

## Structure d'interactions et problème de coordination : une approche expérimentale

Kene Boun My, Marc Willinger et Anthony Ziegelmeyer

---



### Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/rei/424>

DOI : 10.4000/rei.424

ISSN : 1773-0198

### Éditeur

De Boeck Supérieur

### Édition imprimée

Date de publication : 15 septembre 2006

Pagination : 245-266

ISSN : 0154-3229

### Référence électronique

Kene Boun My, Marc Willinger et Anthony Ziegelmeyer, « Structure d'interactions et problème de coordination : une approche expérimentale », *Revue d'économie industrielle* [En ligne], 114-115 | 2e-3e trimestre 2006, mis en ligne le 03 décembre 2007, consulté le 02 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/rei/424> ; DOI : 10.4000/rei.424

---

Kene BOUN MY  
BETA-Theme, Université Louis Pasteur

Marc WILLINGER  
LAMETA, Université de Montpellier 1

Anthony ZIEGELMEYER  
Max Planck Institute of Economics, Strategic Interaction Group

# STRUCTURE D'INTERACTIONS ET PROBLÈME DE COORDINATION : UNE APPROCHE EXPÉRIMENTALE (\*)

**Mots-clés :** Coordination, jeux évolutionnaires, sélection d'équilibre, expériences

**Key words :** Coordination, Evolutionary games, Equilibrium selection, Experiments, Local interactions.

## I. — INTRODUCTION

De quelle manière les agents coordonnent-ils leurs actions afin d'obtenir le résultat le plus favorable ? La théorie des jeux n'offre malheureusement pas de réponse définitive à cette question qui a stimulé de nombreuses contributions théoriques et expérimentales depuis les travaux de Schelling [1960]. Pour les jeux de coordination pure, Schelling avait avancé l'idée que les agents avaient tendance à se focaliser sur certains équilibres, ceux dont les actions sont les plus « saillantes ». Une des manières d'obtenir ce type de coordination consiste à rompre la symétrie inhérente aux jeux de coordination pure. Plusieurs expériences ont montré qu'on pouvait créer une telle asymétrie en substituant à la procédure de décision simultanée une procédure séquentielle. Avec la procédure séquentielle, les agents choisissent leurs actions dans un ordre fixé de façon exogène, mais l'ensemble des actions n'est révélé publiquement que lorsque tous les agents ont pris leur décision. Bien que le jeu standard et le jeu

(\*) Nous remercions vivement Gary Charness, Jacques Durieu, Nicolas Jonard, Philippe Solal, Jean-Marc Tallon et Gisèle Umbhauer pour leurs précieux commentaires et suggestions.

séquentiel soient stratégiquement équivalents, les expériences ont révélé des différences de comportement significatives de la part des sujets. Par exemple, dans un jeu de « bataille des sexes » à deux joueurs, Cooper, Dejong, Forsythe et Ross [1993] ont montré que l'équilibre favorable au premier joueur était joué plus fréquemment, et que plus généralement le premier joueur jouit d'un avantage sur ses successeurs. Des résultats similaires ont été obtenus dans le cas de jeux de ressource commune par Budescu, Suleiman et Rapoport [1995], Rapoport [1997], Suleiman, Rapoport et Budescu [1996] et d'autres. Abele, Bless et Ehrhart [2004] ont montré que l'introduction de la séquentialité permettait aux sujets de se coordonner sur un équilibre Pareto supérieur, comparée à une procédure de choix simultané. L'idée qui sous-tend la facilité de coordination en cas de choix séquentiels est l'hypothèse d'observabilité virtuelle (Weber et Camerer [2004]). Les agents se comporteraient comme en situation d'observabilité, c'est-à-dire comme s'ils pouvaient se communiquer leurs décisions.

Dans cet article nous introduisons un autre type d'asymétrie, en faisant interagir les agents de façon répétée avec des partenaires privilégiés. Au lieu de jouer avec un partenaire tiré au hasard dans une grande population, chaque agent interagit exclusivement avec un petit nombre de partenaires de son proche voisinage. Les agents ont alors la possibilité de se coordonner localement puis de faire émerger une coordination au niveau de l'ensemble de la population. Dans cette perspective nous étudions expérimentalement l'influence de la structure d'interactions locales sur la sélection d'équilibre dans un jeu de coordination. Lorsque la structure d'interactions est globale, le comportement de chaque agent est directement influencé par les décisions de tous les agents qui forment la population. *A contrario*, les interactions sont dites locales si chaque agent n'interagit directement qu'avec un sous-ensemble de la population. L'hypothèse d'interaction locale introduit une dimension spatiale dans l'économie (Kirman [1994]), les agents sont « physiquement » répartis dans un environnement spatial donné et les interactions sont modélisées comme les distances qui les séparent. Ces distances peuvent aussi bien refléter une caractéristique géographique que des différences socio-économiques entre ces agents. Les structures d'interactions locales sont caractéristiques de nombreuses situations économiques telles que l'économie territoriale (Krugman [1994]), l'adoption de technologie (Allen [1982a]) ou la diffusion d'information et la propagation d'opinions (Allen [1982b]). En particulier, Allen [1982a] étudie un processus stochastique d'adoption technologique avec externalités de réseau. Il montre que le processus peut converger vers un état synonyme de diffusion complète de la technologie et que l'étendue de la diffusion du standard technologique est fortement influencée par les caractéristiques locales de la structure d'interactions (1).

(1) Voir aussi Hagenbach et Koessler (en troisième partie de ce numéro) qui étudient l'impact des caractéristiques structurelles des réseaux de communication, notamment l'influence des liens forts ou faibles, dans la vitesse de diffusion d'un nouveau standard technologique.

Nous analysons les décisions prises en laboratoire par des sujets interagissant au travers d'un jeu de coordination. Douze groupes de sujets interagissent sur la base d'une structure d'interactions globales et douze groupes de sujets interagissent sur la base d'une structure d'interactions locales. En interaction globale, un sujet interagit directement avec tous les membres de son groupe, alors qu'en interaction locale chaque sujet n'interagit qu'avec les sujets qui forment son voisinage. Du fait de l'interconnexion des voisinages en interaction locale, le comportement d'un sujet est aussi affecté par les décisions des autres membres du groupe ne faisant pas partie de son voisinage et sa propre décision influence également les joueurs ne se trouvant pas dans son voisinage. Le jeu de base implémenté en laboratoire est un jeu de coordination à deux joueurs et deux actions par joueur, symétrique, et qui possède deux équilibres de Nash stricts et symétriques et un équilibre de Nash en stratégie mixte. Les deux équilibres de Nash en stratégie pure sont Pareto ordonnés : l'un est un équilibre Pareto dominant et l'autre un équilibre risque dominant suivant la définition de Harsanyi et Selten [1988]. L'équilibre risque dominant est l'équilibre dont le produit des pertes liées aux déviations de cet équilibre est le plus large. Ainsi, un joueur choisira l'action risque dominante dans le cas où il attribue à l'autre joueur la même probabilité de choisir chacune des deux actions. Ce jeu de coordination est communément appelé le jeu de la « chasse au cerf » et il présente un conflit potentiel entre efficacité et sécurité. L'approche standard de la théorie des jeux de même que sa version évolutionnaire rejettent l'équilibre en stratégie mixte comme une issue possible du jeu de coordination mais ne livrent pas de conclusion définitive quant à l'équilibre strict qui sera sélectionné (voir la section 2).

