

Réseau complexe et genèse des conventions

Bernard Ancori

Professeur à l'Université Louis Pasteur, Strasbourg

Directeur de l'Institut de Recherches Interdisciplinaires sur les Sciences et la Technologie

ancori@cournot.u-strasbg.fr

Résumé : Introduite par D. K. Lewis afin de lever l'indétermination subsistant entre plusieurs équilibres de Nash dans un jeu de coordination à la Schelling, la notion de convention désigne un mode de coordination collective dont les conditions d'émergence restent peu analysées. La genèse de ces conventions est analysée ici comme une dynamique de réseau socio-cognitif menant d'états où les représentations sont distribuées parmi les agents individuels à des états où les représentations sont partagées entre ces derniers. Ces représentations partagées constituent ainsi le socle cognitif commun aux adhérents à une convention donnée.

Abstract : Due to D. K. Lewis in order to dissipate the indeterminacy between several equilibria in a game of coordination in the sense of Schelling, the notion of convention designates a way of collective coordination of which the conditions of emergence are little analysed. The genesis of those conventions is analysed here as a socio-cognitive network dynamics leading from states where the representations are distributed between the individual agents to states where those representations are shared between them. So, those shared representations form the cognitive common basis of a given convention.

La notion de convention a été introduite par D. K. Lewis [1969] afin de lever l'indétermination subsistant entre plusieurs équilibres de Nash dans un "jeu de coordination" à la T. C. Schelling [1960] : le choix entre ces équilibres possibles étant indécidable par le seul calcul individuel, et cette indétermination pouvant précipiter les joueurs vers des solutions désastreuses, seul un mode de coordination collective peut dénouer la situation en sélectionnant l'un de ces équilibres. Ce mode de coordination collective est une convention, qui apparaît ainsi comme un comportement standard que l'agent individuel est rationnellement conduit à observer plutôt que de s'en écarter de manière isolée¹. Plus précisément, une convention est une régularité R de comportement (et/ou de croyance) qui, dans une population P, satisfait à six conditions : 1) chacun se conforme à R; 2) chacun croit que les autres se conforment à R; 3) cette croyance incite chacun à se conformer effectivement à R; 4) tous préfèrent une conformité générale à R plutôt que moins que générale (en particulier qu'une conformité de tous sauf un); 5) il existe au moins une autre régularité R' qui satisfait les conditions 3 et 4; 6) les cinq conditions précédentes sont *common knowledge* (D. K. Lewis [1983, p. 165-166]). Le problème théorique immédiat consiste alors à savoir comment une telle régularité en vient à se mettre en place, et il existe aujourd'hui deux approches en cette matière : selon qu'une convention est supposée résulter des seuls comportements individuels d'optimisation sous contraintes, ou qu'elle apparaît dans un cadre social dont l'opacité est

¹ Un exemple souvent cité dans la littérature à la suite de T. C. Schelling [1960] est celui de la conduite automobile. Il existe ici deux équilibres de Nash (tout le monde roule à gauche, ou tout le monde roule à droite), et le calcul individuel ne fournit aucune raison de privilégier l'un ou l'autre. De sorte que les automobilistes risquent de se précipiter vers une solution désastreuse, consistant à rouler à droite pour une partie d'entre-eux, et à gauche pour l'autre partie. Pour un tableau synoptique des domaines d'application actuels de la théorie des conventions — de l'économie du travail à la comptabilité nationale en passant par la théorie des organisations et de la firme, l'économie industrielle, etc. — voir P. Batifoulier (dir.) [2001, p. 16].

prise comme une donnée d'énoncé, nous parlerons, à la suite de P.-Y. Gomez [1994, p. 78-88], d'approche "à l'américaine" ou d'approche "à la française".

L'approche à l'américaine s'inscrit dans le sillage de la théorie des jeux dont elle partage l'individualisme méthodologique, et elle vise à analyser la *genèse* des conventions. Cependant, cette analyse y est généralement menée en termes d'utilisation de *précédents* : selon Lewis, la coordination présente, reposant sur la réitération d'un comportement qui a rendu possible une coordination passée dans une situation semblable, est une convention. Une régularité semble ainsi disponible aux yeux des agents, qui attendent les uns des autres qu'ils suivent le précédent. C'est également par le biais d'une *accumulation de précédents* que H. P. Young [1996] explique l'émergence des conventions qu'aucune autorité centrale n'a établies — tels sont les deux seuls mécanismes envisagés par cet auteur. Il est clair que l'on n'explique ainsi en rien l'émergence du comportement *initial*, identifié ensuite comme conventionnel par les agents. L'approche à la française est plus soucieuse de comprendre les comportements individuels en fonction de leur contexte social, et ceci notamment en raison de l'indécidabilité radicale à laquelle mène la spécularité infinie inhérente au *common knowledge* au sens de Lewis (J.-P. Dupuy [1989], [1992] ; A. Rallet [1993] ; A. Orléan [1994]). Mais son principal objet de recherche est soit l'*utilisation* des conventions au moment des choix (P.-Y. Gomez [1994]), soit les conditions de *persistance* ou de *changement* de conventions existantes (R. Boyer & A. Orléan [1994]). Elle ne pose que plus rarement le problème de la genèse proprement dite des conventions, qu'elle ne résout alors pas réellement. En fait, son ingrédient théorique principal consiste ici en un processus de "mimétisme rationnel" jugé si fondamental qu'il conduit parfois à définir une convention "comme un processus de mimétisme rationnel généralisé" (P.-Y. Gomez [1994, p. 91]). Or, le mimétisme rationnel ne répond pas complètement à la question de l'émergence des conventions — sinon par un tour de passe-passe. Certes, le comportement optimal de chaque agent consiste parfois à imiter les autres de telle sorte que l'état du monde finisse par ressembler effectivement aux attentes de tous, et ce processus d'anticipation auto-réalisatrice implique bien qu'un comportement collectif puisse être observé comme résultat de la convergence de comportements individuels. Mais ce mécanisme demeure muet sur les déterminations spécifiques du comportement *précis* adopté par la population, et l'on se voit contraint de compléter le "mimétisme rationnel" par une hypothèse *ad hoc* concernant le comportement du *premier* adopteur, ensuite rationnellement imité par tous les autres.

