

Limites et difficultés des modèles sociaux à base d'agents

Introduction à la séance Emergence Paris du 06.09.2010 sur Simulations (AM / GL)
et *suite* à la séance sur la Géographie du 12 avril (Arnaud Banos)



Préférez-vous être approximativement exact ou précisément faux ?

Références :

Discussions avec A. Makarovitsch et G. Lopicard

Livres : J. Epstein ; J. Miller & S. Rose

Wikipedia

Plan

1. Simulation à base d'agents (ABM)

(ABM, AC)

2. Exemples

(Liste et détails Civilisation Anasazi)

3. Les diverses approches scientifiques

(Inductive, déductive, générative)

4. Difficultés et limites des ABM en sciences sociales

(Agents, règles d'interaction)

(Simples ? Prédicibles ? Etc.)

5. A retenir...

6. Annexes



⇒ Pablo Picasso : ***“L’art est un mensonge qui nous aide à voir la réalité”***

Le modèle ABM est une astuce qui nous aide à comprendre la réalité.

1. Simulation à base d'agents (ABM)

➤ Définition de la simulation basée sur des agents

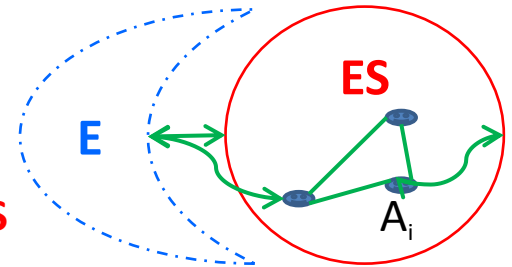
- Méthode **itérative** ; calcule l'état d'un système à un instant en **fonction de l'ensemble de son état à l'instant précédent**

- Le modèle sous-jacent comporte

De nombreux **agents** + un environnement **Des règles**

d'interaction entre agents **A**, des agents avec

l'environnement **E** et avec les phénomènes émergents **ES**

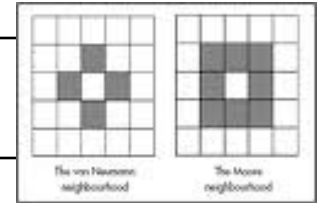


➤ Caractéristiques des simulations multi-agents

- **Hétérogénéité** : agents de types différents à diverses échelles
- **Autonomie** : Pas de contrôle central (top-down) ;
comportement individuel de l'agent fonction de son vécu et de son environnement
- **Espace** (monde) : un paysage, une grille, un réseau complexe...

⇒ **Consiste à définir les règles** d'interaction, **observer les phénomènes émergents**

Simulation à base d'agents (suite)



- **Cas des automates cellulaires (AC)** : Modèle puissant mais simplifié d'interactions induisant un comportement auto-organisé complexe
 - Sur une **grille régulière de cellules** chacune pouvant prendre un **nombre fini d'états** (ex. 0 ou 1; dominé, dominant, neutre)
 - A partir d'un état initial ($t=0$) défini par l'état de chaque cellule, une nouvelle génération est créée à ($t+1$) en fonction d'un ensemble de règles → nouvel état des cellules
 - Ex. la cellule = « 1 » à la génération suivante si deux des cellules voisines sont actuellement à « 1 », autrement la cellule est = « 0 »
 - Généralement, les règles sont **fixes, les mêmes** pour toutes cellules, appliquées à toute la grille **simultanément**

<i>ABM (déclaration d'agents)</i>	<i>AC (grille)</i>	
• Interactions variables et hors voisinage	• Facilité, rapidité	
• Agents plus sophistiqués	• Adapté à la diffusion	
Les 2 peuvent être mixés	• Economie de ressources	

2. Exemples de Simulation ABM et AC

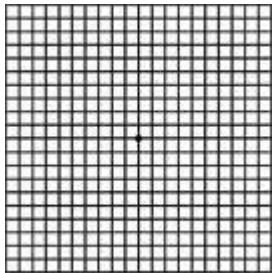
Auteurs	Modèles	Objectifs/ Contenu
Sociologie		
MIT	Beer Game	Non-linéarité dans un système de distribution
W.B. Arthur	El Farol Bar Model	Optimisation collective, sans concertation
Th Schelling	Segregation	Emergence d'un phénomène social
R. Axelrod	Dilemme du prisonnier	Coopération / Trahison
	Dissemination	Diffusion de la culture : consensus et mécanismes
J. Epstein	Sugarspace	Impact d'une ressource sur le comportement de personnes
	Cyber-Anasazi	Evolution d'une civilisation primitive
Ricker (W.E.)	Prédation	Evolution de populations
J Holland	Echo	Complex Adaptive Systems (CAS)
Auteurs	Modèles	Objectifs/ Contenu
Autres		
E Bonabeau,	Fourmilière	Trouver les processus des insectes en colonie
R Dawkins	The Blind Watchmaker	Création de formes du vivant
M. A. O'Neill	Daisy	Taxonomie des espèces
C. Reynolds	Boids	Trois règles locales simples ⇒ envolée oiseaux...
J. Conway	Jeu de la vie	Règles simples ⇒ structures complexes et évolutives
H Drossel	Feux de forêt	Mesures préventives pour éviter les incendies

Exemple détaillé : Simulation Anasazi

- Simuler l'habitat des Anasazi entre **400 / 1450 AD** en « Long House Valley » (Arizona du Nord)
 - Bien **documenté** par les archéologues sur une longue période
 - Culture du **maïs** importante depuis **500 B.C.**
 - Technologie simple mais pratiques religieuse, politique et sociale complexes