Nous comparons pour les deux structures d'interactions trois matrices de gain différentes, chaque matrice générant un degré d'attractivité différent pour l'équilibre risque dominant. En interaction globale, nous observons que i) les situations hors équilibre sont rares, ii) le choix modal en première période est la stratégie Pareto dominante, et iii) les choix de première période déterminent fortement les choix de dernière période. Les deux premiers faits stylisés s'observent également en interaction locale mais lorsque l'équilibre risque dominant devient plus attractif la convergence (2) vers cet équilibre se fait plus fréquemment. Enfin, nos résultats n'indiquent aucune différence de vitesse de convergence vers un équilibre entre les deux structures d'interactions.

Dans la section suivante nous présentons une revue de la littérature théorique et expérimentale concernant la sélection d'équilibre dans les jeux de coordination. La section 3 présente la structure du jeu et la section 4 décrit le protocole expérimental. Nos résultats sont commentés dans la section 5 et nous concluons par la section 6.

(2) La notion de convergence est définie dans la section 5.3.

## II. — LITTÉRATURE THÉORIQUE ET EXPÉRIMENTALE

### 2.1. La littérature théorique

Concernant le problème de la sélection d'un équilibre dans un jeu de coordination possédant plusieurs équilibres de Nash stricts, l'approche orthodoxe de la théorie des jeux n'a pas d'opinion tranchée sur cette question (3). Ainsi, Harsanyi et Selten [1988] privilégient l'équilibre Pareto dominant au nom d'une rationalité collective. Carlsson et van Damme [1993] ont introduit la notion de jeu global qui raffine la théorie des jeux standard par le relâchement de l'hypothèse de connaissance commune de la structure du jeu. Ainsi, l'introduction d'une légère perturbation informationnelle sur les paiements des joueurs sélectionne l'équilibre risque dominant du jeu (concernant les jeux globaux, voir respectivement Tallon et Tercieux dans la première partie de ce numéro). Harsanyi [1995] est revenu sur sa position en proposant une nouvelle théorie de la sélection d'équilibre qui retient comme critère de sélection la risque dominance au nom « d'une plus grande unicité théorique et d'une compréhension plus intuitive » comparé à Harsanyi et Selten [1988].

L'approche évolutionnaire de la théorie des jeux considère les comportements d'apprentissage et adaptatifs comme des composantes importantes dans la compréhension des choix stratégiques lorsque les joueurs sont confrontés à un jeu répété. En se basant sur des processus dynamiques déterministes, par exemple une dynamique de meilleure réponse myope, ces modèles prédisent que l'équilibre sélectionné sera fortement influencé par l'histoire du jeu. Kandori, Mailath et Rob [1993] (par la suite KMR) et Young [1993] ont repensé ces dynamiques d'apprentissage en y introduisant une faible probabilité d'erreur et ont montré que l'ajout de cet aléa pouvait changer de manière significative le résultat des dynamiques déterministes. Ces modèles stochastiques prédisent que la distribution limite converge vers l'équilibre risque dominant. Ce résultat est cependant tributaire de la règle de meilleure réponse. En effet, Robson et Vega-Redondo [1996] ont montré que lorsque les joueurs sont rééchantillonnés de manière aléatoire à chaque période et ajustent leur décision en fonction des gains moyens réalisés par chaque stratégie, l'équilibre Pareto dominant est sélectionné lorsque les probabilités d'erreur tendent vers zéro. Sur la base du critère de stabilité stochastique, la théorie des jeux évolutionnaires prédit donc que le processus de sélection favorise la convention (4) Pareto dominante lorsque la dynamique est impulsée par des comportements d'imitation alors qu'il favorise la convention risque dominante lorsque la dynamique

- (3) Cette multiplicité d'équilibres est due au fait que les règles du jeu qui incluent la structure des paiements ainsi que la rationalité des joueurs sont de connaissance commune (concernant l'hypothèse de connaissance commune de la rationalité des joueurs voir l'article de Ménager et Tercieux dans la première partie de ce numéro).
- (4) Une convention est un profil d'actions tel que chaque individu de la population adopte la même action.

est impulsée par des comportements optimisateurs (voir Baron et Solal dans la deuxième partie de ce numéro). Finalement, Bergin et Lipman [1996] ont montré que tous ces effets de raffinement sur la sélection de l'équilibre à long terme par l'ajout d'erreurs infimes ne sont dus qu'aux restrictions sur la manière dont les probabilités d'erreur sont imposées au cours du temps. Ils démontrent ainsi que si les probabilités d'erreur varient à des taux différents suivant les états (5) du système, alors aucun raffinement sur la sélection d'équilibre n'est possible et chacun des deux équilibres peut être obtenu.

Au contraire de l'approche orthodoxe, l'approche évolutionnaire de la théorie des jeux attribue une importance particulière à la structure d'interactions, celle-ci ayant un impact non négligeable sur la dynamique de jeu. Ellison [1993], en étendant le modèle de KMR [1993] aux interactions locales, a montré que l'équilibre risque dominant est toujours l'équilibre sélectionné à long terme. Blume [1993] obtient le même résultat pour un treillis infini à deux dimensions où chaque agent peut dévier de sa stratégie de meilleure réponse avec une probabilité dépendante d'une perte au niveau des gains pour le futur causée par cette même déviation (règle de décision de type « logit »). Berninghaus et Schwalbe [1996] à travers un modèle d'interaction locale déterministe dans un réseau d'automates où chaque joueur joue une stratégie de meilleure réponse myope n'excluent pas une coexistence possible de plusieurs conventions à l'équilibre, une convention étant une situation où tous les joueurs adoptent la même stratégie (6). Ces modèles d'interaction prédisent aussi une convergence plus rapide vers les équilibres lorsque les interactions sont locales. En partant d'un état initial où la majorité des joueurs adoptent la stratégie Pareto dominante, le temps d'attente moyen avant que tous les joueurs adoptent la stratégie risque dominante est plus faible en interaction locale qu'en interaction globale pour une probabilité d'erreur donnée (7).