Réitération de précédents (à l'américaine) ou mimétisme rationnel (à la française) : on retrouve ainsi au niveau de la convention le paradoxe souvent exprimé à propos du consensus monétaire — cas particulier de convention : telle convention existe parce qu'elle existe. Est-ce à dire que le problème de l'émergence des conventions ne peut avoir de solution analytique, car il s'agirait là d'une "question pour l'histoire" (P. Pettit [1993]) ? Certes, "le problème de l'origine" ne peut connaître de solution analytique et il serait donc vain de vouloir construire des conventions à partir d'états non conventionnels, au sens où ceux-ci seraient posés à l'*origine* de celles-là. Mais il reste concevable d'identifier dans la dynamique évolutive d'états non conventionnels les *conditions de possibilité* de sa convergence vers l'apparition d'états conventionnels. Nous proposons ici une telle analyse en termes d'évolution d'un réseau *socio-cognitif* : toute convention étant nécessairement sous-tendue par des *représentations partagées* par l'ensemble de ses adhérents, nous construisons un modèle de l'émergence de ce type de représentations à partir d'un état initial où les *représentations sont distribuées* parmi les agents individuels. Nous modéliserons d'abord la structure et le fonctionnement global d'un tel réseau (1). Puis nous affinerons ce modèle pour rendre compte de l'évolution la plus probable du réseau (2), ce qui débouchera sur la genèse des conventions (3) et sur leur tolérance à l'interprétation (4).

1 . Structure et fonctionnement d'un réseau socio-cognitif complexe

Considérons une société d'agents individuels saisis sous l'angle des opérations qu'ils effectuent lors de leurs interactions avec leur environnement naturel et social. Ces opérations s'inscrivent dans un registre intra-individuel (cognitif) aussi bien qu'extra-individuel (communications sociales, interactions avec l'environnement naturel), et leur analyse implique immédiatement celle des concepts d'information et d'apprentissage. Communication, information et apprentissage : il existe nombre d'approches de ces trois concepts liés, que nous pouvons ordonner autour de deux grandes familles de modèles : d'une part, ceux développés par la théorie mathématique de la communication à partir du modèle fondateur de C. Shannon (W. Weaver & C. Shannon [1975]), et d'autre part ceux qui prolongent la théorie de la communication sociale initiée par G. Bateson ([1977], [1980], [1984], [1996]). Ces deux approches coexistent dans la théorie de l'auto-organisation développée par H. Atlan ([1972], [1979], [1991], [1999]).

Dans une perspective voisine, considérons un réseau concret dont les noeuds sont des agents individuels et les arcs des communications possibles ou effectivement établies par ces agents. Chaque état de ce réseau est représentable par une matrice dont les lignes figurent autant d'agents individuels, et les colonnes les combinaisons de catégories psychologiques au moyen desquelles chacun de ces agents *se représente* en le découpant son environnement naturel et social. Pour chaque agent donné, et dans chaque état donné du réseau, ce découpage s'opère à un niveau de discrimination donné qui ignore les niveaux plus fins. Convenons que ce niveau est pour chaque agent observé le plus fin que ce dernier est actuellement en mesure d'obtenir, étant entendu qu'il est variable selon les agents, dans un état donné du réseau, et pour un agent donné, lors de l'évolution de ce même réseau. Dans ces conditions, lorsque les représentations d'un agent A_i contiennent une catégorie élémentaire donnée C_j , le coefficient $[a_{ij}]$ de la matrice est un "1", et évidemment un "0" dans le cas inverse. Dans chaque état du réseau, le répertoire cognitif individuel de chaque agent consiste alors en l'ensemble des combinaisons de catégories élémentaires associés à un "1", et l'union de toutes ces répertoires individuels constitue la "mémoire" globale du réseau². Donnons un exemple simple d'une telle représentation en limitant notre réseau à deux agents A_i et A_k dotés du même niveau de discrimination et le nombre total de catégories élémentaires à cinq. A la date initiale t_0 , la matrice correspondante se présente comme suit :

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_i	1	0	1	0	1
A_k	0	1	1	1	0

Les répertoires cognitifs des agents A_i et A_k contiennent chacun trois catégories élémentaires, dont l'une leur est commune, les autres étant idiosyncrasiques. Posons $S_i = \{C_1, C_3, C_5\}$ et $S_k = \{C_2, C_3, C_4\}$. Les répertoires cognitifs individuels sont représentables respectivement par les ensembles $P(S_i)$ et $P(S_k)$, et la mémoire globale du réseau par $S = P(S_i) \cup P(S_k)$. Du point de vue de l'observateur, chaque coefficient $[a_{ij}]$ peut prendre l'une de deux valeurs possibles, 0 ou 1, avec la même probabilité, égale à 1/2, et apporte ainsi 1 bit d'information au réseau. A la date t_0 , la quantité d'information maximale contenue dans S est donc égale à 16 bits, et sa complexité structurale à 14 bits, de sorte que sa redondance globale est de 12,5%. Examinons

² L'expression "répertoire cognitif individuel" désigne donc l'ensemble des actualisations *formellement possibles* des mémoires individuelles des agents, les actualisations *effectives* de ces dernières consistent en sous-ensembles *sémantiquement pertinents* de cet ensemble dans chaque état du réseau.

les caractéristiques de la communication entre A_i et A_k en t_0 . Simultanément présent dans les répertoires cognitifs de ces deux agents, le singleton $\{C_3\}$ figure une forme minimale de langage commun entre ces derniers, et confère ainsi un caractère *communicable* au message " C_3C_5 " que A_i pourrait transmettre à A_k lors de leur communication (respectivement, " C_2C_3 " de A_k vers A_i). D'un autre côté, l'association *idiosyncrasique* de la catégorie C_3 avec d'autres catégories élémentaires dans les répertoires individuels respectifs des agents — par exemple, $\{C_1C_3\}$ dans $P(S_i)$, ou $\{C_2C_3C_4\}$ dans $P(S_k)$ — rend compte de la *dépendance de la signification* de l'information par rapport au contexte cognitif toujours singulier dans lequel cette information vient s'inscrire. L'autre partie du message (" C_2 " et " C_5 ") figure un "bruit organisationnel" pour son récepteur (respectivement A_i et A_k) : la réception de ces catégories élémentaires provoquerait dans chaque répertoire cognitif un processus de recombinaison avec celles qui y figurent déjà, et le produit de telles recombinaisons consisterait en l'apparition de nouvelles combinaisons au niveau individuel aussi bien que collectif. Supposons cette communication effectivement réalisée. Elle mène alors le réseau de l'état initial ci-dessus à un nouvel état (associé à la date t_1) représenté par la matrice suivante :

