

## MODELES ET SIMULATIONS : POURQUOI ?

Laurent DAGORN

Notre vision du réel est partielle et souvent confuse. Pour mieux cerner ce que nous percevons, nous créons sans cesse des modèles, sans forcément s'en rendre compte. Nous simplifions pour mieux saisir la globalité du réel. Un modèle est une vision simplifiée de la réalité. Cependant, nous poussons rarement le raisonnement jusqu'à son terme. En effet, après avoir symbolisé le monde, il faut le faire vivre. C'est alors le domaine de la simulation.

Dans un premier temps, nous présenterons le lien qui réunit modélisation et simulation. Puis, nous tenterons de montrer la cohérence qui existe entre le réel et l'artificiel. Nous expliquerons ensuite comment et pourquoi des faits nouveaux peuvent émerger des simulations.

### 1. MODELISER ET SIMULER : CREER ET REVER

De nombreux outils d'observations ont été développés pour croquer le réel, cherchant à affiner la précision du tracé, la finesse de l'observation. Mais nous ne captions qu'une partie du réel. Comment appréhender la face cachée de la réalité ?

Modéliser, c'est renoncer volontairement à la totalité du réel. La modélisation reste le seul outil dont on dispose pour une approche globale. D'où son importance dans les études écologiques où une vision synthétique est souvent très difficile. La modélisation est ainsi une aide à la conceptualisation. C'est un acte de création, nécessitant connaissances du sujet, symbolisation et synthèse. On crée un monde artificiel, simplifié par rapport au monde réel. Cette opération d'abstraction consiste ici à proposer une simplification systématique du comportement pour ne garder que ce qui est fondamental pour le fonctionnement du système écologique.

Après l'étape théorique et statique de la modélisation, vient l'étape dynamique de la simulation. La simulation consiste en la mise en oeuvre du modèle ; elle lui est donc étroitement liée. La simulation donne vie au modèle. L'artificiel s'anime et on peut le maltraiter pour étudier ses possibilités, ses défaillances et éventuellement découvrir de nouvelles trajectoires comportementales. L'ensemble des états atteignables par le modèle est appelé « espace des phases ». La simulation étudie les propriétés de cet espace pour modifier le modèle jusqu'à sa validation. La simulation est une navigation dans l'imaginaire.

### 2. MODELISATION, SIMULATION ET VALIDATION : LIAISON ENTRE LE REEL ET L'ARTIFICIEL

La cohérence interne d'un modèle s'étudie par la simulation. En évoluant librement au cours de simulations, un modèle fait circuler les concepts. Dans l'ensemble des concepts issus de l'imaginaire des simulations, seuls certains auront une réalité. Cet ensemble « fou » est nécessaire. Cependant, le modélisateur doit fixer la distance autorisée entre le réel et l'artificiel. La validation externe d'un modèle se fera en rapport avec cette distance. Confronté aux données expérimentales naturelles, le modèle sera jugé. La simulation est un outil expérimental. Elle existe pour poser des questions plus que pour en résoudre. Il s'agit par exemple de réaliser des expériences irréalisables pratiquement, ou de modifier l'évolution temporelle pour

ne plus dépendre de la variable temps. Dans notre domaine, celui des océans, on connaît la difficulté des expérimentations sur des pas de temps et d'espace très grands, dans des milieux souvent difficiles d'accès. Avoir une vision synthétique d'un phénomène océanologique est ardu. Les satellites nous permettent déjà de créer des images à grande échelle. Ils représentent un des outils développés par l'homme pour capter le réel. Il nous reste à observer les fameuses zones d'ombre de la réalité, ce qui est possible grâce aux simulations. La validation peut se résumer comme un rapprochement entre l'imaginaire et le concret, pour mieux rêver. On maîtrise rarement l'évolution d'une simulation. Dans le cas de certains modèles stochastiques, on ne peut décrire leur évolution que statistiquement, sur la base d'un grand nombre d'expériences simulées. Ce grand nombre n'est possible que par la simulation. Certaines expériences sont trop difficiles ou trop coûteuses pour les recommencer plusieurs fois.

Ce rapprochement réel/artificiel est en réalité constant, puisque nous construisons sans cesse des modèles. Une validation au sens propre du terme ne sera jamais sûre à 100 %, sinon cela veut dire que nous n'avons pas créé un modèle, mais simplement reproduit entièrement la réalité. Or, le but du modèle est de simplifier pour avoir une nouvelle vision du monde. L'intérêt est de construire un monde artificiel, issu de la pensée de l'homme, pour observer la réalité avec un nouveau regard. Alors où trouvons-nous la liaison entre le réel et l'artificiel ? Tout d'abord, l'artificiel existe grâce au réel. Les bases d'un modèle ne sont jamais entièrement issues de l'imaginaire ; elles naissent dans les connaissances du modélisateur. Le retour de l'artificiel vers le réel est bien sûr moins évident. Il l'est si le modélisateur accepte qu'un modèle doit avant tout poser des questions plutôt qu'apporter des réponses. Si un modélisateur se pose des questions, il simule son problème à l'aide d'un modèle. Il peut ainsi observer le fonctionnement global de son système soumis aux hypothèses qu'il se donne. En étudiant les réponses du modèle, il met en forme les questions qu'il doit se poser pour observer son milieu naturel. Rappelons que le modèle est une aide à la conceptualisation, mais seuls les fameuses « vérité terrain » fourniront les vérifications nécessaires à telle ou telle hypothèse. Les simulations sont là pour créer des images de la réalité. A l'homme de terrain de savoir comment observer.