⇒ **Pourquoi ont-ils disparu complètement vers 1350 ?**



- **Environnement de simulation**
 - Grille de **80 x 120** cellules, chacune = **1 hectare** → 9600 hectares
 - **Potentiel en maïs** changeant chaque année selon données historiques
Potentiel = F(attributs environnementaux, état des dunes, qualité du sol par zone)

Simulation Anasazi (suite)

- **Agents et règles**

- 1 ménage (5 personnes) a **1 site résidentiel partageable** et 1 **site personnel agricole**
- Deux événements déclenchent le **déplacement d'un ménage** :
 - (1) Il ne peut plus **subvenir** à ses besoins et va dans un nouvel emplacement
 - (2) Un ménage éclate après **> 17 ans** car une fille devient **mariable** → **Probabilité d'éclatement** chaque année (**1 paramètre d'ajustement**)
- Un ménage expire à un « **âge de mort** » (**2° paramètre d'ajustement**)
- **Attributs** des ménages (agent)
 - Maïs = substitut pour toute nourriture ; consommation **160 kg /pers. /an**
 - 1 ménage peut **stocker 2 années** de ses besoins en maïs
 - Potentiel en **maïs en Kg /hectare /an** = F (tables « eau » et « cycles érosion / dépôt » et modèles de précipitation / zone)

A retenir sur ABM / AC

- ⇒ **Focalisent sur les processus, mécanismes et comportements fabriquant le social**
- ⇒ **Pluridisciplinarité** : modélisation, ethnologie, géomorphologie, palynologie, dendroclimatologie...

Simulation Anasazi (suite)

- **Règles des mouvements :**

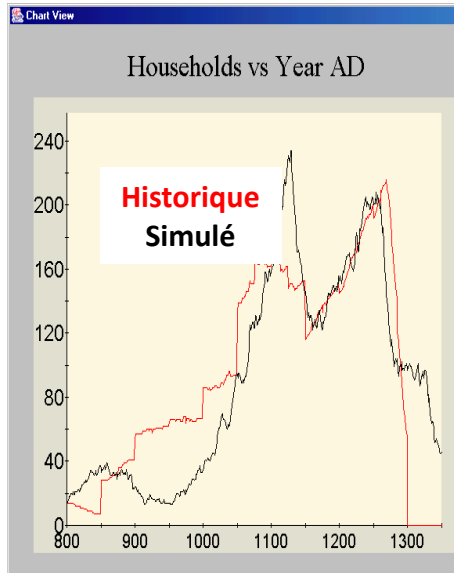
- Si estimation de la production de l'année plus le stock insuffisants, le ménage **déménage** vers une terre pouvant produire 160 kg / pers. / an ou **quitte la vallée**
- Deux décisions :
 - Sélectionner des** sites agricoles avec un critère de « **suffisance** »,
 - Choisir un** site résidentiel par un critère de **maximisation** à < 1600 m du champ
- Quatre règles de mouvement → **4 différents types** de ménages

A retenir sur ABM / AC

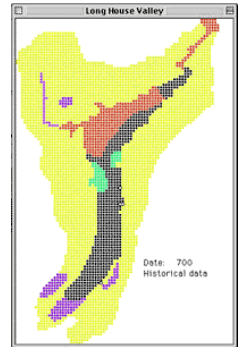
- ⇒ Ne fonctionne pas sur **agrégats** et « moyenne » comme le calcul
- ⇒ Oblige à expliciter les **causes premières** d'un phénomène, **pas d'équations abstraites**
- ⇒ **Variété des agents** par leurs règles de décision, mais aucun n'a une information globale
- ⇒ Pas d'**état d'équilibre à priori** et possibilité de **jugements limités**
- ⇒ **Tous les modèles sont des simplifications**



Simulation Anasazi : Résultats



- Les règles d'interaction **génèrent** très bien la réalité
 - Bon ajustement en **forme** (cartes) et **quantité** sur les populations mais dans la simulation, **disparition incomplète**
- Invite à **revoir les théories**
 - Echange de nourriture ?
 - Fuite des survivants ? Attaques de l'extérieur ?
 - Impact de paramètres culturels + débats ?
- Question sur les paramètres d'ajustement :
 - Significatif ou forcés pour trouver le résultat ?
- L'équation algébrique équivalente peut, dans ce cas, donner de bons résultats quantitatifs mais sans expliciter les règles sociales

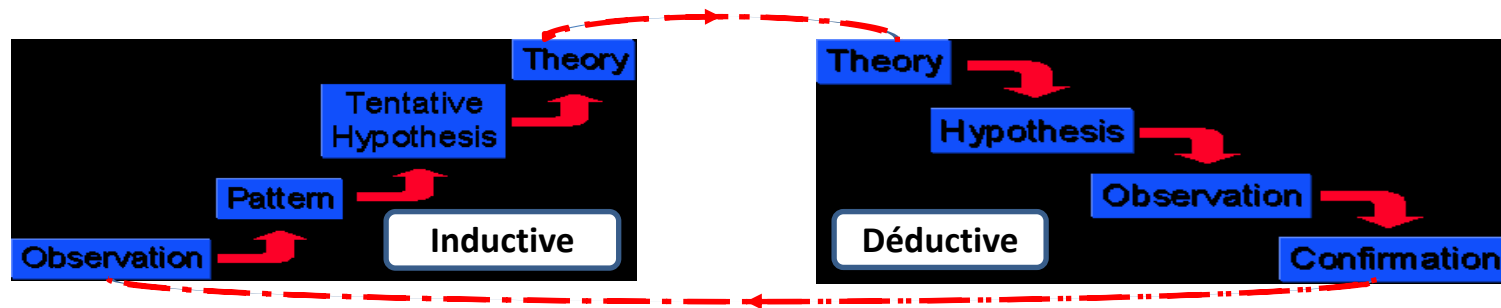


A retenir sur ABM / AC

- ⇒ **ABM, intermédiaire entre** méthode **qualitatives (peu formelles)** et méthodes **quantitatives (éloignées de la réalité)**
- ⇒ **Comme dans un labo, on peut tester des hypothèses diverses** : explorer l'espace des paramètres et celui des hypothèses sur les règles