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_i	1	1	1	0	1
A_k	0	1	1	1	1

Chaque répertoire individuel $P(S_i)$ et $P(S_k)$, contient à présent 16 parties, de sorte que la quantité maximale d'information de S est égale à 32 bits, et sa complexité structurale à 24 bits. Cette dernière a donc augmenté de 10 bits — le taux de production d'information³ est de 71,4% entre t_0 et t_1 —, alors que la redondance globale de S a doublé entre ces deux dates (en passant de 12,5% à 25%). Le caractère *combinatoire* des lois gouvernant ce processus permet de concevoir un apprentissage collectif qui ne se réduise pas à la socialisation d'apprentissages individuels par une pure et simple transmission de ces derniers lors d'une séquence de communication. Ainsi, une combinaison de catégories élémentaires telle que $\{C_2C_5\}$ ou $\{C_2C_3C_5\}$, qui figure *simultanément* dans les répertoires cognitifs des deux agents à la date t_1 , ne figurait dans *aucun* de ces répertoires à la date t_0 : à la date t_1 tout le monde a formé des représentations que personne n'avait formées à la date t_0 . Non seulement la combinatoire ici à l'oeuvre permet d'expliquer la création *nette* d'information au niveau de la mémoire *globale* du réseau, mais elle montre qu'une partie de cette création peut être *d'emblée* collective. Une telle création présente une double signification : d'une part, elle signe le caractère auto-organisé du réseau par l'apparition d'une qualité émergente au niveau de ce dernier, distincte des qualités propres de ses éléments ; d'autre part, elle rend compte de l'apparition de représentations partagées à partir de représentations distribuées. En d'autres termes, nous saisissons ici l'une des modalités possibles d'apparition d'un état conventionnel à partir d'un état non conventionnel.

2. Communication sociale et évolution la plus probable du réseau

Jusqu'à présent nous nous sommes contenté de poser : 1) que la communication sociale avait pour condition nécessaire (mais non suffisante) l'existence d'un langage commun entre les

³ Le taux de production d'information est défini par $(H_{t+1} - H_t)/H_t$. Sur l'importance de ce concept pour l'analyse de la complexité fonctionnelle (et non uniquement structurale) des systèmes organisés, ainsi envisagés dans une perspective dynamique (et non uniquement statique), voir H. Atlan [1972, p. 210-213].

agents concernés; 2) qu'elle s'établissait effectivement entre les deux agents représentés dans notre modèle, dans les conditions et avec les conséquences analysées plus haut. Le passage de la proposition 1 à la proposition 2 laisse subsister un vide théorique dans notre modèle, puisque rien n'autorise à passer directement de la définition d'une condition nécessaire pour la réalisation d'un événement à l'affirmation de la réalisation effective de ce même événement. Comblons ce vide en munissant l'ensemble des agents cognitifs individuels d'une structure de probabilités en matière de communication sociale. D'un point de vue formel, une telle structure est bornée, d'une part, par une probabilité nulle (la communication est impossible entre agents), et d'autre part, par une probabilité égale à l'unité (la communication est certaine entre agents). Entre ces deux bornes s'étend en réalité toute une gamme de situations, incluant la communication possible (la condition nécessaire est remplie) mais non la communication inéluctable (la condition suffisante n'est jamais remplie). Définissons sur ces bases l'état initial de notre réseau complexe. Il doit être tel que la mémoire globale du réseau ait le plus faible volume possible (état initial oblige) et être le plus neutre possible, au sens où : *i*) tous les répertoires individuels doivent contenir la même quantité d'information ; *ii*) tous les agents doivent être également en mesure de communiquer avec d'autres agents, ce qui signifie que le *quantum* de langage commun entre deux agents doit être le même pour tout couple d'agents entre lesquels existe un tel langage : le graphe des communications possibles entre l'ensemble des agents doit être fermé — ce doit être un *circuit*. Alliée à *i*), la condition *ii*) implique que chaque répertoire individuel contienne exactement deux catégories élémentaires partagées avec deux autres répertoires individuels (ceux des voisins immédiats de chaque agent le long du circuit). Enfin, supposons que chaque répertoire de ce genre contient autant de représentations idiosyncrasiques que de représentations partagées, si bien que chacun de ces répertoires contient exactement quatre catégories élémentaires dans l'état initial du réseau. Supposons ainsi que le réseau comporte cinq agents à la date t_0 :

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅
A ₁	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A ₂	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
A ₃	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A ₄	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
A ₅	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

La complexité structurale de ce réseau est égale à 70 bits, sa quantité d'information maximale à 80 bits, de sorte que sa redondance globale est de 12,5%. Le volume et la structure de la mémoire globale étant distribués de manière parfaitement neutre au sens indiqué plus haut, complexité structurale et redondance globale sont réparties en parts égales parmi les agents. Remarquons en particulier que chaque agent individuel dispose d'un langage commun avec deux autres agents, avec lesquels il peut ainsi entrer directement en communication, mais que ce n'est que par leur intermédiaire qu'il peut communiquer avec les deux autres agents (le graphe des communications possibles est connexe, mais il n'est pas complet). Introduisons à présent une structure de probabilités de communication en définissant un concept de *propension à communiquer* entre agents de la manière suivante : soit I le cardinal de l'ensemble S_i de catégories élémentaires contenues dans le répertoire cognitif de A_i à une date quelconque t (respectivement K pour l'ensemble S_k contenu dans le répertoire cognitif de A_k), et soit C le cardinal de l'intersection S_c de S_i et de S_k . A la date considérée, la propension à communiquer des agents A_i et A_k , est alors mesurée par :

