



## L'émergence de « croyances sociales » dans un Système Multi-Agents (SMA)

Modéliser et interpréter l'émergence avec des SMA :  
réflexions préliminaires sur l'identification et la  
représentation des phénomènes émergents dans les sciences  
économiques sociales.


Denis Phan

CREM UMR CNRS 6211, Université de Rennes I

Projet ELICCIR - AC « Systèmes Complexes pour SHS »

Support de discussion pour le groupe de travail « Interactions » n GREQAM, 21 mars 2005

denis.phan@enst-bretagne.fr



## L'émergence de croyances sociales dans les systèmes multi-agents (SMA)

quelques pistes de réflexion sur la modélisation et l'interprétation des  
phénomènes émergents dans les sciences économiques sociales.

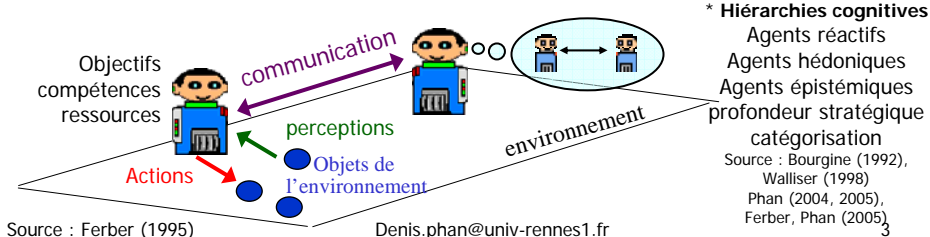
- Préalables:
  - Qu'est-ce qu'un « agent » et un SMA ? Quel est notre « point de vue »
- I - Quelle émergence ?
  - Deux exemples « paradigmatiques »  
(1 - ségrégation, 2 - émergence de classes dans un jeu de négociation)
  - Intermède : peut-on parler de croyances « collectives »
- II- Modéliser l'émergence dans les SMA: quel cadre conceptuel ?
  - (1) l'émergence comme *phénomène relatif à un observateur*
  - (2) l'émergence comme *réduction de complexité*
- Conclusion : agent cognitif en interactions: quels fondements pour les faits (économiques et) sociaux ?
  - La modélisation multi-agents de sociétés artificielles d'agents cognitifs amène à un retour sur les catégories fondamentales des sciences sociales

Les réflexions préliminaires présentées ici ont bénéficié de travaux en cours, en particulier avec Jacques Ferber et Jean Louis Dessalles . Je remercie ce dernier pour ses commentaires constructifs sur une version antérieure cette présentation. Néanmoins, j'assume seul la responsabilité des positions soutenues ici comme des imperfections ou omissions. Denis.phan@univ-rennes1.fr

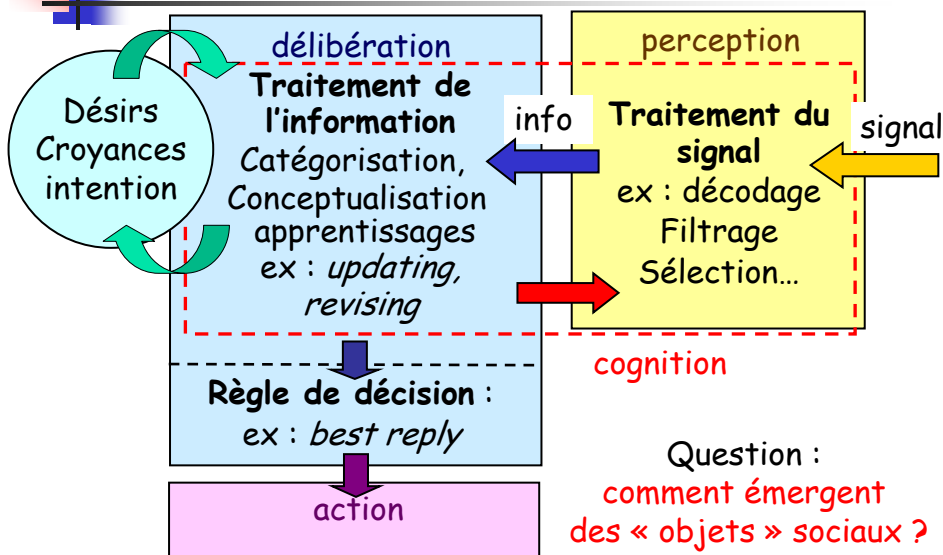
## Qu'est-ce qu'un agent et un système multi-agents ?



- Un système multi-agents comprend un environnement, un ensemble d'objets dont les agents, un ensemble de relations entre objets et/ou agents et un ensemble d'opérateurs associés à ces entités.
- Un « agent » est une entité logicielle relativement autonome pouvant percevoir de l'information sur son environnement, communiquer et agir.
  - Les « actions » d'un agent peuvent être motivées par des *objectifs*, conditionnées par des *ressources*, des *compétences* et *l'information disponible*
  - Un agent « *cognitif* » peut être doté de *capacités de représentation* variables selon sa position dans la hiérarchie cognitive\* des agents. Les objectifs peuvent être déclinés en *désirs*, *intentions* et l'information mobilisée par des *croyances*.



