fait d'avoir, pour une partie des conditions expérimentales des comportements très erratiques du système, loin de discréditer le modèle nous apprend au contraire des éléments de son fonctionnement et nous permet même d'anticiper le fonctionnement du phénomène modélisé. Si sous certaines conditions le modèle est très instable c'est une information très enrichissante sur le modèle et sur le phénomène considéré.

Pour conclure, il me semble que le pari de la modélisation agent en sciences sociales doit être fait par les chercheurs, en oubliant les fausses images d'une modélisation qui mutilerait ou réduirait la pensée sociologique ou d'un dispositif informatique destiné à capturer la connaissance sociologique dans un système expert, il s'agit bien plus d'une

technique et d'une méthodologie permettant d'accompagner le chercheur en sciences sociales dans sa réflexion.