$$P_{ik}(t) = C/(I+K-C)$$

avec

$$0 \leq p_{ik}(t) < 1$$

Cette propension à communiquer traduit un indice de ressemblance entre A_i et A_k à la date considérée. Cet indice varie entre 0 inclus et 1 exclu, car s'il existe des agents ne partageant aucune représentation ($C = 0$), il n'existe aucun couple d'agents partageant toutes leurs représentations ($C = I+K-C$ impliquerait que $C = I = K$, ce qui signifierait que A_i et A_k constituent en réalité un seul et même agent)⁴. Selon les propensions à communiquer ainsi définies, il existe dans chaque état du réseau des communications impossibles, d'autres plus ou moins probables, mais non des communications certaines. Concentrons-nous sur la forme *la plus probable* de l'évolution de ce réseau à partir de son état initial. Cette évolution étant par hypothèse impulsée uniquement par la communication sociale, sa forme la plus probable est entièrement conditionnée par le type de communication le plus probable dans le réseau. Il est alors immédiat que cette forme résulte de l'établissement de communications *dyadiques* parmi les agents individuels, car parmi l'ensemble des communications possibles, c'est ce type de communications qui apparaît le plus probable : une communication triadique établie par exemple entre A_i , A_k , et A_l a une probabilité $p_{ikl}(t) = p_{ik}(t) \cdot p_{kl}(t) \cdot p_{li}(t)$ d'être observée à la date (t), alors que $p_{ik}(t)$, $p_{kl}(t)$ et $p_{li}(t)$ sont par définition toutes inférieures à l'unité. Parmi l'ensemble des communications possibles, les communications dyadiques sont donc plus probables que les communications triadiques, elles-mêmes plus probables que les communications entre quatre agents, etc. : toutes les communications possibles entre agents appartenant à des groupes d'une taille donnée sont également probables, mais cette probabilité diminue avec l'accroissement de la taille de ces groupes.

Dans notre exemple, les communications les plus probables sont donc (A_1 et A_2), (A_2 et A_3), (A_1 et A_2) (A_4 et A_5), (A_5 et A_1), et elles ont toutes une propension à s'établir égale à $1/7$ à la date t_0 . Elles sont donc équiprobables dans le sens classique de ce terme, de sorte que l'observateur doit décider, par exemple sur la base du résultat d'un lancer de dés, quelles sont, parmi ces cinq communications possibles, les deux qui se réalisent effectivement — il ne peut y en avoir que deux, sinon la communication serait triadique, et non dyadique. Soient (A_1 et A_2) et (A_3 et A_4) ces deux communications. Supposons alors que A_1 émette le message " C_1C_2 " vers A_2 qui émet simultanément le message " C_2C_3 " vers A_1 , alors que A_3 émet " C_3C_4 " vers A_4 qui émet simultanément " C_4C_5 " vers A_3 . A la date t_1 , la matrice des catégories élémentaires est donc la suivante :

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5										C_{15}
A_1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A_2	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
A_3	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
A_4	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
A_5	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

⁴ Pour un panorama des diverses expressions mathématiques de la ressemblance, voir J.-P. Delahaye [2002, p. 21-27]. La notion de propension à communiquer proposée ici est une spécification du concept de *distance informationnelle*, dont l'idée fondamentale est que deux objets sont d'autant plus semblables que l'on passe facilement de la description de l'un à la description de l'autre, et réciproquement. Pour de nombreuses illustrations sociologiques de la pertinence empirique de la propension à communiquer introduite ici, et donc pour une justification théorique de cette spécification du concept de distance informationnelle dans notre modèle, voir A. Degenne & M. Forsé ([1994a], [1994b]).

Le taux global de production d'information est égal à 74, 2% entre t_0 et t_1 , car la complexité structurale du réseau est maintenant égale à 122 bits et sa quantité maximale d'information à 144 bits, de sorte que la redondance globale du réseau est de 16, 66%. Complexité structurale et redondance du réseau augmentent simultanément, mais contrairement à ce que nous avons vu plus haut ces différentes grandeurs ne se répartissent nullement ici à parts égales entre les agents à la date t_1 : le taux *individuel* de production de l'agent A_5 , qui n'a établi aucune communication sociale entre t_0 et t_1 , est strictement nul entre ces deux dates, alors que ceux de tous les autres agents qui, eux, ont communiqué durant cette période, sont identiquement égaux à 100% au cours de cette dernière. Cette évolution divergente marque les propensions à communiquer : identiquement égales à 1/7 pour les cinq communications dyadiques possibles en t_0 , ces propensions sont à présent égales à 3/7 pour chacun des couples (A_1 et A_2) et (A_3 et A_4), à 1/8 pour chacun des couples (A_4 et A_5) et (A_5 et A_1), et à 1/9 pour le couple (A_2 et A_3). De manière plus générale, le modèle montre que chaque communication accroît en s'établissant la propension à communiquer entre ses participants — donc la probabilité de sa réitération aux yeux de l'observateur —, et réduit simultanément ces propensions et probabilités en ce qui concerne les communications possibles qui ne se sont pas établies. L'évolution la plus probable du réseau le mène donc vers une agrégation locale/désagrégation globale de l'ensemble des agents individuels : des *amas* d'agents apparaissent dans le réseau, tels que la communication tend à être de plus en plus probable à l'intérieur de chaque amas, et de moins en moins probable entre agents appartenant à des amas différents.

Donnons une démonstration générale de ce processus de triangularisation par blocs de la matrice $[a_{ij}]$. Dans l'état initial du réseau, parmi tous les couples d'agents tels que $p_{ik}(t_0) \neq 0$, seuls certains communiquent effectivement entre t_0 et t_1 , tels A_1 et A_2 d'une part, et A_3 et A_4 d'autre part. Soient $D = E + F$, et $G = L + Q$, les nombres des catégories élémentaires informatives respectivement échangées entre t_0 et t_1 par chacun de ces types de couples lors de leurs communications. A la date t_1 , nous aurons donc :