## 2.2. La littérature expérimentale

Étant donné l'indétermination théorique de la solution des jeux de coordination, ces derniers se prêtent particulièrement bien à des tests de laboratoire. De nombreuses expériences ont été réalisées en interaction globale (pour une revue de la littérature voir Ochs [1995]). Les résultats montrent que la répétition des interactions entre les sujets permet généralement de résoudre le pro-

- (5) Un état est une histoire tronquée du jeu répété.
- (6) Voir également Berninghaus, Haller et Outkin dans la troisième partie de ce numéro pour une modélisation à l'aide de réseaux d'automates à seuil avec des dynamiques de meilleures réponses stochastiques.
- (7) En prenant comme hypothèse une structure informationnelle asymétrique au niveau des couples de joueurs Durieu et Solal [2003] parviennent à rompre les cycles des dynamiques déterministes présents chez Ellison [1993] et réduisent le temps moyen du premier passage d'un équilibre de Nash à l'autre dans les dynamiques stochastiques.

blème de la coordination, les solutions hors équilibres étant rarement observées. Cependant l'incertitude stratégique conduit majoritairement à une coordination sur l'équilibre sous-optimal en termes de gains. L'expérimentation a également révélé l'influence de certains facteurs, théoriquement neutres, pour la convergence vers l'équilibre. Par exemple, Van Huyck, Battalio et Bell [1990] (par la suite VHBB) ont observé que dans les « weakest link games » (8) répétés et finis, la coordination sur l'équilibre le moins efficace est d'autant plus fréquente que la taille de la population est grande (9).

Plus récemment, des études expérimentales ont cherché à identifier les faits stylisés qui sont en adéquation avec l'approche évolutionnaire dans ces jeux de coordination répétés de type « chasse au cerf ». Dans le cas de l'interaction globale, Battalio, Samuelson et Van Huyck [2001] (par la suite BSVH) retiennent les trois faits stylisés suivants : 1) les situations hors équilibres sont rares, 2) à la première période la stratégie Pareto dominante constitue le choix modal, 3) les choix de première période déterminent fortement les choix de dernière période. BSVH [2001] ont également montré que l'incitation à jouer une meilleure réponse par les sujets expérimentaux dépend de façon cruciale de la *prime d'optimisation* qui est définie comme la différence de paiements attendue des deux stratégies. Dubois, Willinger et Nguyen Van [2005] ont également montré que la probabilité de jouer une meilleure réponse dépendait non seulement de la prime d'optimisation mais aussi du risque relatif des deux stratégies.

L'étude expérimentale des structures d'interactions locales a été initiée par Keser, Ehrhart et Berninghaus [1998] dans le cadre d'un jeu de coordination à trois joueurs et deux actions et pour lequel le gain d'un joueur correspond au gain minimal des deux interactions. Les résultats observés sur la sélection d'équilibre sont radicalement différents suivant le type d'interaction pris en compte. En effet, lorsque tous les joueurs sont localisés sur un cercle, chaque joueur ne pouvant interagir qu'avec ses deux plus proches voisins, les joueurs se coordonnent sur l'équilibre risque dominant. À l'opposé, lorsque les groupes sont fixes et en l'absence d'interaction locale, l'équilibre Pareto dominant est plus fréquemment observé que l'équilibre risque dominant. Par la suite, Berninghaus, Ehrhart et Keser [2002] sur la base du même jeu de coordination, ont étudié l'impact des structures d'interactions locales et la taille de leur voisinage sur les choix stratégiques des joueurs et pour lequel le gain d'un joueur est déterminé soit par le gain minimal des interactions soit par le gain

- (8) Un « weakest link game » est un jeu de coordination pure dans lequel les gains des individus sont partiellement déterminés par l'effort minimum consenti dans la population.
- (9) Crawford [1991] donne une interprétation évolutionniste pour ces résultats expérimentaux et Carlsson et Ganslandt [1998] en « perturbant » les jeux de coordination symétriques fournissent une base théorique aux résultats de VHBB [1990].

moyen (10). Leurs résultats montrent, dans le cas d'un gain moyen, que la convergence vers l'équilibre Pareto dominant est tout aussi fréquente pour les groupes fixes que pour un cercle. De même, lorsque les joueurs sont localisés sur un cercle, la taille du voisinage n'influence pas de manière significative les choix individuels. Par contre dans le cas du cercle et du treillis à quatre voisins, le treillis est une structure plus favorable à l'émergence de la convention risque dominante que le cercle. Plus récemment, Cassar [2004] a comparé la convergence à l'équilibre pour trois structures d'interactions différentes : un réseau d'interactions locales, un réseau aléatoire et un réseau de type « small-word ». Ses résultats montrent une tendance à converger vers l'équilibre Pareto dominant, cette convergence étant bien plus forte dans le cas d'un réseau « small-word » que pour les deux autres structures d'interactions.

À notre connaissance, cette étude expérimentale constitue le premier test de l'effet de la structure d'interactions sur la dynamique d'un jeu de coordination.

### III. — LE JEU DE COORDINATION

Le jeu de base est un jeu symétrique (voir figure 1) dans lequel chaque joueur doit choisir entre une action X et une action Y. Si les deux joueurs choisissent X, ils reçoivent tout deux un gain a ; si les deux choisissent Y ils reçoivent d. Si un joueur joue X et l'autre Y, alors le premier reçoit c et l'autre b. Nous imposons que  $a > b$  et  $d > c$ , une condition nécessaire pour avoir deux équilibres de Nash en stratégie pure : (X,X) et (Y,Y). Nous fixons aussi comme hypothèse  $(d - c) > (a - b)$  et  $a > d$ , ces deux équilibres sont alors Pareto ordonnés, (X,X) étant l'équilibre Pareto dominant et (Y,Y) l'équilibre risque dominant. Ce jeu à une étape possède par ailleurs un équilibre de Nash en stratégie mixte pour lequel chaque joueur choisit X avec une probabilité  $p^* = (d - c) / (a + d - b - c) > 1/2$ .

Figure 1 - La matrice de gain du jeu de coordination

	X	Y
X	a, a	c, b
Y	b, c	d, d

Ainsi défini, ce jeu à une étape est communément appelé le jeu de la « chasse au cerf » et présente un conflit entre efficacité et sécurité. Bien que l'action X puisse rapporter le gain le plus élevé (a) si elle est mutuellement choi-

(10) Les données concernant le gain minimal proviennent de Keser, Ehrart et Berninghaus [1998].



sie, elle est aussi plus risquée car le joueur peut se retrouver avec le gain le plus faible (c) si l'autre joueur choisit l'action Y. Soit  $p$  la probabilité avec laquelle l'autre joueur choisit l'action X. Un joueur choisira l'action X seulement si  $p \geq p^* > 1/2$ . Plus précisément, un joueur choisit l'action Pareto dominante comme une meilleure réponse à la croyance selon laquelle l'autre joueur va choisir l'action Pareto dominante avec une probabilité supérieure à  $p^*$ . Ainsi, plus  $p^*$  est élevé et plus le choix de l'action risque dominante Y est attractif.