3. Les diverses approches scientifiques

- 1) Approche inductive : On commence par des **observations** pour **aboutir** à une théorie
- 2) Approche déductive : On commence par une **théorie** que l'on **confirme** par des observations



On peut réunir ces 2 schémas : de la théorie à l'observation, de l'observation à la théorie

⇒ **Les recherches sont, à des instants différents, déductives et inductives**

- 3) Approche générative (beaucoup grâce à l'informatique) :

- **L'on génère déductivement** des données par un ensemble de règles rigoureusement spécifiées
- On les **analyse inductivement** pour découvrir des lois ad hoc ou générales

⇒ **Générative intermédiaire entre expérimentation et approche théorique**

4. Difficultés de la simulation ABM en sciences sociales

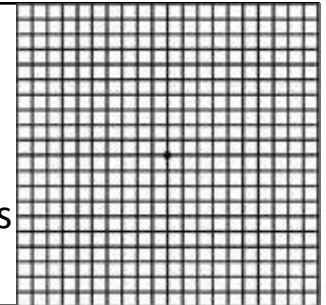
1) Sophistication des agents

- ✓ Mémoire, Nombre d'agents ↗, charge calcul ↗
- ✓ Distribution probabiliste des caractéristiques
- ✓ **Niveau cognitif et variété des agents ↗, difficulté ↗ ↗ ↗**



2) Géographie des interactions

- ✓ Grille (effets de bord) / En réseau / Organisée par le programmeur
- ✓ **Interactions** : Globales (tous les agents entre eux)
Locales (uniquement avec voisins) Locales + quelques interactions distantes
Ex. [small-world networks](#)



3) Sophistication des règles

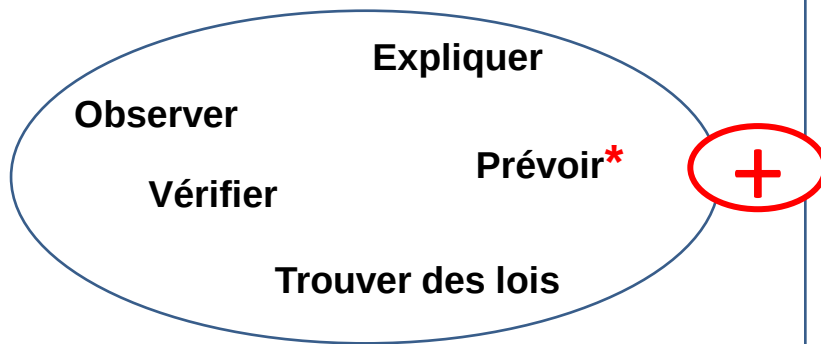
- ✓ Décision liée au hasard
- ✓ Interaction avec l'environnement et adaptation
- ✓ **Historique de l'évolution** (Vécu, apprentissage)

Comportement des agents

- ✓ Décisions : Rationalité limitée / Imitation et Contagion
- ✓ Coopération / Compétition / **Altruisme/ Réciprocité / Egoïsme**

Limites des ABM (suite)