Revenons un instant à la distance que doit se fixer le modélisateur. Juger l'écart qui existe entre le réel et l'artificiel restera toujours subjectif. L'adéquation 1:1 usitée auparavant ne peut plus avoir lieu. On sait qu'il ne faut pas chercher à retrouver quantitativement les résultats des expériences ou observations réelles. Ce n'est absolument pas le but des modèles et des simulations. Par contre, on sait maintenant qu'il faut trouver dans les données réelles des trajectoires comportementales, qualitatives, qui caractérisent le phénomène étudié. On définit ainsi des ensembles de phases aux caractéristiques générales communes.

### 3. EMERGENCE DE FAITS NOUVEAUX

Quelle originalité peuvent apporter les simulations ? Tout repose sur l'hypothèse que de nombreux chercheurs n'hésitent plus à affirmer : la répétition (l'itération) du simple et de l'élémentaire engendre la surprise et la différence. Des interactions entre de nombreux acteurs au comportement simple et élémentaire permettent d'engendrer des fonctions émergentes de groupes complexes et non prévisibles. Argumentons cette idée par les travaux de Niels JERNE sur le système immunitaire. Ce système naturel apparaît si complexe dans ses phénomènes qu'il est impossible de le résoudre par une approche analytique classique. Seuls des algorithmes itératifs, où les comportements simples principaux sont utilisés, autorisent une étude de ces systèmes. Beaucoup de phénomènes naturels résultent de l'application indéfiniment répétée de lois pouvant être simples sans préjuger de la complexité des résultats.

La simulation trouve dans ce concept toute sa puissance. Bien sûr, sans les progrès des sciences de l'informatique, ces simulations n'auraient pas été possibles. Il faut savoir que cette idée d'émergence envahit peu à peu beaucoup de disciplines. Ainsi, les chercheurs en vie artificielle (éthologues + informaticiens) ont redécouvert ce phénomène, d'un point de vue naturel et d'un point de vue artificiel. Les éthologues ont fourni des preuves issues du monde animal que de nombreux individus au comportement très simple formaient des sociétés exhibant des comportements de groupes complexes, surprenants et qualifiés d'intelligents. Les informaticiens ont exploité ces résultats pour créer des robots pour réaliser des tâches compliquées. Plutôt que de fabriquer un seul robot capable de toutes les actions nécessaires, au fonctionnement très compliqué, ils peuvent fabriquer plusieurs robots simples qui réaliseront le même travail. Ce sont les fameuses fonctions émergentes qui le permettent. Les robots sont des simulateurs de la réalité, efficaces grâce à cette faculté de travailler ensemble et de répéter plusieurs fois une même action.

La simulation contient une forme de validation spéciale. En effet, un simulateur prouvera le mouvement en marchant, pas forcément en étudiant les moindres détails mécaniques qui autorisent la marche. Le mécanisme de mouvement créé par le simulateur devient une hypothèse du mécanisme de la marche qu'il convient d'aller vérifier. Mais l'approche est alors globale, elle n'est pas analytique.

Pour conclure, l'émergence de faits nouveaux peut créer des idées nouvelles qui sont destinées à :

- périr ;
- renforcer des idées précédentes en tombant dans un bassin d'attraction existant ;
- créer de nouveaux bassins d'attraction.

#### 4. CONCLUSION

Avec ce type de modélisation et les simulations, on ne cherche plus la reproduction exacte du réel, mais plutôt les conditions de sa production. Modéliser et simuler, c'est définir un ensemble de lois simples nécessaires à l'établissement et au fonctionnement d'un micro-univers qui jouira après sa conception d'une sorte d'autonomie et de liberté de comportement. On assiste à une évolution auto-organisée dont on ne contrôle plus le déroulement ; on autorise alors l'émergence de nouveaux concepts.

#### 5. OUVRAGES CONSULTÉS

ANONYME, (1990).- Compte rendu de comité directeur du Laboratoire d'Informatique Appliquée. ORSTOM, 32 p.

QUEAU P., (1986).- Eloge de la simulation. De la vie des langages à la synthèse des images. Coll. Milieux. Eds Champ Vallon. 257 p.



Institut français de recherche scientifique  
pour le développement en coopération

**Centre  
de  
Montpellier**

**ACTION INCITATIVE  
COMPORTEMENT AGRÉGATIF  
(AICA)**

COMPTE RENDU DE RÉUNION (25-26 JUIN 1992)

Jean-Michel STRETTA  
*Rapporteur*

ACTION INCITATIVE  
COMPORTEMENT AGRÉGATIF  
(AICA)

Jean-Michel STRETTA  
*Rapporteur*

Centre ORSTOM BP 5045  
34032 MONTPELLIER-CEDEX 1 FRANCE  
e-mail (EARN-BITNET) : [stretta@orstom.orstom.fr](mailto:stretta@orstom.orstom.fr)

Les opinions exprimées dans ce document  
n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs

## SOMMAIRE

- Présentation
- Compte rendu des débats
- Ordre du jour
- Liste des participants
- Exposés introductifs
- Recherche bibliographique sur ASFA (1982-1991)