D'un point de vue évolutionnaire, l'équilibre risque dominant possède un bassin d'attraction (l'ensemble des états initiaux qui convergent vers cet équilibre) plus large en présence d'une dynamique de meilleure réponse déterministe (11). En interaction globale,  $p^*$  partage l'espace des états en deux bassins d'attraction, le bassin d'attraction de l'équilibre risque dominant et celui de l'équilibre Pareto dominant. Chaque bassin d'attraction possède un état absorbant dans lequel tous les joueurs adoptent la même action (12). Par la suite nous désignons par  $Y^\circ$  l'état stable (convention) où tous les joueurs adoptent l'action Y et  $X^\circ$  l'état stable où tous les joueurs adoptent l'action X. La taille du bassin d'attraction dépend des paramètres de la matrice de gain. Nous considérons trois matrices de gains distinctes (voir figure 2). Pour chacun des trois bassins d'attraction considérés,  $p^*$  est respectivement égal à 0,54 pour la matrice de paiement i, 0,67 pour ii et 0,80 pour iii. En passant de la matrice i à la matrice ii puis à iii, nous permettons, en interaction globale et sous l'hypothèse d'une dynamique de meilleure réponse déterministe, un nombre de plus en plus important d'états initiaux de converger vers l'état  $Y^\circ$ . Inversement, lorsque chaque joueur ne peut interagir qu'avec un voisinage composé seulement de deux individus, la valeur de  $p^*$  devient alors non pertinente car le bassin d'attraction de  $X^\circ$  ne possède plus qu'un seul état qui est  $X^\circ$  lui-même. La magnitude de  $p^*$  n'a donc plus aucune influence sur les tailles relatives des bassins d'attraction en interaction locale.

Figure 2 - Matrices de gain implémentées en laboratoire

	X	Y
X	50, 50	0, 25
Y	25, 0	30, 30

i

	X	Y
X	50, 50	0, 30
Y	30, 0	40, 40

ii

	X	Y
X	45, 45	0, 35
Y	35, 0	40, 40

iii

- (11) En raison des problèmes d'intégration, de tels résultats ne sont valables que pour une large population de joueurs sous interaction globale ou pour un voisinage réduit en interaction locale.
- (12) Notons que l'équilibre en stratégie mixte ne peut pas être un état absorbant dans un jeu symétrique.

#### IV. — LE PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

L'expérience comporte 2 x 3 traitements {interaction globale, interaction locale} x { $p^* = 0,54$ ;  $p^* = 0,67$ ;  $p^* = 0,80$ } avec quatre observations par traitement. Nous détaillons ci-dessous les deux règles d'appariement utilisées dans notre protocole expérimental ainsi que les prédictions théoriques auxquelles nous comparons par la suite nos résultats expérimentaux.

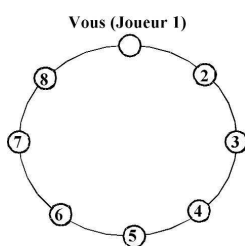
##### 4.1. L'interaction globale

Le jeu de coordination est répété pendant 50 périodes par un même groupe de huit joueurs. Sous interaction globale, chaque joueur appartenant à un groupe peut interagir avec tout autre joueur appartenant à son groupe. Le gain d'un joueur au cours d'une période dépend de son choix pour cette période et du choix du joueur auquel il est apparié. À la fin de chaque période, chaque joueur est informé de la distribution des décisions du groupe pour la période courante ; par contre il n'a aucune information concernant les décisions individuelles des autres joueurs du groupe. Le gain final d'un joueur est déterminé par la somme de ses gains pour les 50 périodes que dure le jeu. Les joueurs ont une information complète sur le jeu, les fonctions de paiement sont connaissance commune, de même que le nombre de périodes.

##### 4.2. L'interaction locale

Comme pour l'interaction globale, le jeu à une étape est joué 50 fois par le même groupe de huit joueurs, mais chaque joueur ne peut être apparié qu'avec un joueur faisant partie de son voisinage. Les joueurs sont distribués sur un cercle de telle sorte que le voisinage pour un joueur donné contient ses deux partenaires adjacents. La figure 3 décrit la structure d'interactions (elle figure aussi dans les instructions données aux sujets qui connaissent donc parfaitement la structure d'interactions utilisée). Dans cette configuration, le joueur 1 joue soit avec le joueur 2 soit avec le joueur 8. Le joueur 2 quant à lui n'interagit qu'avec 1 ou 3 et ainsi de suite. Le gain du joueur 1 dépend de sa propre décision et de la décision de son partenaire de la période courante, soit le

Figure 3 - Interactions locales sur un cercle



joueur 8 soit le joueur 2. À la fin de chaque répétition du jeu, on informe chaque joueur sur la distribution des choix effectués par son voisinage pour la période mais celui-ci ne connaît que les décisions individuelles prises par son voisinage direct et ne sait rien des décisions prises par les voisins de ses deux voisins. Le gain total d'un joueur est calculé de la même façon que pour l'interaction globale et les instructions sont connaissance commune.

### 4.3. Le déroulement des sessions

L'expérience a été réalisée en 1997 au LEES (Laboratoire d'Économie Expérimentale de Strasbourg) à l'aide d'un logiciel informatique (13). Les 192 participants ont été choisis aléatoirement au sein d'un pool composé d'environ 600 étudiants volontaires issus de diverses disciplines et qui n'ont jamais été confrontés à un jeu de coordination auparavant. Douze sessions ont été organisées, deux groupes de huit sujets par session. Les sujets ont été répartis aléatoirement par groupe de huit joueurs, les instructions écrites ont été distribuées, puis lues à voix haute, et un questionnaire pré-expérimental a vérifié leur bonne compréhension du jeu. Suivent ensuite deux périodes d'essai durant lesquelles les sujets sont confrontés à des choix simulés par ordinateur (14).

À la fin de chaque période chaque sujet était informé de son gain, du gain de son partenaire de la période courante, du nombre de joueurs ayant choisi X et Y dans son voisinage. À tout moment il pouvait également connaître son gain cumulé depuis le début de l'expérience. Les gains étaient exprimés en points puis convertis en francs à la fin de l'expérience avec un taux de conversion de 1 point équivalant à 0,04 franc. Les sujets recevaient outre leurs gains pour les périodes un forfait de participation de 30 francs.