## Le triptyque agent (perception - délibération - action) et la décision cognitive



Denis.phan@univ-rennes1.fr

4

L'émergence dans les systèmes multi-agents  
 Deux exemples « paradigmatiques »  
 I - un SMA « à la main » : Le modèle de Schelling



- Objectif : des structures résidentielles ségrégationnistes peuvent apparaître même si les préférences des habitants sont compatibles avec une structure intégrée des populations
- Les agents, positionnés sur un « damier » n'interagissent que localement, avec leurs 8 voisins immédiats (voisinage de "Moore"). Ils ne sont pas concernés par la configuration générale de l'habitat.
- Chaque agent accepte un voisinage majoritairement différent pour peu qu'il y ait au moins 37,5% des voisins semblables.
- Les interactions locales suffisent pour faire apparaître des configurations globales fortement homogènes - la « ségrégation » (sous forme de clusters) est une *propriété émergente du modèle*



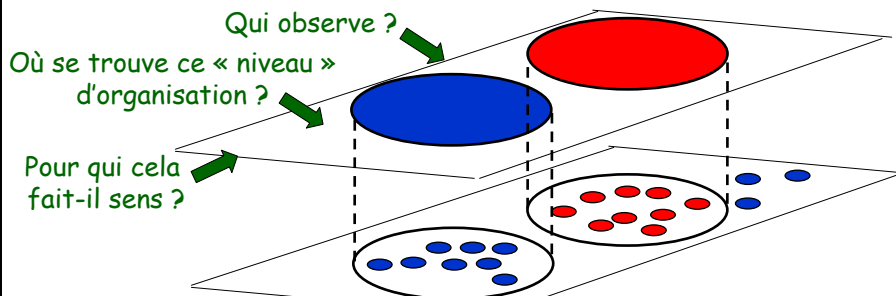
Denis.phan@univ-rennes1.fr

5

Deux exemples « paradigmatiques »  
 Le modèle de ségrégation de Schelling :  
 une émergence ontologique ?



- Dans un système hiérarchisé de complexité croissante, on qualifie d'*émergent* un phénomène ou une entité qui trouve son origine au niveau antérieur.
- Dans le modèle de Schelling, la formation de clusters ou « amas » d'habitants de même type est un *phénomène* (une entité ?) « émergent(e) » des interactions locales entre les agents (habitants)




Denis.phan@univ-rennes1.fr

6

Deux exemples « paradigmatiques »

II - L'émergence de classes dans un jeu de négociation multi-agents : le modèle d'Axtell, Epstein, Young (2000)



Motivation (des auteurs) > il s'agit d'étudier :

- les déterminants « **génératifs** » (Epstein) ou « **émergents** » de la **formation de groupes** ou de « classes » parmi des joueurs au sens des « jeux de population » (Blume, 1997)
- La **pérennité** (relative) de tels **groupes** dans le temps (« **équilibres ponctués** »)

Cadre théorique > jeu de population de type « **random pairwise** » :


- Tous les agents appariés aléatoirement à chaque pas de temps jouent un jeu « **one-shot** » avec leur partenaire du moment.
- Ils se construisent une **représentation du monde** basée sur une mémoire bornée des rencontres passées et choisissent à chaque étape la « **meilleure réponse** » à leur représentation du monde, avec une probabilité positive de déviation (**tembling hand**).

Résultat : souligner le rôle - non trivial - des « signes » extérieurs dans le processus d'« **émergence d'états sociaux stables** ».

Denis.phan@univ-rennes1.fr 7

L'émergence de classes dans un jeu de négociation multi-agents : le modèle d'Axtell, Epstein, Young (2000)

I - La négociation : un « Jeu de partage »



- La négociation (« **one-shot** » entre paires d'agents) porte sur la répartition (en %) d'un gâteau de « taille » 100.
- Seules les propositions dont la somme  $S \leq 100$  sont acceptées (jeu de demande de Nash à une étape : ultimatum)
- > « **Jeu de partage** »
- Il y a trois équilibres de Nash en stratégie pure
- Problème : les interactions décentralisées entre agents permettent elles de « sélectionner » un équilibre global (en stratégie pure) en l'absence de « **common knowledge** » (Young, 1993)