$$p_{12}(t_1) = (C + D)/(I + K - C) \geq p_{12}(t_0) = C/(I + K - C)$$

$$p_{34}(t_1) = (C + G)/(I + K - C) \geq p_{34}(t_0) = C/(I + K - C)$$

Toute communication établie *accroît* la propension à communiquer entre ses participants dès lors qu'elle est porteuse d'information pour au moins l'un d'eux : dès que l'une des quantités d'information associées à E, F, L ou Q, respectivement émises par A_2 , A_1 , A_4 et A_3 , est non nulle, D ou G est non nul. Or les singularités individuelles des agents suggèrent fortement que toute communication établie entre eux véhicule une quantité non nulle d'information. Il suit que le seul fait que deux ou plusieurs agents donnés entrent actuellement en communication augmente leur propension à communiquer à la période suivante, ce qui suffit à démontrer l'*existence* du processus d'agrégation locale/désagrégation globale évoqué plus haut. L'*intensité* de ce même processus dépend évidemment des quantités d'information échangées lors de chaque communication dyadique, et elle varie notamment avec le fait que certains agents peuvent n'être qu'émetteurs d'information lors cette dernière. Ainsi la propension à communiquer des agents A_2 et A_3 devient-elle :

$$p_{23}(t_1) = C/(I + K - C + F + L) \leq p_{23}(t_0) = C/(I + K - C)$$

ce qui implique qu'elle ne diminue entre t_0 et t_1 que si A_2 ou A_3 reçoivent une quantité non nulle d'information lors de leurs communications respectives avec A_1 ou A_4 : si F et L étaient nuls, p_{23} resterait inchangée entre les deux états successifs du réseau. Mais le processus d'agrégation/désagrégation n'en existerait pas moins pour autant — à ceci près qu'il serait moins marqué — dès lors que p_{12} ou p_{34} augmenteraient (si E ou Q étaient différents de 0). (La situation limite où $E = F = L = Q = 0$ doit ici être écartée, car elle signifierait que le réseau ne connaîtrait aucun apprentissage à la date t_0). L'ampleur des déformations de la structure des propensions à communiquer dépend donc des comportements d'émission/réception observés par les agents lors de leurs communications, mais non l'existence même de ces déformations. D'une émission nulle d'information (l'agent est uniquement récepteur, voire exclu de la communication) à une émission maximale (le message émis par l'agent contient tout le répertoire cognitif de ce dernier), et d'une réception parfaite des représentations émises à une entière surdité à ces dernières : la gamme entière des comportements possibles circonscrits par ces extrêmes s'offre à chaque agent, et la richesse de la combinatoire en résultant au niveau global fait que les déformations de la structure des propensions à communiquer peuvent connaître des amplitudes fort diverses. Mais dès lors qu'un agent au moins reçoit une catégorie élémentaire informative, l'existence même de ces déformations est avérée. Terminons de le montrer avec l'exemple d'agents exclus de toute communication dans un état donné du réseau, tel A_5 dans l'exemple ci-dessus. En effet,

$$p_{15}(t_1) = C/(I + K - C + E) \leq p_{15}(t_0) = C/(I + K - C)$$

ce qui signifie que la propension à communiquer de A_5 et A_1 ne diminue entre les deux états successifs du réseau que si ce dernier est réellement récepteur d'information contenue dans le message émis par A_2 lors de leur communication, c'est-à-dire si E est non nul. Et en ce cas, cette diminution n'est inférieure à celle de p_{23} que si $E < L + F$. Elle peut tout aussi bien lui être égale (si $E = F + L$), voire supérieure (si $E > F + L$), mais ce type de déformation ne peut pas ne pas exister dès lors que E est non nul. Cet exemple nous permet d'introduire la notion de *contrefactuel* dans notre modélisation : quelque chose *aurait pu* se produire (A_5 aurait pu établir une communication), mais *ne s'est pas* produit (A_5 n'a rien fait de tel), et cette *absence* d'événement est encore un événement, puisqu'elle produit un effet (la déformation des probabilités) qui n'aurait pas existé sans elle. C'est cette notion qui représente le mieux la prégnance du *lien social* dans la modélisation de notre réseau, puisqu'elle met ici en évidence la solidarité fondamentale existant entre agents dont chaque action individuelle (y compris l'absence d'action) produit des effets qui rejaillissent sur l'ensemble des autres agents.

Le phénomène de formation d'amas d'agents ainsi analysé est fondamentalement cumulatif — il suffirait pour s'en convaincre de prendre pour état initial celui du réseau à la date t_1 . En tendant uniformément à transférer la variété⁵ du réseau du niveau des agents individuels, initialement équidistants et différents, vers celui d'amas toujours plus distants d'agents toujours plus ressemblants, cette forme d'évolution introduit un niveau hiérarchique *intermédiaire* entre les plans microscopique et macroscopique. Et finalement, cette évolution témoigne d'un durcissement croissant de la règle selon laquelle les communications les plus probables sont de forme dyadique, de sorte que la morphogenèse du réseau s'identifie à une formation ininterrompue d'amas différenciés d'agents au sein d'amas différenciés.

⁵ Le concept de variété invoqué ici est celui introduit par W. R. Ashby [1956], qui désigne par ce terme le nombre d'éléments différents que l'on peut repérer dans un ensemble donné.

3. Evolution la plus probable du réseau et genèse des conventions

Cette analyse montre que, contrairement à une opinion répandue, la communication n'est pas synonyme de rapprochement des "points de vue" au sein de la société globale : ce n'est que localement (au niveau de chaque amas d'agents) qu'elle produit un tel effet, et cet effet local se traduit au contraire au niveau global par une accentuation des différences et des points de vue entre les amas d'agents. Car la communication sociale n'est quasiment jamais celle de *tous* les agents simultanément : au-delà de l'existence de communications impossibles entre certains agents, seul un sous-ensemble des communications possibles se réalise dans chaque état du réseau — et nous savons que ce sous-ensemble est le plus probablement celui des communications dyadiques. En outre, chaque agent individuel engagé dans ce dernier type de communication (tel A_2 avec A_1) s'éloigne davantage de tous les agents engagés dans d'autres communications dyadiques (tel A_3 avec A_4) qu'il ne s'éloigne des agents n'ayant communiqué avec personne lors de la période considéré (tel A_5). En effet, alors que

$$p_{12}(t_0) = p_{23}(t_0) = p_{34}(t_0) = p_{45}(t_0) = p_{51}(t_0)$$

nous avons à présent :