### 4.4. Les prédictions théoriques

Par la suite, nous comparons les dynamiques de jeu observées en laboratoire à des dynamiques de meilleure réponse myope dans le but d'évaluer la capacité prédictive de l'approche évolutionnaire de théorie des jeux. En effet, notre protocole expérimental est défavorable à la notion de jeu global puisque la structure du jeu est de connaissance publique. De plus, des dynamiques impulsées par des comportements d'imitation sont impossibles puisque les sujets ne

(13) Développé sous Visual Basic par Kene Boun My [1997].

(14) Dans les sessions pilotes nous avons constaté que les décisions prises par les joueurs en première période du jeu étaient fortement influencées par les résultats obtenus pendant ces deux périodes d'essai où ils étaient confrontés à d'autres joueurs, même en redistribuant les groupes après les deux périodes d'essai. Nous avons donc essayé de neutraliser ce biais en les confrontant durant les deux périodes d'essai aux choix de l'ordinateur, ces choix étant annoncés à l'avance dans les instructions.

sont pas informés des gains obtenus au sein de la population et qu'ils ne disposent pas de suffisamment d'information pour les calculer (15).

Sous l'hypothèse d'une dynamique de meilleure réponse myope et d'un modèle d'erreur uniforme, nous obtenons des prédictions claires quant à l'impact de  $p^*$ , des structures d'interactions et de la vitesse de convergence du processus de sélection. En interaction globale, les bassins d'attraction des deux équilibres de Nash stricts ont la même taille lorsqu'on utilise la matrice de paiement i. Par contre pour les deux autres matrices ii et iii, l'équilibre risque dominant possède le plus grand bassin d'attraction. Ainsi, aucune convention n'est favorisée dans le cas de la première matrice de gain alors que pour les deux autres matrices la distribution limite devrait concentrer toute sa masse de probabilités sur l'équilibre risque dominant. En interaction locale, l'équilibre risque dominant possède le plus grand bassin d'attraction quelle que soit la matrice de gain utilisée et il devrait donc être l'équilibre sélectionné. Par ailleurs, en partant d'un état initial où la majorité des joueurs adoptent l'action Pareto dominante, le temps d'attente moyen avant que tous les joueurs adoptent l'action risque dominante est plus faible en interaction locale qu'en interaction globale pour une probabilité d'erreur donnée.

Notre protocole expérimental, même s'il ne reprend pas exactement les hypothèses de l'approche évolutionnaire de la théorie des jeux, demeure néanmoins utile pour apporter quelques explications sur les comportements agrégés d'une population de joueurs interagissant dans un environnement contrôlé. L'intérêt principal de la méthodologie expérimentale étant avant tout de découvrir quels facteurs peuvent influencer le résultat d'un processus et ceux ayant un rôle négligeable. Dans ce but, nous nous intéressons essentiellement à l'influence de la structure d'interactions et des matrices de paiement dans le résultat agrégé du processus d'interactions.

## V. — LES RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Nos résultats expérimentaux confirment les trois faits stylisés observés sous interaction globale et résumés par BSVH [2001]: les issues hors équilibres sont rares, la stratégie Pareto dominante est adoptée par la majorité des joueurs en première période, les décisions des joueurs en première période conditionnent la convergence du processus. Par ailleurs, nous comparons entre les deux règles d'appariement les taux de meilleure réponse en faisant l'hypothèse de

(15) Nous sommes conscients des limites d'un test expérimental de la théorie des jeux évolutionnaires. Premièrement, et afin de limiter la capacité prédictive de la notion de jeu global, nous avons fourni aux sujets expérimentaux une information structurelle plus importante que celle supposée par les modèles évolutionnaires. Bien qu'une dynamique de meilleure réponse myope reste possible dans un tel environnement elle semble plus difficile à justifier. Deuxièmement, l'approche évolutionnaire suppose une grande taille de population et un nombre important de périodes, deux hypothèses difficilement implémentables en laboratoire.

joueurs myopes. Les résultats du jeu coordination sont d'abord analysés au niveau individuel dans le paragraphe 5.1 puis au niveau des groupes dans les paragraphes 5.2 et 5.3.

Pour chaque traitement nous disposons de quatre observations indépendantes. Nous avons recours à des tests non paramétriques (test de Wilcoxon-Mann-Withney au seuil de 5 %) pour comparer entre eux les traitements.

### 5.1. Les résultats à l'équilibre

Le tableau 1 résume les données obtenues sur les 50 périodes. Pour les deux structures d'interactions, la première colonne précise les groupes, la deuxième donne les proportions d'équilibres de Nash observées sur les 50 périodes et la dernière celles des équilibres Pareto dominants ( $X^\circ$ ) parmi les équilibres Nash. L'intitulé des groupes se lit de la manière suivante, la première lettre indique la structure d'interactions (Globale ou Locale), suit la matrice de gain utilisée (0,54, 0,67 ou 0,80) et le dernier chiffre désigne le numéro du groupe.

*Tableau 1*  
*Proportion totale d'équilibres de Nash et d'équilibres Pareto dominants*

<i>Interaction globale</i>			<i>Interaction locale</i>		
<b>Groupe</b>	<b>Nash</b>	<b>Pareto</b>	<b>Groupe</b>	<b>Nash</b>	<b>Pareto</b>
G54.1	94 %	99 %	L54.1	77 %	93 %
G54.2	90 %	98 %	L54.2	78 %	91 %
G54.3	84 %	99 %	L54.3	80 %	96 %
G54.4	84 %	99 %	L54.4	76 %	97 %

(a) :  $p^* = 0,54$ .

<i>Interaction globale</i>			<i>Interaction locale</i>		
<b>Groupe</b>	<b>Nash</b>	<b>Pareto</b>	<b>Groupe</b>	<b>Nash</b>	<b>Pareto</b>
G67.1	100 %	100 %	L67.1	93 %	1 %
G67.2	95 %	100 %	L67.2	77 %	99 %
G67.3	86 %	9 %	L67.3	97 %	100 %
G67.4	87 %	100 %	L67.4	74 %	3 %

(b) :  $p^* = 0,67$ .

<i>Interaction globale</i>			<i>Interaction locale</i>		
<b>Groupe</b>	<b>Nash</b>	<b>Pareto</b>	<b>Groupe</b>	<b>Nash</b>	<b>Pareto</b>
G80.1	65 %	20 %	L80.1	92 %	4 %
G80.2	80 %	98 %	L80.2	83 %	6 %
G80.3	86 %	16 %	L80.3	60 %	75 %
G80.4	88 %	100 %	L80.4	80 %	9 %

(c) :  $p^* = 0,80$ .