	H = 70	M = 50	L = 30
H = 70	0,0	0,0	70,30
M = 50	0,0	50,50	50,30
L = 30	30,70	30,50	30,30

Denis.phan@univ-rennes1.fr 8

## II - Le processus du « Jeu de population »

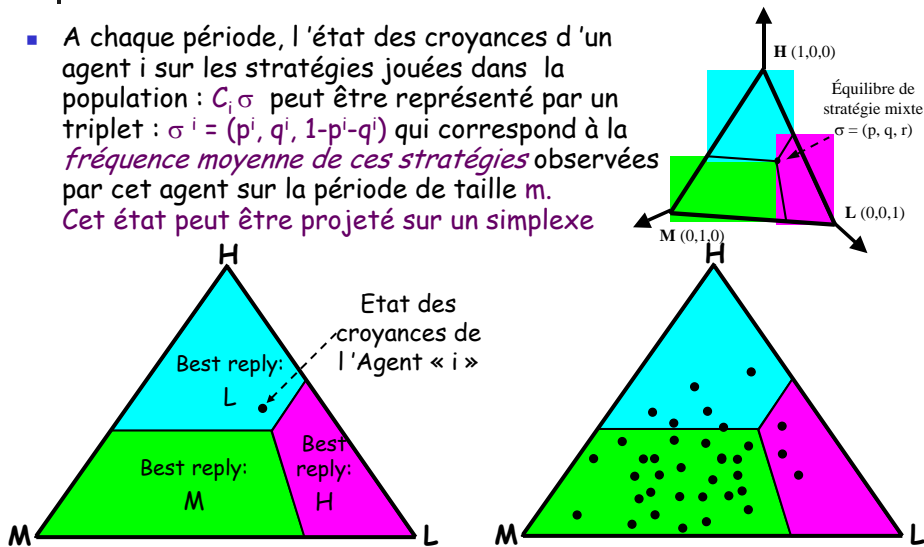
- A chaque pas de temps, les agents ( $i \in G / \text{card} | G | = N$ ) sont appariés aléatoirement jouent le « **jeux de partage** » :
- avec une probabilité  $1 - \epsilon$ 
  - Les agents choisissent la stratégie qui maximise leurs gains (leur « **meilleure réponse** ») conditionnellement à leurs croyances  
Si plusieurs stratégies ont un gain anticipé équivalent, il choisissent aléatoirement avec équi-probabilité.
- avec une probabilité  $\epsilon$ 
  - Les agents choisissent leur stratégie aléatoirement avec équi-probabilité :  $(1/3)$  ; (erreur, expérimentation consciente, imitation...)
  - ils dévient donc de leur meilleur réponse avec une probabilité :  $(2.\epsilon)/3$
- La **croyance** d'un agent  $i$  sur les comportements moyen dans la population :  
 $C_i G(H,M,L) \equiv C_i \sigma$  est estimé par la **moyenne des fréquences observées** par  $i$  pour les différentes stratégies  $\sigma^i = (p^i, q^i, 1-p^i-q^i)$  lors des  $m$  dernières confrontations (où  $m$  est la « **longueur de la mémoire** »)
- Ces croyances sont le produit de l'**histoire de ses rencontres passées** (**hétérogénéité interactionnelle « historique »**), limitée à cette période  $m$ .

Denis.phan@univ-rennes1.fr

9

## III - Représentation dans un simplexe de l'état des croyances des agents (**hétérogénéité interactionnelle des croyances**)


- A chaque période, l'état des croyances d'un agent  $i$  sur les stratégies jouées dans la population :  $C_i \sigma$  peut être représenté par un triplet :  $\sigma^i = (p^i, q^i, 1-p^i-q^i)$  qui correspond à la **fréquence moyenne de ces stratégies observées** par cet agent sur la période de taille  $m$ .  
Cet état peut être projeté sur un simplexe



Denis.phan@univ-rennes1.fr

10


L'émergence de classes dans un jeu de négociation multi-agents :  
**IV- norme sociale et interprétation des croyances**



- Un *état social* est une matrice (N×3) :  $\Sigma = (p^s, q^s, 1-p^s-q^s)$  qui contient les *croyances*  $\sigma_i$  des agents sur le comportement de leurs opposants.
- Dans ce modèle, une *norme sociale* est un état social auto-entretenu dans lequel la mémoire des agents (et donc leur comportement de « meilleur réponse » resterait inchangée, si certains agents ne déviaient pas aléatoirement (avec une probabilité  $(2.\varepsilon)/3$ ).
- Une telle « norme sociale » apparaît alors comme un *phénomène émergent des interactions*.
- En l'absence de *tremble*, 3 états absorbants correspondent aux trois équilibres de Nash - (Young, 1993)
- En présence de *tremble*, le processus est ergodique, et la seule norme sociale stable au sens de Foster Young (1990) est la norme « équitable » (zone où M est la meilleure réponse) - (Young, 1993)

Denis.phan@univ-rennes1.fr 11

L'émergence de classes dans un jeu de négociation multi-agents :  
**V - Transition entre régimes brisure d'ergodicité**



■ Dans le modèle de AEY, si  $m$  et  $N/m$  sont « suffisamment grands » et  $\varepsilon$  petit, la *probabilité ergodique* de se trouver dans la région « équitable » est significativement élevée. La « norme équitable » est « *stochastiquement stable* » (Foster, Young, 1990)

- Si  $m$  est grand, l'*inertie* (temps d'attente pour atteindre ou pour quitter un régime) peut être très importante, Il y a « *brisure d'ergodicité* ». En particulier, pour des valeurs de la mémoire  $m$  supérieures à 10, le temps de transition entre régime peut devenir très long.

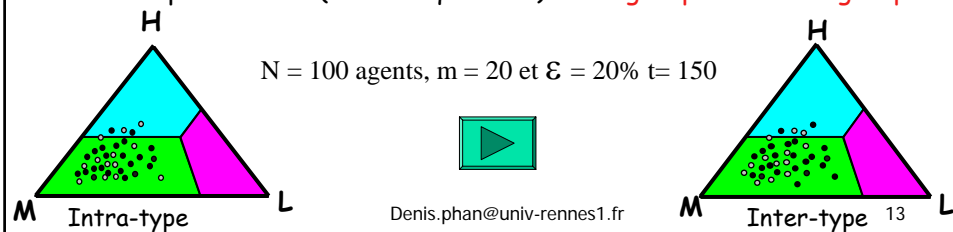
Figure 4: Transition time between regimes as a function of memory length,  $N = 10$ , various  $\varepsilon$       Figure 5: Transition time between regimes as a function of population size,  $m = 10$ , various  $\varepsilon$

**Temps de transition entre régimes croît exponentiellement avec  $m$**   
source : Axtell, Epstein, Young (2000)  
Denis.phan@univ-rennes1.fr 12

L'émergence de classes dans un jeu de négociation multi-agents  
**VI - Modèle avec deux types d'agents**  
 (tag model)