$$p_{12}(t_1) = p_{34}(t_1) > p_{15}(t_1) = p_{45}(t_1) > p_{23}(t_1)$$

Ce qui précède montre donc que ce sont d'abord des conventions *locales* qui s'établissent en rassemblant des sous-ensembles d'agents, et non une convention *générale* sur laquelle s'accorderait l'ensemble de ces derniers. Dans notre exemple, une convention locale s'établirait à la date t_1 entre les agents A_1 et A_2 sur la base de toutes les combinaisons des catégories élémentaires C_1 , C_2 et C_3 , et une autre convention locale s'établirait simultanément entre les agents A_3 et A_4 sur la base de toutes les combinaisons des catégories élémentaires C_3 , C_4 et C_5 . Comme dans le modèle à deux agents présenté plus haut, à la date t_1 certaines représentations sont désormais *simultanément formées par chacun* des adhérents à une convention locale, alors qu'à la date t_0 elles n'étaient *formées par aucun de ces agents* : celles que formalisent les combinaisons $\{C_1C_3\}$ et $\{C_1C_2C_3\}$ dans les répertoires cognitifs de A_1 et A_2 , adhérents de la première convention, et les combinaisons $\{C_3C_5\}$ et $\{C_3C_4C_5\}$ dans les répertoires cognitifs de A_3 et A_4 , adhérents de la seconde. Ces deux conventions locales sont en réalité *concurrentes*. Observons en effet qu'elles reposent toutes deux sur des représentations partagées contenant la catégorie élémentaire C_3 . Considérée isolément, cette dernière apparaît donc comme une représentation partagée par les quatre agents A_1 , A_2 , A_3 et A_4 , bien qu'elle présente pour les agents A_1 et A_2 une signification commune — formalisée, entre autres, par $\{C_1C_2C_3\}$ — différente de la signification commune qu'elle présente pour A_3 et A_4 — formalisée, entre autres, par $\{C_3C_4C_5\}$. La catégorie C_3 peut donc s'interpréter ici comme une formalisation du socle cognitif commun à tous de *l'objet même* des deux conventions concurrentes, ou comme une formalisation de l'énoncé du *problème* (tous les automobilistes souhaitent rouler du même côté de la route). Quant aux représentations communes à chaque couple d'agents (de type $\{C_1C_2C_3\}$ ou $\{C_3C_4C_5\}$), elles peuvent alors être associées à *deux équilibres de Nash portant sur cet objet*, ou à l'énoncé de *solutions possibles* du problème entre lesquelles le choix est indécidable (une partie des automobilistes souhaite rouler sur le côté droit de la route, et une partie équivalente souhaite rouler sur le côté gauche).

4. Convention, contrainte et concurrence

Cette modélisation permet d'explicitier formellement le caractère *relatif* de la contrainte avec laquelle de telles conventions s'imposent aux agents. Comme le souligne P.-Y. Gomez [1994, p. 105], une convention établie tolère souvent l'interprétation, au sens où, *sans la remettre en question*, les agents peuvent moduler son application en fonction du contexte présent⁶. Interprétons ce caractère relatif de la contrainte conventionnelle en termes de notre modélisation, en rappelant d'abord la position de W. V. Quine sur la communication :

"je veux communiquer qu'on m'a volé une vieille épée à laquelle j'étais sentimentalement attaché parce que le beau-père de ma mère s'en était servi à la bataille de Gettysburg. Mon interlocuteur, que les musées ennuiant, n'a jamais vu d'épée, ni posé les yeux en connaissance de cause sur le beau-père de quiconque. Jamais ni lui ni moi n'avons assisté à un vol ou une bataille ni, peut-on supposer, visité Gettysburg. Quant aux attachements sentimentaux, on sait à peine par où commencer. Pourtant, sans aucun doute, la communication est établie. On comprend bien pourquoi. Mon interlocuteur connaît le mot "épée" pour l'avoir vu et entendu dans divers contextes et pour l'avoir vu ou entendu expliquer par des mots ou des images. Je connais le mot pour l'avoir vu et entendu dans d'autres contextes et pour l'avoir vu et entendu expliquer d'autres manières, notamment par la présence de l'objet réel. Ces multiples voies d'accès au mot se rejoignent d'un bout à l'autre de la société en un réseau cohérent." [(W.V. Quine [1992, p. 37-38]).

C'est précisément ce type de réseau que nous avons modélisé, à la seule différence que là où Quine dit "mot" nous disons "catégorie". La catégorie psychologique formalisée par le singleton $\{C_3\}$ dans notre modèle à deux agents est un *analogon* du mot "épée" utilisé par Quine : les deux interlocuteurs doivent le connaître pour pouvoir communiquer, bien que ses réseaux sémantiques soient différents pour ces deux interlocuteurs car historiquement construits dans des contextes différents pour chacun d'eux. De fait, la catégorie C_3 , dont la présence dans les répertoires cognitifs des agents A_i et A_k est nécessaire pour que ces derniers puissent communiquer à la date t_0 , participe par ailleurs d'un réseau sémantique constitué des combinaisons de catégories $\{C_1C_3\}$, $\{C_3C_5\}$ et $\{C_1C_3C_5\}$ pour A_i , alors qu'elle participe d'un réseau sémantique différent, constitué des combinaisons $\{C_2C_3\}$, $\{C_3C_4\}$ et $\{C_2C_3C_4\}$ pour A_k . Produit des apprentissages passés des agents, ces différences de significations n'empêchent pas la communicabilité de messages tels que " C_3C_5 " ou " C_2C_3 " entre ces derniers. Le fondement cognitif de la tolérance manifestée par une convention vis-à-vis des interprétations qu'en forment ses adhérents s'identifie donc ici à la *dépendance de la signification* de chaque catégorie élémentaire donnée *par rapport au contexte cognitif spécifique* dans lequel elle vient s'insérer. Dans chaque état du réseau cognitif global, chaque interprétation individuelle des représentations partagées sous-tendant une convention donnée porte ainsi la marque de l'agent considéré : au sein de la population d'adhérents à cette convention, aucun ne l'observe exactement de la même manière qu'aucun autre, bien que tous y reconnaissent un noyau de signification commune.