4) Objectifs



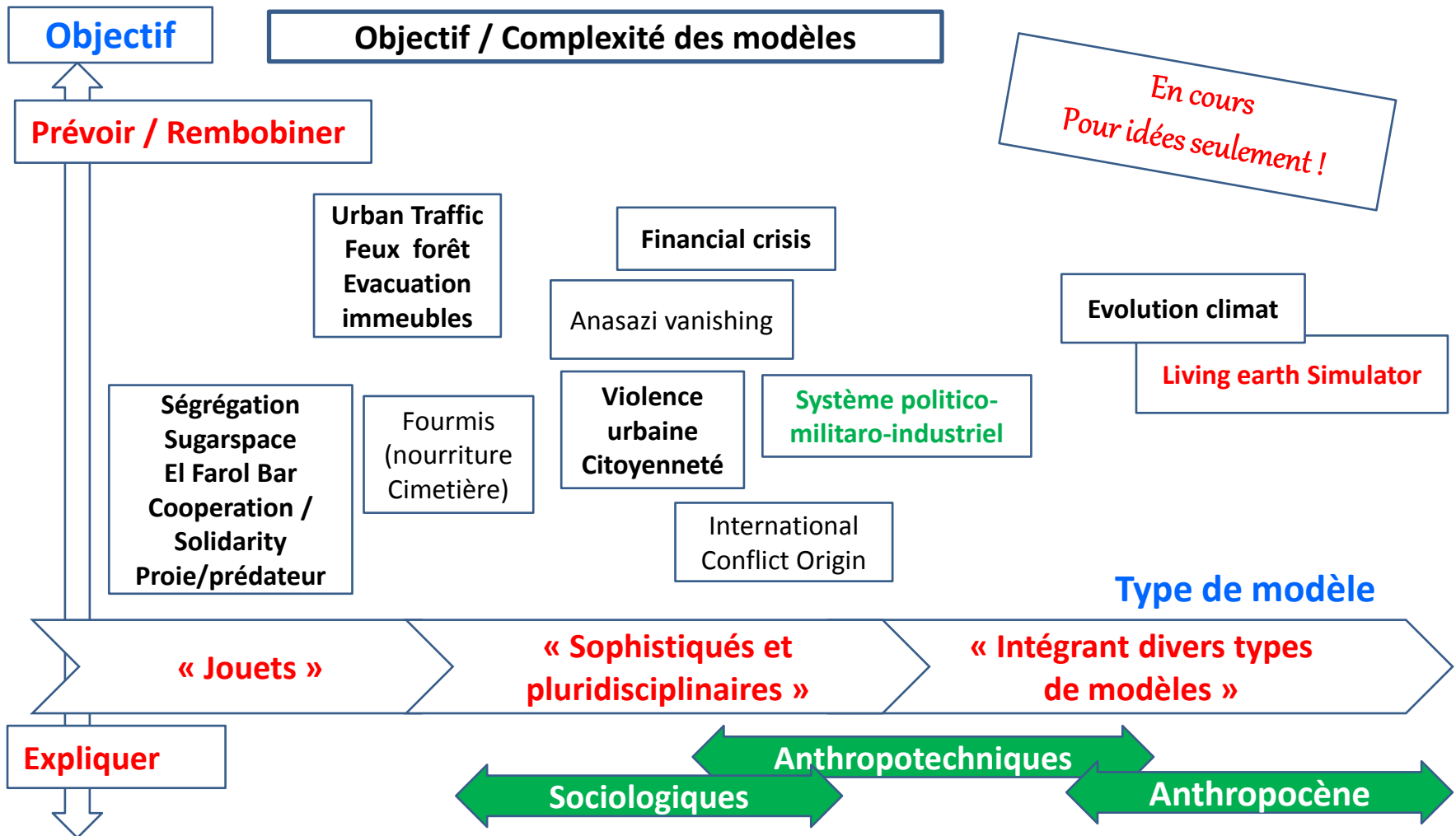
Objectifs supplémentaires

- ✓ Formaliser et discipliner les débats
- ✓ Trouver des idées : *Hypothèses / Collecte de données / Analogies / Compromis*
- ✓ Générer des données (data farming)
- ✓ Tester la robustesse de théories existantes ou d'idées répandues
- ✓ Mettre en évidence la dynamique du système

* Un modèle est souvent **explicatif**. Ex. Expliquer les tremblements de terre sans les prévoir !
La **prédiction** peut être **certaine** ou **probabiliste** ou par **pattern**, par **bassin d'attraction**

- ⇒ Expliquer un phénomène macroscopique = le générer **en un temps raisonnable**
- ⇒ Il y a toujours une expression algébrique unique récurrente équivalente à un ABM mais elle est **souvent impraticable** car ensemble d'équations à grand nombre de dimension

Limites des ABM (suite)



5. Six idées à retenir...

I. Trois approches scientifiques :

- **Déduction**, **induction** + maintenant **génération** bottom up (ABM et AC)
- ABM et AC, **laboratoire** commode pour tester des hypothèses



Analyse empirique des échanges de douze pays de l'OCDE

$$p_{\text{import}} = \frac{M_{ij}}{\sum_{i,j} M_{ij}}, p_{\text{export}} = \frac{P_{ij}}{\prod_{i,j} (r_{ij}^{1-\alpha_{ij}})}$$

$$r_{\text{import}} = \frac{P_{ij}}{\prod_{i,j} (r_{ij}^{1-\alpha_{ij}})}$$

$$p_{\text{import}} = \frac{M_{ij}}{\prod_{i,j} (r_{ij}^{1-\alpha_{ij}})} \text{ et } r_{\text{import}} = \frac{P_{ij}}{\prod_{i,j} (r_{ij}^{1-\alpha_{ij}})}$$

II. Hypothèses des **autres modèles contestables**

- Equations sur agrégats et moyennes : **très abstraites et loin de la réalité**
- Hypothèses : **équilibre, information complète et capacité de calcul illimitées**

III. ABM et AC sont **puissants**

- Pour des systèmes **constitués d'agents hétérogènes**, autonomes, cognitifs à jugement limité et **interagissant** entre eux, avec l'environnement et le système
- Règles et agents : de simples à sophistiqués
- Objectifs : **explication**, test d'hypothèses, **prédiction**, action...
- Systèmes ayant entre '**> 2**' et '**grand nombre d'agents**' étudiables depuis qu'existe des modèles multi-agents

Six idées à retenir ... (suite)

IV. En **sociologie**, simulation efficace difficile car agents **cognitifs et différents**

- Faire aussi **simple** que raisonnable début, puis évoluer
- Choisir des résultats **testables** grâce à des mesures accessibles
- Faire des compromis pour économiser le **temps** et les **ressources**
- **Modélisation = un “art” et une science**

V. **Evolutions possibles des ABM**

- Intégration de modèles de types différents
- **Outils** : exploration de l'ensemble des paramètres et des règles de représentation des résultats
- **Agents** :
 - Les situer explicitement dans des réseaux complexes qui les influencent
 - Traiter des agents **+ cognitifs** en formalisant les comportements

VI. **Les agents**

- N'ont **pas de plan** ou de vision globale
- Sont **autonomes** mais **pas indépendants**
- **Souvent, pas de plan et pas de commande centralisé**



7. Annexes

- 1. Table des règles pour un AC**
- 2. Résumé sur ABM de Joshua M. Epstein**
- 3. Phases d'un projet de simulation**
- 4. Difficultés de la simulation ABM en sciences sociales**
- 5. Classification des AC**
- 6. Axes d'Extension possibles des ABM**
- 7. Complexity and modeling**
- 8. ABM's interest is in between**
- 9. Difficultés selon les phases du projet « Violence »**
- 10. NetLogo**
- 11. Artificial Neural network**
- 12. Markov chain**