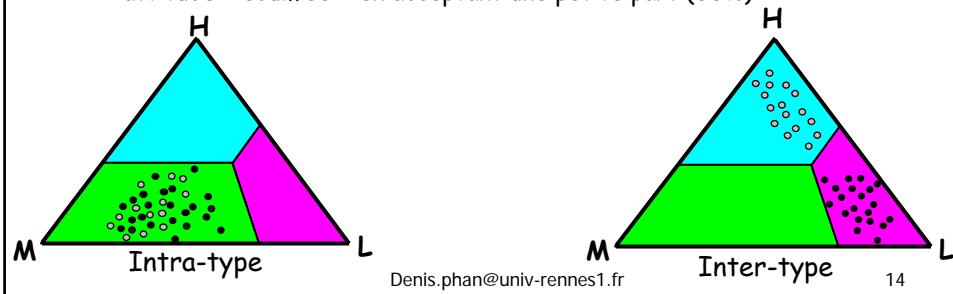
- Les agents ont une « étiquette » (un signe extérieur observable) qui leur permet d'être identifié (gris et noir). AEY supposent que, bien que ce signe n'ait aucune signification intrinsèque (completely meaningless), les agents mémorisent le signe des opposants qu'ils ont rencontré et calculent le comportement moyen correspondant à chaque étiquette.
- Dans ce modèle à deux types, les caractéristiques précédemment observées (croyances, stratégies) peuvent maintenant se manifester entre les types (gris contre noir, à droite) comme à l'intérieur d'un type (gris contre gris ou noir contre noir, à gauche). On définit ainsi des comportements (et des équilibres) inter-groupes et intra-groupes.



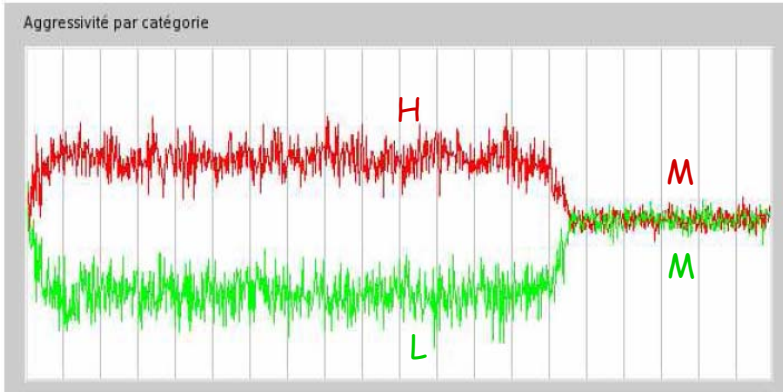
L'émergence de classes dans un jeu de négociation multi-agents  
**VII - Formation de classes**



- La formation de « classes » (par définition) correspond à des croyances distinctes selon le groupe et un comportement équitable intra-groupe, mais à un comportement inégalitaire inter-groupes
  - Les noirs et les gris sont équitables entre eux (intra-groupe)
  - Entre groupes, les noirs ont la croyance que les gris adoptent un comportement « soumis » face auquel leur meilleure réponse consiste à revendiquer une grosse part (70%)
  - inversement, les gris ont la croyance que les noirs ont un comportement « dominant » face auquel leur meilleure réponse consiste à adopter une attitude « soumise » en acceptant une petite part (30%)



L'émergence de classes dans un jeu de négociation multi-agents :  
**VIII - Instabilité de la norme avec classe dans le modèle de base à tag exogène**



Apparition et disparition d'un état non équitable en initialisation aléatoire.

Denis.phan@univ-rennes1.fr

15

L'émergence de classes dans un jeu de négociation multi-agents  
**IX - extension : tag endogène (costly signalling - 1)**

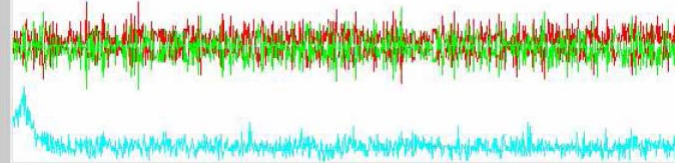


1000 périodes,  
 100 agents,  
 Bruit 10%,  
 Coût 10,  
 mémoire de longueur 7,  
 initialisée à zéro

En bleu:  
 nombre  
 d'agents qui  
 changent  
 de tag

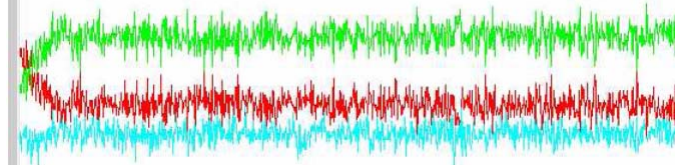
Nombre d'individus par catégorie

Pas d'émergence



Nombre d'individus par catégorie

Émergence  
 (moins fréquent)



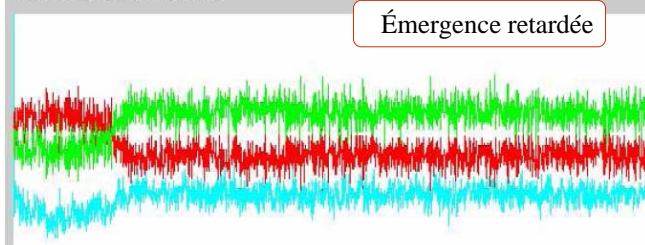
L'émergence de classes dans un jeu de négociation multi-agents  
IX - extension : tag endogène (*costly signalling* - 2)