La proportion moyenne d'équilibres de Nash pour les trois matrices de gain est égale à 86,58 % en interaction globale et 80,58 % en interaction locale, cette différence n'étant pas statistiquement significative. Quant aux proportions d'équilibres Pareto dominants parmi les équilibres de Nash, la proportion moyenne est égale à 78,17 % pour l'interaction globale et 56,17 % pour l'interaction locale ; cette différence n'est pas statistiquement significative. Nous observons pour  $p^* = 0,54$  une fréquence des équilibres Pareto dominants très élevée pour les deux structures d'interactions. Cette situation est plus contrastée pour  $p^* = 0,67$  et  $p^* = 0,80$ . Dans certains groupes l'équilibre Pareto dominant est plus fréquemment joué alors que pour d'autres groupes les équilibres risque dominants prédominent. Plus précisément, pour  $p^* = 0,54$ , les proportions d'équilibre de Nash et d'équilibre risque dominant, parmi les Nash, sont significativement plus élevées sous interaction globale que sous interaction locale ( $p = 0,014$ ). Pour  $p^* = 0,67$  ou  $p^* = 0,80$ , les proportions d'équilibres de Nash et d'équilibres Pareto dominants parmi les Nash, ne sont pas significativement différentes pour les deux structures d'interactions. En effet, pour  $p^* = 0,67$ , on observe clairement trois groupes jouant très fréquemment l'équilibre Pareto dominant sous interaction globale alors que le groupe restant a joué la grande majorité du temps l'équilibre risque dominant. Pour  $p^* = 0,80$  la moitié des groupes s'est focalisée sur l'équilibre Pareto dominant alors que l'autre moitié a opté pour l'équilibre risque dominant. De même on retrouve cette répartition égalitaire pour la structure d'interactions locales lorsque  $p^* = 0,67$ . Par contre pour  $p^* = 0,80$  on observe que trois groupes se coordonnent sur l'équilibre risque dominant alors que le groupe restant adopte majoritairement l'équilibre Pareto dominant.

On ne note aucune différence significative entre les deux structures d'interactions concernant les proportions d'équilibres de Nash pour les trois valeurs de  $p^*$ . On remarque cependant que pour la structure d'interactions locales, il existe une différence significative dans la proportion d'équilibres Pareto dominants : elle est significativement plus forte pour  $p^* = 0,54$  que pour  $p^* = 0,80$  ( $p = 0,014$ ). Pour les deux autres valeurs de  $p^*$  il n'y a pas de différence significative avec  $p^* = 0,67$  concernant les proportions d'équilibre de Nash.

Au vu de ces résultats nous concluons que les états hors équilibres sont rares en présence d'interactions globales, en adéquation avec le premier fait stylisé énoncé précédemment.

## 5.2. L'état initial et l'état final

Le tableau 2 page suivante, compare l'état initial observé en première période avec l'état final observé à la cinquantième période. Les expériences en laboratoire menées par le passé ont montré que pour les interactions globales, la stratégie la plus fréquemment jouée par les joueurs en première période est la stratégie Pareto dominante et la convergence du système ne dépend que de son état initial sous l'hypothèse d'une dynamique déterministe de meilleure réponse. Nous reportons dans le tableau 2 le nombre de joueurs ayant choisi X

à la première et à la dernière période pour les interactions globales. Par contre pour la structure d'interactions locales, il nous faut être plus précis, en nous fondant sur la dynamique de meilleure réponse. C'est pourquoi dans le tableau 2 nous détaillons les décisions prises individuellement par les joueurs (X ou Y) en première et dernière période. Par exemple dans le groupe G54.1, en période 1, six sujets sur les huit ont joué X et deux ont choisi Y. Les joueurs sont disposés sur un cercle (voir figure 3) et interagissent soit avec leur voisin de gauche soit avec leur voisin de droite.

Tableau 2 - État final et initial

<i>Interaction globale</i>			<i>Interaction locale</i>		
Groupe	Période 1	Période 50	Groupe	Période 1	Période 50
G54.1	6/8	8/8	L54.1	7/8 XYXXXXXXXX	7/8 XXXXYXXX
G54.2	6/8	7/8	L54.2	8/8 XXXXXXXXXXX	8/8 XXXXXXXXXXX
G54.3	7/8	8/8	L54.3	7/8 XXXXXXXYX	8/8 XXXXXXXXXXX
G54.4	7/8	8/8	L54.4	7/8 XXXXXYXX	7/8 XYXXXXXXXX
G67.1	7/8	8/8	L67.1	3/8 YYXYXYXY	0/8 YYYYYYYY
G67.2	6/8	8/8	L67.2	7/8 XXXXXXXY	8/8 XXXXXXXXXXX
G67.3	5/8	0/8	L67.3	8/8 XXXXXXXXXXX	8/8 XXXXXXXXXXX
G67.4	8/8	8/8	L67.4	4/8 XYXYXYXY	0/8 YYYYYYYY
G80.1	5/8	0/8	L80.1	2/8 YYYYYYXX	0/8 YYYYYYYY
G80.2	7/8	7/8	L80.2	5/8 XYXYXXX	0/8 YYYYYYYY
G80.3	6/8	1/8	L80.3	7/8 XXXYXXX	4/8 XYXYXYXY
G80.4	7/8	8/8	L80.4	7/8 XXXXYXXX	0/8 YYYYYYYY

Nos résultats confirment le second fait stylisé évoqué précédemment en interaction globale: le choix modal en première période est l'action Pareto dominante. Ce résultat est conforté par l'absence de différences significatives quant au nombre de joueurs ayant choisi X en première période pour des valeurs différentes de  $p^*$ .

Le changement de structures d'interactions a eu un léger impact sur les conditions initiales. Une comparaison entre les deux structures d'interactions ne révèle aucune différence significative pour la fréquence de choix de X en première période, quelle que soit la matrice de paiement. Finalement, en interaction locale on n'observe pas non plus de différences significatives pour le choix de X selon la valeur de  $p^*$ .