A.1. Table des règles pour un AC

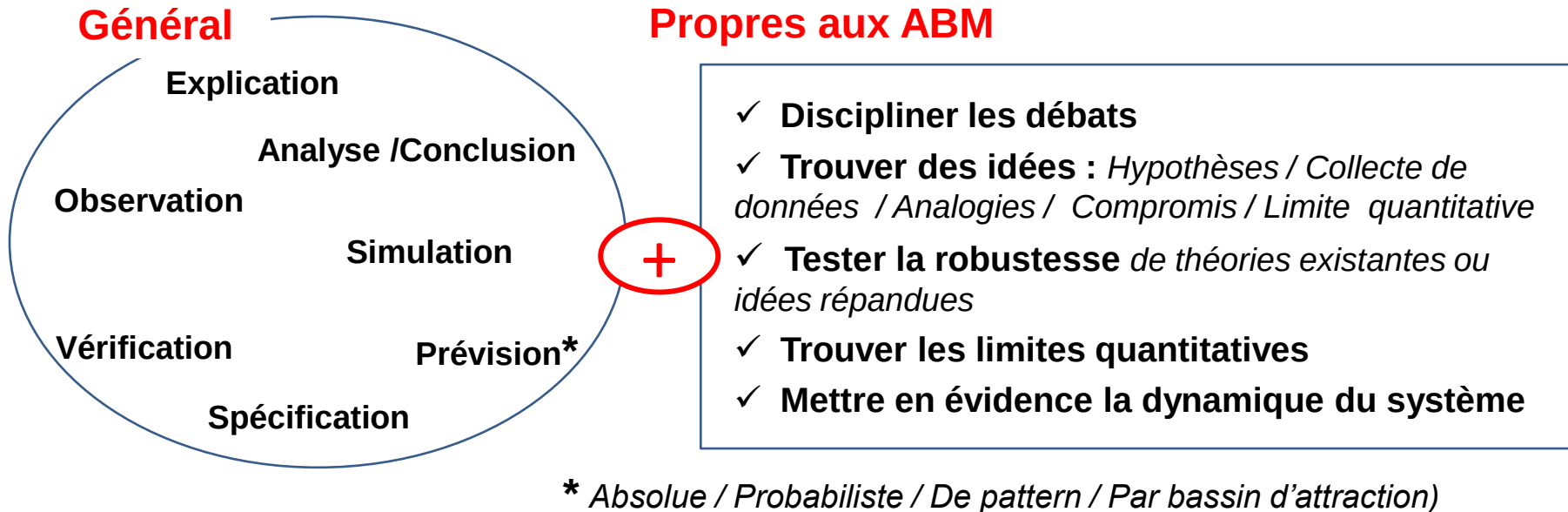
Agents et règles génératrices	% t=0	Règles			Etat t+1	Justifications	
		#	Nb de voisins	Voisins	Agents	Psychologique	Sociologique
Jeune Violent à t (ou dealer) / V	v%	1	6	A / B	N		
		2	3	C			
			& 2	A / B			
		3	2	A / C			
			& 3	N			
Jeune Neutre à t / N	n%	4	< 2	A / B / C	V		
			& > 2	V / M			

* Inspiré d'Alex Makarovitsch

- Briefly, in agent-based computational models, a population of data structures representing individuals agents is instantiated and permitted to interact.
- One then looks for systematic regularities – often at the macro level – to emerge from the local interactions of the agents. The shorthand for this is that macroscopic regularities “grow” from the bottom up.
- No equations governing the overall social structure are stipulated in multiagent computational models, thus avoiding any aggregation or misspecification bias. Typically, the only equations present are those used by individual agents for decision making.
- Different agents may have different decision rules and different information; usually, no agents have global information, and the behavioral rules involve boundedly rational behavior, nonequilibrium dynamics, and spatial processes.
- A particularly natural way to implement agent-based models is through “object-oriented” programming.

A.3. Phases d'un projet de simulation

1) Définir le niveau d'étude



2) Critiquer l'objectif

1. L'objectif est-il bien défini ?
2. Quelles hypothèses veut-on vérifier ?
3. Le choix des études sociologiques existantes est-il satisfaisant ?

2) Spécifier le modèle

1. Les agents ont-ils tous le même rôle ? Doit-on diviser les agents en types avec un rôle différent ?
2. Quelles règles d'interaction (cognitives and émotionnelles) pour chaque type d'agent ?
3. Quels jeux de règles alternatives doit-on explorer ?
4. Le modèle est-il simplifiable : types d'agents, règles ?
5. Quelles mesures pourront traduire l'objectif ? **Les données correspondantes pour comparaison existent-elles ?**
6. Y a-t-ils des modèles existant présentant des analogies avec le sujet traité ?
7. Le modèle peut-il grandir si besoin est ?

“Everything should be made as simple as possible, but not simpler” A. Einstein

3) Analyser le problème

1. Quels paramètres doit-on explorer ? Dans quelles plages ? Quels packages de paramètres considérer ?
2. Les résultats sont-ils intuitifs ou contre-intuitifs ?
3. Quelles représentations décrivent le mieux les résultats ?

4) Tester le modèle

1. Quels éléments de réalité choisir afin que le test soit **significatif** ?
2. Les micro spécifications suffisent-elles à générer le phénomène observé ?
 - ✓ Si non, les micro spécifications ne sont pas un candidat pour une explication
 - ✓ Si oui, elles ne sont qu'un candidat.
3. Pourra t'on (et comment) « **falsifier** » le modèle ? Robustesse ?
4. Les paramètres utilisés pour « ajuster » le modèle à des éléments de réalité sont-ils pertinents ou un **artifice pour forcer** la validité du modèle ?
5. Which (many) runs involving altered initial conditions, parameters, and random number generators must be performed to assess the model robustness?