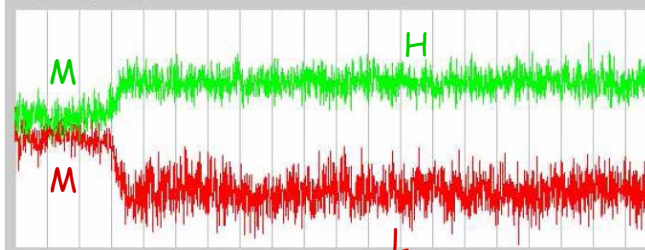
2000 périodes,  
100 agents,  
Bruit 10%,  
Coût 10  
mémoire de  
longueur 7,  
initialisée à zéro

En bleu: agents qui  
changent  
En bas: agressivité  
par catégorie  
verts dominants,  
rouges « suckers »

Nombre d'individus par catégorie



Agressivité par catégorie



Denis.phan@univ-rennes1.fr

17

Intermédiaire : comment une croyance peut elle être  
« sociale » ? (Orléan, 2002, 2004)



- Orléan (2002, 2004) distingue les *croyances* « partagées » et les *croyances* « sociales ».  
 $C_i Q$  signifie : « l'agent  $i$  croit  $Q$  ».
- $i \in G_e$  signifie qu'un agent  $i$  appartient à un groupe  $G_e$   
→ ( $G_e$  est un *ensemble* d'agents).
- $N_e = \text{card} | G_e |$  est le nombre d'agents du groupe  $G_e$
- Il y a « *croyance partagée* » dans un ensemble d'agents  $G_e$  lorsque l'on a :  
 $C_i Q$  pour tout  $i \in G_e$
- " tous les individus de  $G_e$  croient  $Q$  "
- Remarque : le « *groupe* » n'est pas autre chose que *l'ensemble des agents qui le composent*

Denis.phan@univ-rennes1.fr

18

Intermède : comment une croyance peut elle être « sociale » ?

Y - a - t - il un sens de parler des  
« croyances du groupe » ?



- Orléan introduit un « objet social » intitulé le « groupe », que l'on notera :  $G_s$  pour le distinguer de l'ensemble d'agents,  $G_e$ .
- Bien que cette entité abstraite ne soit pas un acteur comme les autres agents, ( il ne prend pas de décision par lui-même), les agents lui prêtent des croyances qui sont formellement équivalentes à des croyances individuelles :  
 $C_{G_s}Q$  signifie : " le groupe  $G_s$  croit  $Q$  "
- C'est cette proposition qui est qualifiée de « croyance sociale » : « dans ce cas, on attribue des croyances à une entité abstraite, à savoir le groupe lui-même » (...)  
« le marché croit que cette devise est sous évaluée ».
- Attribuer des croyance à une entité abstraite à dimension collective : un « raccourci cognitif » ?

Denis.phan@univ-rennes1.fr

19

Intermède : comment une croyance peut elle être « sociale » ?

Subsumption des croyances individuelles par des croyances  
attribuées au « groupe »



- L'agent  $i$  croit que " le groupe croit " que  $Q$  est vraie s'il croit qu'une "grande partie" du groupe croit que  $Q$  est vraie  
 $C_i C_{G_s} Q \Leftrightarrow_i C_i C_{G_{pi}} Q \equiv (C_i C_j Q \forall j \in G_{pi} / N_e \geq \text{card} | G_{pi} | > N_{pi})$
- "  $i$  croit que le groupe croit  $Q$  " si, de manière équivalente pour lui ( $\Leftrightarrow_i$ ) il croit qu'un nombre de membres du groupe supérieur à  $N_{pi}$  le croit aussi :  $C_i C_{G_{pi}} Q$
- La référence de base renvoie ici aux croyances individuelles sur  $Q$  ( $C_i C_j Q$  pour tout  $j \in G_{pi}$ ) et non au groupe en tant qu'objet social identifié. Les conditions d'équivalence individuelle ( $\Leftrightarrow_i$ ) avec la croyance sociale de l'agent  $i$  :  $C_i C_{G_s} Q$  doivent encore être spécifiées (subsumption).
- $G_{pi}$  « existe » en tant qu'entité ontologiquement subjective propre à chaque agent, il est de fait distinct d'une référence commune à l'ensemble des agents (noté  $G_s$ )

Denis.phan@univ-rennes1.fr

20

Intermédiaire : comment une croyance peut elle être « sociale » ?  
L'autonomie relative des croyances « sociales »



- Conséquences de l'introduction directe de la croyance attribuée à une entité collective : C.Gs
- Un avantage au niveau cognitif :
  - économie des capacités computationnelles,
- Le prix à payer : *l'indétermination liée à la réflexivité de l'entité collective* (Orléan 1998,2002)
  - équilibres multiples
  - prophétie auto-réalisatrice (Merton 1948, Azariadis, 1981)
- Cette indétermination représente aussi un avantage : elle est source *d'autonomie relative des « croyances sociales »*
  - le pouvoir d'action des individus sur cet objet collectif (pourtant par nature ontologiquement subjectif) est d'autant plus faible que le groupe est grand, (système complexe adaptatif)
  - Cette autonomie n'est que relative, car cet objet collectif émane bien des subjectivités individuelles qui en sont le support.

Denis.phan@univ-rennes1.fr

21

Que signifie subsumer un collectif d'agents par une entité abstraite ? (1) Une interprétation cognitive



- Boudon (2003) considère que les mécanismes cognitifs de la connaissance « populaire » sont de même nature que les mécanismes cognitifs de la connaissance « savante »
- La *subsumption* « populaire » au fondement d'une « croyance sociale » (fait social) pourrait être une *opération cognitive* comparable à la substitution « savante » d'une entité conceptuelle *idéaltypique* (Weber) à la diversité individuelle pour *comprendre les raisons* qui motivent les comportements.
- la subsumption cognitive d'un collectif par une entité sociale chez une « grande majorité » d'individus pourrait ainsi être fondée sur des " *raisons trans-subjectives* » (Boudon) ../..