Comment distinguer alors une convention *partagée* par une population donnée d'agents, dont chacun lui accorde une signification différente, de plusieurs conventions *concurrentes* au sein de cette même population ? A partir de quand le degré de tolérance en matière d'interprétation d'une convention donnée se transforme-t-il en un signal de coexistence de plusieurs conventions concurrentes ? La réponse à ce type de questions n'est pas évidente,

⁶ "C'est le cas [...] pour la convention canonique "rouler à droite", lorsque l'automobiliste peut éviter un trou dans la chaussée. Il lui appartient souverainement *d'interpréter* localement le rapport entre la réalité et la convention, pour en faire une application adéquate. Cela ne signifie pas que chaque agent puisse *définir* (ou remettre en cause) la convention en tant que telle. [...] celle-ci est une structure d'auto-organisation. Elle échappe, par conséquent, à toute intention privée. De fait, rouler momentanément à gauche pour éviter un trou ne signifie pas remettre en cause la conduite à droite." (P.-Y. Gomez [1994, p. 104-105, italiques de l'auteur]).

car ce degré de tolérance et ce signal de coexistence apparaissent tous deux formalisés dans notre modèle par le même type de combinaisons de catégories élémentaires. Une solution possible consiste alors à distinguer, au sein du système global, l'information émise par la convention en tant que système de celle qu'émettent les adopteurs lorsqu'ils l'interprètent. Selon P.-Y. Gomez [1994], pour une quantité d'information totale donnée émise par ce système global, plus le volume d'information émise par la convention est important plus celui qu'émettent les adopteurs qui l'interprètent est faible, et réciproquement. Lorsque la convention émet un volume maximal d'information et que l'interprétation par les agents est minimale, le système conventionnel global est dit *monocentré* : la convention décrit avec précision un grand nombre de cas d'application (à la limite, tous les cas de figure possibles) et l'espace d'interprétation des adopteurs en est réduit d'autant (à la limite, cet espace est nul). A l'inverse, lorsque la convention émet un volume minimal d'information et que l'interprétation par les agents est maximale, le système conventionnel global est dit *polycentré* : la convention se réduit à un seul principe, en se contentant par exemple d'énoncer son existence, et l'espace d'interprétation des adopteurs représente alors une part maximale dans la complexité du système conventionnel global.

Traduisons ce type de polarité dans le langage de notre modèle, en rapportant le nombre des catégories élémentaires impliquées dans la convention (ce sont par définition des catégories partagées) au volume (supposé donné) de la mémoire globale du réseau. Toutes choses égales par ailleurs, plus ce rapport est faible plus les différences de significations associées aux catégories partagées par les différents agents concernés restent contenues dans les marges de tolérance qu'admet une convention donnée au sein d'un système conventionnel polycentré. Inversement, plus ce rapport est élevé plus ces différences de signification se traduisent par la coexistence de conventions concurrentes au sein de systèmes conventionnels concurrents monocentrés. Imaginons ainsi un réseau cognitif qui ne contiendrait *que* des catégories élémentaires partagées par au moins deux agents — à l'exclusion de toute catégorie idiosyncrasique : les différences de significations respectivement accordées aux catégories partagées par chaque groupe donné de ces derniers se traduiraient alors par l'existence de deux conventions concurrentes — de deux systèmes conventionnels concurrents monocentrés. Gommions ainsi l'existence de toute catégorie élémentaire idiosyncrasique dans l'état du réseau tel qu'il était apparu à la date t_1 :

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	1	1	1	0	0
A_2	1	1	1	0	0
A_3	0	0	1	1	1
A_4	0	0	1	1	1
A_5	1	0	0	0	1

Nous distinguons ici deux systèmes conventionnels concurrents monocentrés : l'un, auquel adhèrent A_1 et A_2 , est sous-tendu par toutes les combinaisons des catégories élémentaires C_1 , C_2 et C_3 , alors que l'autre, auquel adhèrent A_3 et A_4 , est sous-tendu par toutes les combinaisons des catégories élémentaires C_3 , C_4 et C_5 . Chacun de ces deux sous-ensembles de catégories élémentaires correspond à une prescription exhaustive des cas d'application de la convention concernée, de sorte que la marge d'interprétation possible de cette dernière par ses adhérents est réduite à néant. Cette situation extrême se marque ici par le fait que les agents A_1 et A_2 forment en réalité un seul et même agent, de sorte que toute possibilité d'interprétation différentielle de leur commune convention a disparu, et il en va de même pour les agents A_3 et A_4 (en fait, la notion même de marge d'interprétation est alors dépourvue de

sens). Modifions à présent cet état en remplaçant deux catégories élémentaires partagées par deux catégories élémentaires idiosyncrasiques, C_2 figurant désormais dans répertoire cognitif du seul agent A_1 (et non plus dans ceux de A_1 et A_2), et C_4 figurant désormais dans le répertoire cognitif du seul agent A_3 (et non plus dans ceux de A_3 et A_4) :

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	1	1	1	0	0
A_2	1	0	1	0	0
A_3	0	0	1	1	1
A_4	0	0	1	0	1
A_5	1	0	0	0	1

Nous visualisons alors un seul système conventionnel polycentré, sous-tendu par C_3 , auquel adhèrent les agents A_1 , A_2 , A_3 et A_4 . La marge de tolérance qui fonctionne au sein de ce système conventionnel s'exprime analytiquement par les combinaisons des catégories élémentaires C_1 , C_2 et C_3 — hormis le singleton $\{C_3\}$ — correspondant à l'interprétation de A_1 , la combinaison $\{C_1C_3\}$ correspondant à celle de A_2 , les combinaisons des catégories élémentaires C_3 , C_4 et C_5 — hormis le singleton $\{C_3\}$ — correspondant à l'interprétation de A_3 , et la combinaison $\{C_3C_5\}$ correspondant à celle de A_4 . La dispersion de ces combinaisons de catégories élémentaires parmi les agents marque la diversité des interprétations que donnent ces derniers à leur commune convention. Corrélativement, cette dispersion s'oppose à l'identification de ces combinaisons de catégories élémentaires à des socles cognitifs de conventions concurrentes, dont chacun réclamerait au contraire une certaine homogénéité dans la répartition de ces combinaisons parmi les agents — cette homogénéité étant maximale dans chacun des deux systèmes conventionnels monocentrés évoqués plus haut.