5) Réfléchir aux extensions de l'étude

1. Quelles spécifications (agents, règles, environnement) pourraient être augmentées ou ajoutées ?
2. **Quelles nouvelles idées** / théories / hypothèses seraient à explorer ? / Quelles nouvelles données devraient être collectées ?

A4. Difficultés de la simulation ABM en sciences sociales

7. Annexes

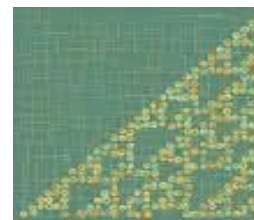
1) Sophistication des agents

- ✓ Mémoire (nombre de coups et contenu) ↗, charge calcul ↗
- ✓ Nombre d'agents ↗, temps de calcul ↗ ↗
- ✓ Niveau cognitif et variété des agents ↗, difficulté ↗ ↗ ↗

+ ou - Cognitifs	Très cognitifs						
	Cognitifs					Humain	Agent logiciel
	Peu cognitifs				Mammifère		
	Faiblement cognitifs			Fourmi			
	Règles variables		Molécule				
	Règles constantes	Electron, photon					
↑ Agents →		Identiques	Types limités	Quasi-identiques	Différents	Très différents	Extrêmement différents
		Variété des types d'agents					

A.5. Classification des AC de Stephen Wolfram (1983)

- Stephen Wolfram a étudié de façon exhaustive les 256 cas possibles d'automates cellulaires à **1 dimension et 2 états** à partir de configurations initiales aléatoires
 - **Classe I** : presque toute configuration initiale conduit à un état homogène. Il est impossible de construire des motifs stables périodiques.
 - **Classe II** : des structures stables ou périodiques émergent, mais rien de plus.
 - **Classe III** : comportement chaotique avec des motifs apériodiques. À long terme les fréquences d'apparition des différents motifs se stabilisent.
 - **Classe IV** : émergence de structures complexes capables de se propager (Ex Jeu de la Vie)



Il existe de nombreuses façon d'étendre le champ d'étude

- **Augmentation du nombre de dimensions de l'espace**
- **Augmentation du nombre d'états**
- **Application à des réseaux irréguliers** (graphes aléatoires ou réseaux sociaux)
- **Application à des états continus**
- **Introduction de bruit** (variables aléatoires) **dans les règles**, ceci change légèrement les règles

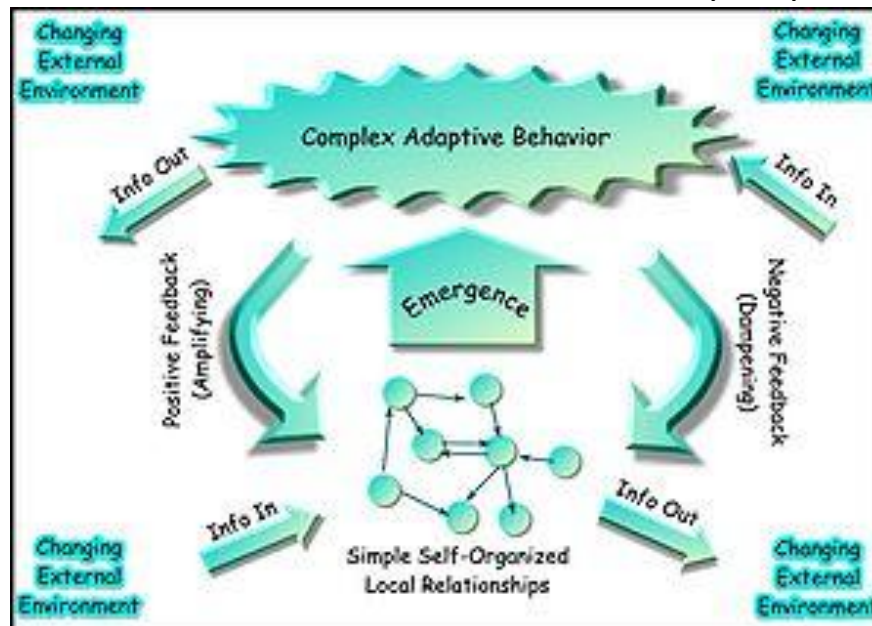
Observations

- Plus la dimension de l'espace et/ou le nombre de relations en jeu sont grands et plus des oscillations collectives apparaissent. Celles-ci sont très robustes.
- Si au lieu d'appliquer les règles strictes, on fait varier légèrement les règles de façon aléatoire, les oscillations persistent.
- C'est également le cas si au lieu d'avoir un système régulier, on utilise un réseau où les liens sont variés.

- **Règles appliquées synchroniquement ou non**
 - Pour les automates cellulaires à traitement parallèle, l'état de toutes les cellules est mis à jour à chaque tour.
 - Pour les automates cellulaires à traitement série, seul l'état d'une ou plusieurs cellules est mis à jour
- Autre
 - en utilisant des probabilités pour l'état d'une cellule à la génération suivante
 - en modifiant le voisinage au cours du temps
- **Automates continus**
 - fonctionnent sur le même principe que les automates cellulaires
 - mais utilisent des grilles ou des états continus (le plus souvent entre 0 et 1)
 - De tels automates peuvent simuler par exemple la diffusion d'un liquide.

A.7. Complexity and modeling

- One of **Hayek's** main contributions to early complexity theory is his distinction between the **human capacity to predict the behavior of simple systems and its capacity to predict the behavior of complex systems through modeling**.
 - He believed that economics and the sciences of complex phenomena including biology, psychology..., could not be modeled after the sciences that deal with essentially simple phenomena like physics
 - Phenomena, through modeling, can only allow pattern predictions, compared with the precise predictions that can be made out of non-complex phenomena.