Denis.phan@univ-rennes1.fr

22

Que signifie subsumer un collectif d'agents par une entité abstraite ? (2) des « *raisons trans-subjectives* »



- *Raisons perçues comme suffisantes* par une « grande majorité », adoptées en lieu et place d'une représentation plus riche du phénomène complexe  
→ *rationalité cognitive « limitée »*
- « les sujets tentent de se débattre dans une question complexe en émettant des « *conjectures raisonnables* »... »
- Celles - ci se traduiraient donc par la croyance (parfois fausse) qu'il est plus aisé de comprendre la dynamique (complexe) d'un groupe en interaction en la « *personnalisant* » (agent représentatif !) :  
→ c'est-à-dire en *réduisant l'ensemble des agents et des relations qui caractérisent ce collectif à une entité abstraite* mais *porteuse de sens* pour les individus, grâce à l'attribution de caractéristiques anthropomorphiques (cf. également Descombes, 1996)

Denis.phan@univ-rennes1.fr

23

## II - Modéliser l'émergence dans les SMA : quel cadre conceptuel ?

(1) l'émergence comme  
*phénomène relatif à un observateur*  
Müller (2002)

(2) l'émergence comme  
*réduction de complexité*  
(Dessalles, 1992 ; Bonabeau, Dessalles, 1997)

denis.phan@enst-bretagne.fr

24

## Émergence & SMA :

### (1) le rôle central de l'observateur



- Nous allons définir l'**émergence** comme un **phénomène observé dans un système à plusieurs niveaux** :
  - Il s'agit de l'identification par un observateur de nouvelles régularités associées à un processus qui ne peuvent être déduites à partir de la connaissance de seules propriétés des éléments (agents) constitutifs du système (définition système complexe)
- Pour définir l'émergence dans les SMA, Müller (2002) souligne la **nécessité** d'un **couplage du processus avec le niveau d'observation du processus**. Un phénomène est émergent si :
  - Il y a un système constitué par ensemble d'agents interagissant entre eux et avec leur environnement dont la *description en tant que processus* est exprimée dans un langage *D*
  - La dynamique de cet ensemble produit un *phénomène structurel global observable* dans des « trace d'exécution ».
  - Le *phénomène global est observé* (1) par un **observateur extérieur** (**émergence faible**) ou (2) par **les agents eux-mêmes** (**émergence forte**) et décrit dans un langage distinct de *D*.

Denis.phan@univ-rennes1.fr

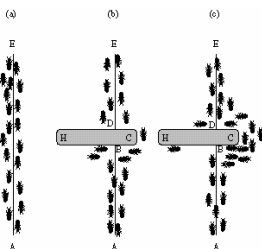
25

## Émergence & SMA :

### (2) émergence forte et faible




- L'apport principal: la distinction entre *deux catégories d'émergence selon la position du niveau d'observation par rapport au processus*.
  - Dans l'**émergence faible**, l'observateur est extérieur au processus et il n'y a pas nécessairement couplage.
  - Dans l'**émergence forte**, les agents sont partie prenante du processus tout en observant ce dernier, ce qui entraîne *de facto* une **rétroaction du niveau d'observation sur le niveau du processus**. L'émergence est **immanente au système**.




Denis.phan@univ-rennes1.fr

26




## Détection et Emergence\* :

L'émergence comme réduction de la complexité algorithmique (1)




- Dans Bonabeau, Dessalles (1997), l'émergence est définie comme une *soudaine réduction de complexité*. Cette définition suppose:
  - (a) un *système collectif*, comportant un nombre significatif d'éléments,
  - (b) un *observateur* capable d'avoir une *perception* de l'évolution de ce système et de traiter l'information qui résulte de cette perception
- l'observateur dispose d'outils pour percevoir l'évolution du système.
  - Dans leur forme la plus simple, ces outils sont des *détecteurs binaires*, capables d'entrer en activité pour certaines configurations du système.
- La complexité du système à un moment donné est mesurée comme la *plus courte description que l'observateur peut produire à partir de l'état de ses détecteurs*.
  - Dans le cas général, cette définition de la complexité coïncide avec la notion de *complexité algorithmique relative* (RAC) : elle se mesure par la taille du plus petit algorithme décrivant l'ensemble  $\{D_i\}$  des détecteurs actifs à un moment donné. Une telle description est relative à l'ensemble complet des détecteurs disponibles.