Concernant le troisième fait stylisé, la dépendance du point de convergence en fonction de l'état initial et du bassin d'attraction auquel il appartient, on observe que l'état final est bien localisé dans le même bassin d'attraction que l'état initial, dans les traitements en interaction globale. Notons  $n_X$  l'état pour lequel  $n$  joueurs ont adopté l'action X,  $n = 0, 1, 2, \dots, 8$ ,  $D_Y$  l'ensemble des

états appartenant au bassin d'attraction de  $Y^\circ$  et  $D_{X^\circ}$  l'ensemble des états appartenant au bassin d'attraction de  $X^\circ$ . Pour  $p^* = 0,54$  nous avons  $D_{Y^\circ} = \{0X, 1X, 2X, 3X\}$ ,  $D_{X^\circ} = \{5X, 6X, 7X, 8X\}$  (16), pour  $p^* = 0,67$   $D_{Y^\circ} = \{0X, 1X, 2X, 3X, 4X, 5X\}$ ,  $D_{X^\circ} = \{6X, 7X, 8X\}$  et pour  $p^* = 0,80$   $D_{Y^\circ} = \{0X, 1X, 2X, 3X, 4X, 5X, 6X\}$ ,  $D_{X^\circ} = \{7X, 8X\}$ . Le basculement du bassin d'attraction à un autre est rarement observé et ne se produit que pour  $p^* = 0,80$ . Ce résultat semble cohérent car le temps d'attente moyen pour la convergence pour la matrice de paiement iii est en dessous des 50 périodes dès lors qu'on considère une probabilité d'erreur supérieure ou égale à 0,03. Néanmoins, nous observons une convergence vers l'équilibre risque dominant que pour deux groupes sur quatre alors que les dynamiques stochastiques prédisent une convergence vers l'équilibre risque dominant pour les quatre groupes avant les 50 périodes.

En interaction locale, on observe, selon la matrice de gain considérée, la convergence vers l'état  $X^\circ$  ou vers l'état  $Y^\circ$ . Néanmoins, lorsque la valeur de  $p^*$  augmente, on observe une fréquence moindre de choix de X à la dernière période. Ce phénomène peut s'expliquer par le fait qu'un  $p^*$  plus important suppose un plus grand nombre d'états initiaux en faveur de  $Y^\circ$  et donc des convergences moindres vers  $X^\circ$  quand sept joueurs ont choisi X en première période. De plus, les dynamiques déterministes de meilleure réponse sont en complet désaccord avec les comportements observés dans les groupes L54.3 et L67.2. En effet, le nombre de sujets choisissant Y dans ces deux groupes baisse entre la première et la dernière période, alors qu'une telle décroissance ne devrait pas se produire en interaction locale avec un voisinage de deux. Finalement, nous n'observons aucune différence significative entre les deux structures d'interactions, quelle que soit la matrice de gain utilisée. Nos résultats expérimentaux concernant les structures d'interactions locales sont donc en contradiction avec les dynamiques stochastiques. D'après notre protocole expérimental, les temps moyens d'attente pour une convergence devraient être indépendants de la magnitude de  $p^*$  pour une taille de voisinage de deux joueurs et être généralement inférieurs à 50 périodes même en présence de probabilités d'erreur très faibles. Ainsi, le processus devrait converger à l'état  $Y^\circ$  pour n'importe quelle matrice de paiement et état initial.

### 5.3. La convergence

Nous étudions la convergence dans chacun des groupes par rapport aux deux états stables,  $X^\circ$  et  $Y^\circ$ , en adoptant le point de vue d'une dynamique stochastique prédisant l'équilibre le plus probable. Concrètement, nous fixons un seuil de tolérance autour de l'équilibre égal à  $1/8^{\text{ème}}$ . L'interprétation de ce seuil est simple: si au bout d'un certain nombre de périodes, au moins sept joueurs adoptent la même stratégie pour toutes les périodes restantes, nous admettons

(16) L'état {4X} est un état séparateur dans lequel chaque joueur passe du Pareto dominant au risque dominant et vice-versa, créant ainsi un cycle de deux états successifs.



que la convergence du processus a eu lieu (17). La période à partir de laquelle le seuil est atteint sera appelée *période de convergence* du processus.

Nos résultats relatifs à la convergence sont détaillés dans le tableau 3. Pour les deux structures d'interactions, la première colonne donne l'intitulé des groupes, la deuxième la période de convergence associée aux états stables  $X^\circ$  et  $Y^\circ$ , et enfin la dernière colonne indique le nombre de périodes durant lesquelles le processus s'est trouvé à l'intérieur des bornes de convergence, c'est-à-dire au moins sept joueurs adoptent la même stratégie dans chacune de ces périodes. Bien que nous n'observons pas de convergence dans le groupe L80.3, nous supposons pour notre analyse statistique que la période de convergence pour ce groupe est arrivée à la période 51 et que le nombre de périodes passées dans les bornes de convergence est égal à 0. L'annexe B présente la même analyse avec un seuil de tolérance plus large, fixé à 2/8.

Tableau 3 - Analyse de la convergence (bornes de tolérance fixées à 1/8)

<i>Interaction globale</i>			<i>Interaction locale</i>		
Groupe	Période de convergence	# de périodes dans BC <sup>(i)</sup>	Groupe	Période de convergence	# de périodes dans BC
G54.1	5 ( $X^\circ$ )	46	L54.1	49 ( $X^\circ$ )	28
G54.2	11 ( $X^\circ$ )	43	L54.2	38 ( $X^\circ$ )	27
G54.3	41 ( $X^\circ$ )	43	L54.3	29 ( $X^\circ$ )	38
G54.4	15 ( $X^\circ$ )	41	L54.4	50 ( $X^\circ$ )	35

(a) :  $p^* = 0,54$ .

<i>Interaction globale</i>			<i>Interaction locale</i>		
Groupe	Période de convergence	# de périodes dans BC <sup>(i)</sup>	Groupe	Période de convergence	# de périodes dans BC
G67.1	1 ( $X^\circ$ )	50	L67.1	22 ( $Y^\circ$ )	44
G67.2	8 ( $X^\circ$ )	47	L67.2	31 ( $X^\circ$ )	41
G67.3	9 ( $Y^\circ$ )	42	L67.3	1 ( $X^\circ$ )	50
G67.4	28 ( $X^\circ$ )	43	L67.4	42 ( $Y^\circ$ )	31

(b) :  $p^* = 0,67$ .

<i>Interaction globale</i>			<i>Interaction locale</i>		
Groupe	Période de convergence	# de périodes dans BC <sup>(i)</sup>	Groupe	Période de convergence	# de périodes dans BC
G80.1	43 ( $Y^\circ$ )	16	L80.1	12 ( $Y^\circ$ )	40
G80.2	43 ( $X^\circ$ )	43	L80.2	38 ( $Y^\circ$ )	33
G80.3	15 ( $Y^\circ$ )	36	L80.3	–	–
G80.4	22 ( $X^\circ$ )	48	L80.4	31 ( $Y^\circ$ )	33

(c) :  $p^* = 0,80$ .

(i) BC = bornes de convergence

(17) Bien que la procédure puisse paraître quelque peu arbitraire, il est raisonnable d'admettre que la convergence est effective si les déviations pour un état stable donné sont minimales d'après Friedman [1996].