De manière générale, plus la redondance du réseau est grande, plus ces différences de signification signalent la coexistence de conventions concurrentes, et plus cette redondance est faible, plus ces différences traduisent le degré de tolérance associé à une convention donnée. D'un point de vue analytique, il est difficile d'aller plus loin que l'expression d'une telle polarité dans le but de distinguer une convention commune diversement interprétée de plusieurs conventions concurrentes. Toute notion de "seuil critique" au sein de cette polarité, à partir duquel on basculerait de l'une à l'autre de ces situations, serait elle-même arbitraire, et résulterait en réalité du niveau *métaconventionnel* qui serait celui auquel les agents concernés trancheraient en faveur de l'une ou l'autre interprétation de leurs différences d'interprétation de la (des) convention(s) en cause. C'est d'ailleurs ce que l'on peut parfois observer dans les conventions concrètes, dont les adhérents se demandent si telle interprétation reste compatible avec la convention existante ou si elle signale au contraire l'apparition d'une convention concurrente.

En conclusion, soulignons que nous aurions tout aussi bien pu supposer que, parmi les cinq communications dyadiques possibles à la date t_0 , ce sont d'autres couples d'agents (par exemple, A_2 et A_3 d'une part, et A_4 et A_5 d'autre part) qui communiquent. Tel aurait pu être le résultat d'un autre lancer de dés, et ces autres couples d'agents auraient échangé d'autres messages, et l'évolution la plus probable du réseau aurait ainsi mené à la formation d'autres socles cognitifs d'autres conventions. Il est clair que les contenus *précis* de l'émergence de conventions dépendent entièrement des catégories élémentaires *précises* figurant dans les messages qu'échangent des agents individuels *précis* lors de leurs communications. C'est ce type de contenus qui est la "question pour l'histoire" évoquée plus haut à la suite de P. Pettit, et c'est donc à ce niveau que se tient le caractère arbitraire de toute convention, formalisé par

la cinquième condition de Lewis. Mais à ce niveau seulement, car d'autres messages émis par d'autres agents auraient produit exactement les mêmes *types* de résultats : à partir d'un état non conventionnel où les représentations sont distribuées parmi les agents, toute séquence de communications entre ces derniers produit le plus probablement au moins un état conventionnel où certaines représentations sont partagées. Ce résultat n'est nullement une question pour l'histoire, mais le produit nécessaire de notre analyse théorique qui porte sur *l'apparition même* de conventions, alors que l'émergence de *telle* convention observable demeure d'ordre strictement contingent. Notre modélisation permet finalement d'esquisser une analyse théorique de la genèse des fondements cognitifs des conventions en tant que formes *génériques* de coordination interindividuelle, et laisse en effet à l'histoire le soin de trancher la question des *contenus empiriques* que revêtent de telles formes.

Références

- Ashby W.R. [1956], *An Introduction of Cybernetics*, Chapman and Hall.
- Atlan H. [1972], *L'Organisation biologique et la Théorie de l'information*, Hermann.
- Atlan H. [1979], *Entre le cristal et la fumée. Essai sur l'organisation du vivant*, Seuil.
- Atlan H. [1991], "L'intuition du complexe et ses théorisations, in F. Fogelman Soulié (éd.), *Les théories de la complexité. Autour de l'oeuvre d'Henri Atlan*, Seuil, p. 9-42.
- Atlan H. [1999], *La fin du "tout génétique" ? Vers de nouveaux paradigmes en biologie*, INRA Editions.
- Bateson G. [1977], *Vers une écologie de l'esprit, Tome I*, Seuil, (1ère éd., américaine, *Steps to an Ecology of Mind*, Chandler Publishing Company, 1972).
- Bateson G. [1980], *Vers une écologie de l'esprit, Tome II*, Seuil, (1ère éd., américaine, *Steps to an Ecology of Mind*, Chandler Publishing Company, 1972).
- Bateson G. [1984], *La Nature et la Pensée*, Seuil, (1ère éd., américaine, *Mind and Nature. A necessary unity*, 1979).
- Bateson G. [1996], *Une unité sacrée. Quelques pas de plus vers une écologie de l'esprit*, Seuil, (1ère éd. américaine, *A Sacred Unity*, Harper & Row, 1991).
- Batifoulier P. (dir.) [2001], *Théorie des conventions*, Economica.
- Boyer R. & Orléan A. [1994], "Persistance et changement des conventions. Deux modèles simples et quelques illustrations", in A. Orléan (éd.), *Analyse économique des conventions*, PUF, p. 219-247.
- Degenne A & Forsé M. [1994a], "Comment on trouve ses amis. Enquête sur la sociabilité des Français", in *Les liens sociaux invisibles*, numéro hors série de *Sciences Humaines*, n° 5, mai-juin, p. 20-24.
- Degenne A & Forsé M. [1994b], *Les Réseaux sociaux*, Armand Colin.
- Delaye J.-P. [2002], *L'intelligence et le calcul, de Gödel aux ordinateurs quantiques*, Belin.
- Dupuy J.-P. [1989], "Conventions et Common Knowledge", *Revue économique*, (40), n°2, mars, p. 361-400.
- Dupuy J.-P. [1992], *Introduction aux sciences sociales. Logique des phénomènes collectifs*, Ellipses.
- Gomez P.-Y. [1994], *Qualité et Théorie des Conventions*, Economica.
- Lewis D. K. [1969], *Convention : A philosophical study*, Harvard University Press.
- Lewis D. K. [1983], "Languages and Language", *Philosophical Papers*, vol.I, Oxford University Press, p. 163-188.
- Orléan A. [1994], "Vers un modèle général de la coordination économique par les conventions", in A. Orléan (éd.), *Analyse économique des conventions*, PUF, p. 9-40.
- Pettit P. [1993], "Normes et choix rationnels", *Réseaux*, n° 62, nov.-déc., p. 87-111.
- Quine W.V. [1992], *Quiddités. Dictionnaire philosophique par intermittence*, Seuil, (1ère édition, américaine : *Quiddities. An Intermittently Philosophical Dictionary*, The Belknap Press of Harvard University Press, 1987).
- Rallet A. [1993], "La théorie des conventions chez les économistes", *Réseaux*, n° 62, nov.-déc., p. 43-61.
- Schelling T.C. [1960], *The Strategy of Conflict*, Oxford University Press.
- Weaver W. & Shannon C., [1975], *Théorie mathématique de la communication*, Retz, 1975, (1ère éd., américaine, *The Mathematical Theory of Communication*, 1949, University of Illinois).
- Young H.P. [1996], "The Economics of Convention", *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 10, Nr. 2, Spring, p. 105-122.