\* Dessalles, Phan 2004 Denis.phan@univ-rennes1.fr 27



## Détection et Emergence\* :

L'émergence comme réduction de la complexité algorithmique (2)



- La mesure de la *complexité* est *relative à l'ensemble des détecteurs disponibles* : c'est la *redondance*, liée à la *hiérarchie des détecteurs* qui permet d'obtenir des descriptions concises.
  - Si le système ne dispose que de détecteurs de niveau 1 (directement connectés aux éléments du système observé), la situation dans laquelle tous les détecteurs sont actifs correspond à une *complexité maximale*.
  - Si le détecteur  $D_i$  est activé par une configuration  $\{D_{ik}\}$  d'autres détecteurs, *l'activité de  $D_i$  subsume celle des  $D_{ik}$*  qui ne figure donc pas dans la description minimale de l'état de l'observateur.
  - Si l'observateur dispose d'un détecteur de niveau 2 entrant en activité lorsque tous les détecteurs de niveau 1 sont actifs, cette situation d'activité généralisée présente une *complexité minimale*, puisqu'elle ne nécessite la détermination que d'un seul détecteur.
- Cette définition de la complexité d'un système à travers la description de l'état de son observateur permet de proposer une définition de l'émergence :
  - *Il y a émergence si et seulement si la complexité relative à l'ensemble des détecteurs disponibles connaît une discontinuité négative.*

\* Dessalles, Phan 2004 Denis.phan@univ-rennes1.fr 28

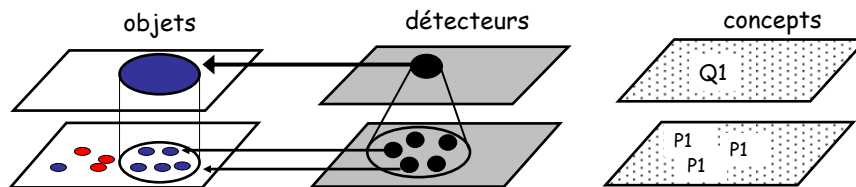
## L'émergence comme réduction de la complexité : illustrations et commentaires (1)



- La définition de l'émergence proposée par Dessalles (1992) et Bonabeau, Dessalles (1997), *ne nécessite pas une définition préalable des niveaux*, mais elle est interprétable à la fois en terme de niveaux et en terme de hiérarchie des théories
- C'est la définition des détecteurs qui crée explicitement *ou implicitement* la hiérarchie des niveaux, à travers la redondance.

Parallélisme entre la hiérarchie des niveaux de description et la hiérarchie des niveaux d'observations (détecteurs)  
Source : Dessalles (1992)

Les concepts comme détecteurs hiérarchisés  
Source : Dessalles (1992)



Remarque : on retrouve les notions de « composés » et de « composants » (Mimosa)

\* Dessalles, Phan 2004

Denis.phan@univ-rennes1.fr

29

## L'émergence comme réduction de la complexité et l'émergence dans les SMA au sens de Müller\*




- L'intérêt de la définition de l'émergence de Bonabeau, Dessalles (1997), est qu'elle ne préjuge pas de la nature de l'observateur : celui-ci peut très bien être un *mécanisme artificiel, doté de détecteurs hiérarchisés*.
  - Ainsi, un système d'observation de trafic routier, peut "voir" émerger des phénomènes qu'un humain nommera bouchons, ou accidents, simplement parce qu'il sera doté de détecteurs logiciels appropriés capables de repérer ces phénomènes à partir des positions et des vitesses des véhicules (ceci présuppose qu'il soit doté d'un modèle adéquat).
- Le fait qu'un observateur artificiel puisse détecter un phénomène émergent permet que (1) le système lui-même ou (2) des éléments qui le constituent soient en mesure de rétroagir sur le processus.
  - Le premier cas se présente chaque fois que nous détectons nos propres états mentaux. En tant que collectivité neuronale, notre système nerveux est capable de détecter l'entrée en activité de plusieurs classes de populations particulières de ses propres neurones.
  - Le deuxième cas se présente lorsque le système est constitué *d'agents cognitifs*. Ceux-ci sont alors capables de repérer certaines configurations du système dans lequel ils sont immergés (émergence forte au sens de Müller)

\* Dessalles, Phan 2004

Denis.phan@univ-rennes1.fr

30

**L'émergence comme réduction de la complexité :  
discussion**




- Même dans le cas de *l'émergence forte*, la description proposée de l'émergence reste cohérente avec son acception selon le paradigme des **système complexe adaptatifs** :
- Il s'agit bien de « *l'identification par un observateur de nouvelles régularités associées à un processus qui ne peuvent être déduites à partir de la connaissance de seules propriétés des éléments (agents) constitutifs du système* »
- Selon cette approche, la connaissance des interactions entre les éléments du système (la constitution du collectif) est en plus nécessaire pour accéder à la compréhension de ce dernier.
- Cependant, les agents doivent être *préalablement* dotés de capteurs susceptibles d'identifier correctement le phénomène.
- Ceci présuppose qu'il soient dotés au départ d'une capacité minimale de catégorisation et ou que le concepteur du modèle ait prévu de manière générative la possibilité d'identifier certaines classes de phénomènes émergents (cf. correspondance entre la hiérarchie de niveaux et la hiérarchie de recouvrement des modèles chez Bonabeau, Dessalles, 1997).

\* Dessalles, Phan 2004 Denis.phan@univ-rennes1.fr 31

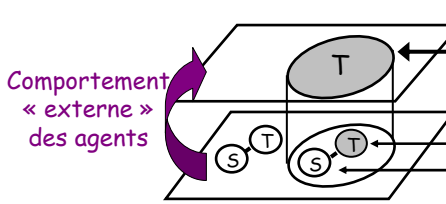
**L'émergence comme réduction de la complexité :  
illustrations et commentaires (2) :**

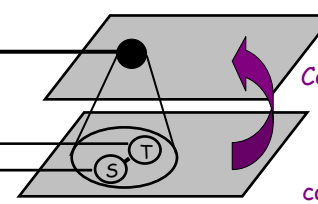
**l'exemple du modèle de d'Axtell, Epstein, Young (2000) revisité \***



- Nouvelle hypothèse :
  - ➔ H (rationalité instrumentale et procédurale) les agents minimisent leur coût procédural de traitement informationnel (entropie relative)

Comportement  
« externe »  
des agents





Comportement  
« interne »  
des agents  
Perception,  
catégorisation

- Limites : la définition des détecteurs et la construction de la hiérarchie des niveaux d'analyse présuppose que le modélisateur conçoive un modèle intégrateur génératif susceptible « d'absorber » le phénomène émergent // avec Piaget:
  - ⊗ Pour le *structuralisme génétique* de Piaget (1968), la connaissance des *deux* structures (de départ et d'arrivée) est nécessaire pour expliquer la transition ; En psychologie génétique, cette forme d'émergence structurelle ne pose pas de problème de principe, puisque l'on connaît les différentes structures cognitives qui s'enchaînent.