A.8. ABM's interest is in between... (John Miller and Scott Page)

In between...	Few to many agents Vs 1 or 2 for Calculus and large number for statistics
	Control and Anarchy
	Stasis and Chaos
	Continuous and discrete
	Many and little details
	Extremely brilliant and extremely stupid agents
	Metaphor and abstract mathematics
	Qualitative studies and computation
	Theory and experimentation
	Many disciplines

A.9. Difficultés selon les phases du projet « Violence »

	<i>Remarques</i>	<i>Difficultés / limites</i>
<i>Spécifier le modèle</i>	Double compétence (domaine et simulation)	Très difficile Itératif
<i>Chercher des données</i>	Condition sine qua non pour tester la valeur du modèle	Si non faire une enquête
<i>Programmer le modèle</i>	Java et C++ Pas de logiciels très évolués	Exige expertise
<i>Mettre au point le modèle</i>	Soit être progressive, partir du simple	De simple à très compliqué
<i>Simuler sur ordinateur</i>	Puissance de calcul de portable à super calculateur	Souvent loin de la limite
<i>Représenter</i>	Existence de logiciels très évolués	Très difficile si plus de 2 variables
<i>Interpréter</i>	Double compétence	Connaissance du domaine

- **3 regional associations**

- Since 2003, The European Social Simulation Association ([ESSA](#)) promote the development of social simulation research, education and application in Europe.
- American equivalent, [NAACSOS](#)
- The Pacific Asian Association for Agent-based Approach in Economic & Social Complex Systems, [PAAA](#).

- **Other associations**

- **Since 1988, JASSS *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* interdisciplinary journal, Contribution of the Department of Sociology of the University of Surrey**
- **RNSC Réseau National des Systèmes Complexes**
- Complexity Digest
- *Automates Intelligents* (Jean-Pierre Baquiast)
- *Programme européen "Modélisation de la CompleXité" – MCX* (Jean-Louis Le Moigne)

- **Books**

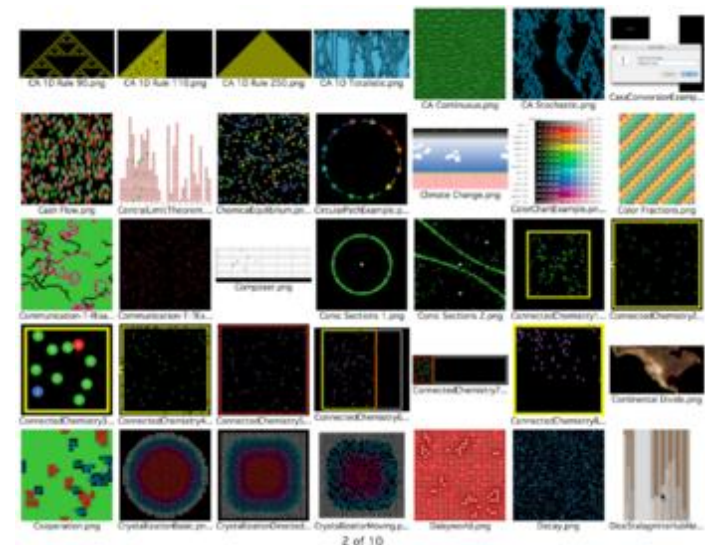
- ***Generative Social Science; Joshua M. Epstein; Princeton University 2006***
- *Complex Adaptive systems – An introduction to Computational Models of Social life; John H. Miller & Scott E. Page; Princeton Paperbacks 2007*
- *John Holland*
- *Mitchell*
- *Wolfram*

A.10. NetLogo

Wikipedia

NetLogo designed in the spirit of the [Logo programming language](#) to be "**low threshold and no ceiling**" (easy entry by novices and meet the needs of high powered users)

- The NetLogo environment enables exploration of [emergent phenomena](#). It comes with an extensive models library including models in a variety of natural and social domains such as [economics](#), [biology](#), [physics](#), [chemistry](#), [psychology](#), [system dynamics](#)
- Beyond exploration, NetLogo enables the quick and easy authoring of models.
- Well suited for modeling complex systems developing over time.
 - Modelers can give instructions to hundreds or thousands of independent "[agents](#)" operating concurrently.
 - This makes it possible to explore the connection between the micro-level behavior of individuals and the macro-level patterns that emerge from the interaction of many individuals.



Trois modèles quantitatifs utilisables

Trois modèles

<u>Analyse algébrique</u> <i>Newton, Einstein, Quantique</i> <i>1, 2 agents (différentiel)</i> <i>ou très grand nombre (statistiques)</i>	<u>Equations non-intégrables</u> <i>Météorologie, 3-Corps,</i> <i>Au moins trois agrégats</i>	<u>Simulation ABM</u> <i>Ségrégation, envolée d'oiseaux...</i> <i>En général, beaucoup d'agents</i> <i>mais pas un grand nombre</i>
---	--	---

Phénomènes étudiés

Linéaires / Courbes lisses	Non-Linéaires / Courbes rugueuses
Agrégats / Moyennes	Agents élémentaires / Diversité

Trois modèles quantitatifs utilisables (suite)