\* Dessalles, Phan 2004 Denis.phan@univ-rennes1.fr 32



Conclusion : Pistes de réflexions :  
agent cognitif en interactions : quels fondements  
pour les faits (économiques et) sociaux ?



- Aborder la question de l'émergence dans la modélisation multi-agents de sociétés artificielles d'agents cognitifs amène à un retour sur les catégories fondamentales des sciences sociales
- L'émergence, qui est un phénomène collectif, associé à une capacité de détection par un observateur incite à réinterpréter la notion « d'objet social »
- Un exemple de discussion possible : Peut-on utiliser la tentative d'ontologie du social de Searle (1995) ? Les travaux de Pettit (1993) ou Descombes (1996) ?

Denis.phan@univ-rennes1.fr

33



L'émergence dans les Systèmes Multi-Agents (SMA) :  
orientations bibliographiques (1)



- Azariadis C. (1981) Self-Fulfilling Prophecies, *Journal of Economic Theory*, 25, p. 380-396
- Axtell R. Epstein J.M., Young H.P. (2001) The Emergence of Classes in a Multi-agent Bargaining Model, in Durlauf, Young. eds. *Social dynamics*, The MIT Press, Cambridge Ma .
- Bonabeau E., Dessalles J.-L. (1997) « Detection and Emergence » *Intellectica*, 25 p.89-94.
- Bonabeau E., Dessalles, J.-L. and Grumbach, A. (1995) Characterizing emergent phenomena (1) a critical review, p.327-346, (2) a conceptual framework. P. 347-369 *Rev. Int. Syst.* 9.
- Boudon R. (2003) *Raison, bonnes raisons*, Col. « Philosophe en sciences sociales », Presse Universitaires de France, Paris.
- Bourguine P., Nadal J.P. eds. (2004) *Cognitive Economics* ; Springer Verlag.
- Descombes V. (1996) *Les institutions du sens*, Les éditions de minuit, Paris
- Dessalles J.L., Phan D. (2005) Emergence in multi-agent systems: cognitive hierarchy, detection, and complexity reduction (*in preparation*)
- Ferber J. (1995) *Les Systèmes multi-agents, vers une intelligence collective* InterEdition
- Foster D., Young P. (1990) "Stochastic Evolutionary Games Dynamics", *Theoretical Population Biology*, 38, P.219-232.
- Gilbert N. (1995) "Emergence in social simulations", in Gilbert Conte eds. *Artificial Societies : The Computer Simulation of Social Life*, UCL Press London
- Merton R. K. (1948) "The self-fulfilling prophecy", *Antioch Review*, 8, p. 193-210..
- Müller J.P. (2002) Des systèmes autonomes aux systèmes multi-agents : interactions, émergence et systèmes complexes » Rapport d'HDR, Montpellier LIRMM, 8 novembre, 58p

Denis.phan@univ-rennes1.fr

34



## L'émergence dans les Systèmes Multi-Agents (SMA) : orientations bibliographiques (2)



- Orléan A. (1998a) "Informational Influences and the Ambivalence of Imitation", in Lesourne, Orléan eds., *Advances in Self-Organization and Evolutionary Economics*, p.39-56.
- Orléan A., (1998b) "The Ambivalent Role of Imitation in Decentralised Collective Learning", in Lazaric, Lorenz eds., *Trust and Economic Learning*, Elgar Publish., p.124-140.
- Orléan A. (1998c) "The Evolution of Imitation", in Cohendet, Llerena, Stahn, Umbhauer eds. *The Economics of Networks. Interaction and Behaviours*, Springer-Verlag, p. 325-339.
- Orléan A. (2002) « Le tournant cognitif en économie », *Revue d'Economie Politique* N°5 p. 717-738.
- Orléan A. (2004) "What is a Collective Belief" in Bourguine, Nadal, op.cit., p.199-212.
- Pettit P. (1993) *The Common Mind, An essay on Psychology, Society, and Politics* Oxford University Press
- Phan D. (2004a) "From Agent-Based Computational Economics towards Cognitive Economics » in Bourguine P., Nadal J.P. eds. (2004) *Cognitive Economics*; Springer Verlag, p. 371-398
- Schelling T.S. ( 1978) *Micromotives and Macrobehavior* W.W. Norton and Co, N.Y. Trad fr: *La tyrannie des petites décisions* PUF 1989
- Searle J.R. (1995) *The Construction of Social Reality*, Free Press ; trad. française : *La construction de la réalité sociale*, NRF-essais, Gallimard, Paris.
- Young P.Y. (1993) "An Evolutionary Model of Bargaining", *Journal of Economic Theory*, 59 (1) p. 145-268.
- Young H.P. (1998) *Individual Strategy and Social Structure*, Princeton University Press: Princeton, New Jersey

Denis.phan@univ-rennes1.fr

35