Trois modèles

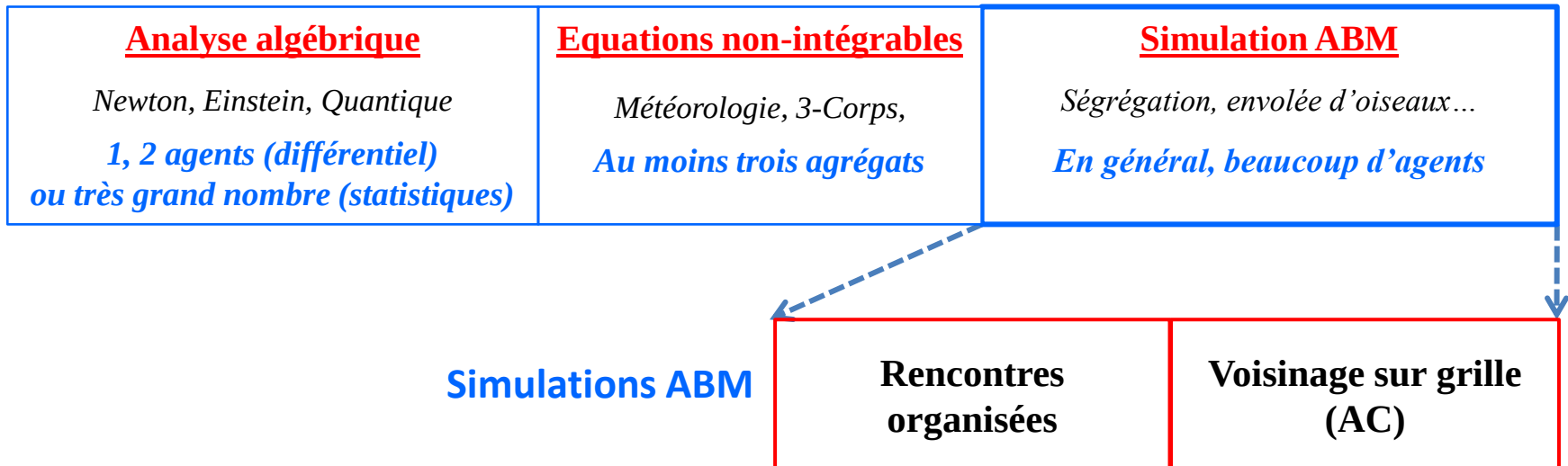
<u>Analyse algébrique</u>	<u>Equations non-intégrables</u>	<u>Simulation ABM</u>
<i>Newton, Einstein, Quantique</i> <i>1, 2 agents (différentiel)</i> <i>ou très grand nombre (statistiques)</i>	<i>Météorologie, 3-Corps,</i> <i>Au moins trois agrégats</i>	<i>Ségrégation, envolée d'oiseaux...</i> <i>En général, beaucoup d'agents</i> <i>mais pas un grand nombre</i>

Avantages et inconvénients

+ Courts-circuits du temps + Prédicibilité - Cas rares	- Nécessité de dérouler toutes les étapes
	+ Règles locales + proches du réel + Souplesse d'introduction de règles variées et évolutives

Trois modèles quantitatifs utilisables (suite)

Méthodes



A.11. Artificial Neural network

Wikipedia

- [Biological neural networks](#) : neurons connected or functionally related in the [peripheral](#) or the [central nervous system](#).
- [Artificial neural networks](#) are made up of interconnecting artificial neurons (programming constructs that mimic the properties of biological neurons).
 - Artificial neural networks may either be used to gain an understanding of biological neural networks, or for solving artificial intelligence problems without necessarily creating a model of a real biological system. The real, biological nervous system is highly complex and includes some features that may seem superfluous based on an understanding of artificial networks.
 - A neural network (NN), in the case of artificial neurons called artificial neural network (ANN) or simulated neural network (SNN), is an interconnected group of natural or [artificial neurons](#) that uses a [mathematical or computational model](#) for [information processing](#) based on a [connectionistic](#) approach to [computation](#). In most cases an ANN is an [adaptive system](#) that changes its structure based on external or internal information that flows through the network.
 - Neural networks are [non-linear statistical data modeling](#) or [decision making](#) tools. They can be used to model complex relationships between inputs and outputs or to [find patterns](#) in data.
- **Used to infer a function from observations and also to use it. Particularly useful in applications where the complexity of the data or task makes the design of such a function by hand impractical.**
 - [Function approximation](#), or [regression analysis](#), including [time series prediction](#) and modeling.
 - [Classification: pattern](#) and sequence recognition, novelty detection, sequential decision making.
 - [Data processing](#), including filtering, clustering, [blind signal separation](#) and compression.

A.12. Markov chain

Wikipedia

- A discrete [random process](#) with the [property that the next state depends only on the current state](#),
 - Heuristic: a frog jumping among several lily-pads, the frog's memory is short enough that it doesn't remember what lily-pad it was last on, so its next jump can only be influenced by where it is now.
- A Markov chain is a discrete [random process](#) with the [Markov property](#) that goes on forever.
 - A discrete random process means a system which is in a certain state at each "step" with the state changing randomly between steps. Steps is often time (e.g. the frog and lily-pad example), but they can refer to physical distance or any other discrete measurement; the steps are just the [integers](#) or [natural numbers](#), and the random process is a mapping of these to states.
 - The Markov property states that the [conditional probability distribution](#) for the system at the next step (and in fact at all future steps) given its current state depends only on the current state of the system, and not additionally on the state of the system at previous steps.
- An example using a directed graph <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/4/47/MarkovChain1.png>
 - Pictures the state transitions which represent whether the economy is in a bull market, a bear market, or a recession, during a given week
 - A bull week is followed by another bull week 90% of the time, a bear market 7.5% of the time, and a recession the other 2.5%. From this figure it is possible to calculate, for example, the long-term fraction of time during which the economy is in a recession, or on average how long it will take to go from a recession to a bull market.
- A [finite state machine](#) can be used as a representation of a Markov chain. Assuming a sequence of [independent and identically distributed](#) input signals (e.g.. symbols from a binary alphabet chosen by coin tosses), if the machine is in state y at time n , then the prob that it moves to state x at time $n + 1$ depends only on the current state.