Quelle que soit la valeur de  $p^*$ , on observe que la convergence se fait en moyenne plus lentement en interaction locale qu'en interaction globale, bien que cette différence ne soit pas statistiquement significative. Le nombre moyen de périodes passées par l'ensemble de la population à l'intérieur des bornes de convergence est plus élevé en interaction globale qu'en interaction locale, pour toutes les matrices de paiement. Pour  $p^* = 0,54$ , les joueurs passent significativement plus de temps à l'équilibre en interaction globale qu'en interaction locale ( $p = 0,014$ ). Pour  $p^* = 0,67$  et  $p^* = 0,80$  ces différences ne sont pas statistiquement significatives.

À nouveau, nous pouvons remarquer que nos résultats expérimentaux sont en contradiction avec les dynamiques stochastiques de meilleure réponse myope qui prédisent une convergence plus rapide vers les équilibres lorsque les interactions sont locales. Même lorsque ces dynamiques sont en accord avec l'état final observé, le nombre de périodes passées dans l'état  $Y^0$ , c'est-à-dire l'état prédit par la théorie, n'est pas différent entre les deux structures d'interactions. Dans la section suivante nous proposons une explication susceptible d'éclaircir ce résultat.

#### 5.4. Les taux de meilleure réponse myope

Des joueurs myopes adoptant un comportement de meilleure réponse conditionnent leurs choix présents uniquement sur les actions de la période précédente. En mesurant les taux de meilleure réponse nous pouvons savoir si les joueurs ont adopté un tel comportement ou non. La méthode consiste à calculer pour chaque joueur le nombre de décisions prises selon cette règle de comportement, puis de calculer la moyenne sur les 50 périodes pour tous les joueurs appartenants au groupe. Le tableau 4 montre que dans tous les groupes les joueurs ont adopté un comportement de meilleure réponse myope aussi bien face à l'ensemble de la population (traitement en interaction globale) que face à leur voisinage (traitement en interaction locale).

Tableau 4 - Taux de Meilleure Réponse (TMR)

<i>Interaction globale</i>						<i>Interaction locale</i>					
Groupe	TMR	Groupe	TMR	Groupe	TMR	Groupe	TMR	Groupe	TMR	Groupe	TMR
G54.1	92 %	G67.1	100 %	G80.1	71 %	L54.1	72 %	L67.1	96 %	L80.1	93 %
G54.2	84 %	G67.2	92 %	G80.2	83 %	L54.2	71 %	L67.2	71 %	L80.2	89 %
G54.3	80 %	G67.3	90 %	G80.3	84 %	L54.3	76 %	L67.3	95 %	L80.3	56 %
G54.4	79 %	G67.4	81 %	G80.4	91 %	L54.4	76 %	L67.4	83 %	L80.4	88 %

Les taux de meilleure réponse sont clairement plus élevés en interaction globale qu'en interaction locale. En effet, pour chaque matrice de paiement, le taux moyen de meilleure réponse sur les quatre groupes est plus élevé en interaction globale qu'en interaction locale, ce qui donne un taux moyen de

meilleure réponse sur les douze groupes de 85,58 % pour le traitement global et 80,50 % pour le traitement local. Néanmoins, cette différence n'est significative que pour  $p^* = 0,54$  où le taux moyen de meilleure réponse est significativement plus élevé en interaction globale (83,75 %) qu'en interaction locale (73,75 %) ( $p = 0,014$ ). Du point de vue de la théorie évolutionnaire, tous les résultats abordés dans cette sous-section sont en accord avec les résultats observés dans 5.2 et 5.3. En effet, nous observons simultanément des taux de meilleure réponse myope moindres et un nombre de périodes passées dans les bornes de convergence plus faible en interaction locale qu'en interaction globale, ces différences n'étant statistiquement significatives que pour  $p^* = 0,54$ . Alors que les dynamiques déterministes de meilleure réponse semblent être en accord avec nos résultats concernant l'état initial et l'état final du système et ceci en présence d'interaction globale, ce fait n'est plus vérifié quand les structures d'interactions deviennent locales.

#### IV. — CONCLUSION

Le but de notre expérience était de comparer les résultats d'un jeu de coordination simple pour deux structures d'interactions : une structure où les interactions concernaient l'ensemble de tous les joueurs appartenant à une population (traitement avec interaction globale) avec une structure où les interactions entre les joueurs étaient limitées à un voisinage bien déterminé (traitement avec interaction locale). Nous avons étudié ces deux structures d'interactions pour différentes tailles du bassin d'attraction de l'équilibre risque dominant en fixant  $p^* = 0,54$ ,  $p^* = 0,67$  et  $p^* = 0,80$ . Nos résultats peuvent se résumer en trois points.

Premièrement, certains faits stylisés constatés dans les études expérimentales précédentes en interaction globale se retrouvent dans nos traitements en interaction globale dont deux qui restent valables lorsque l'on considère une structure d'interactions locales. Plus précisément, i) les situations hors équilibres sont rares pour nos deux structures d'interactions, ii) le choix modal en première période est la stratégie Pareto dominante pour les deux types de structures d'interactions, iii) en interaction globale, les choix en première période déterminent fortement l'état stable qui sera atteint, cet état final se trouvant généralement dans le même bassin d'attraction que celui de l'état initial.

Deuxièmement, dans les traitements en interaction locale nous observons une différence claire entre  $p^* = 0,54$  et  $p^* = 0,80$ , la convergence se faisant vers l'état stable Pareto dominant pour  $p^* = 0,54$  et vers l'état stable risque dominant lorsque  $p^* = 0,80$ . Plus le bassin d'attraction de l'équilibre risque dominant est large, plus nous observons de convergence vers l'équilibre risque dominant.

Troisièmement, on ne peut pas affirmer d'après nos analyses que la convergence soit plus rapide dans une structure d'interactions locales que dans une

structure d'interactions globales. Au contraire, pour  $p^* = 0,54$  le temps passé près de l'équilibre par la population en interaction globale est significativement plus important qu'en interaction locale. La différence la plus marquante pour ces deux types de structures d'interactions concerne le nombre de joueurs jouant X dans l'état final. La convergence vers la solution risque dominante est légèrement plus fréquente en interaction locale lorsque  $p^* = 0,67$  et  $p^* = 0,80$ .

Nous observons également que les joueurs adoptent en moyenne un comportement myope de meilleure réponse en interaction globale. Cependant, ce comportement myope de meilleure réponse est moins fréquent lorsque les interactions sont locales. Ce constat peut s'expliquer par le fait qu'un comportement myope de meilleure réponse ne prend en compte que des actions jouées par le passé. Il est possible que les comportements dans le cas d'un voisinage réduit soient plus anticipatifs ou plus stratégiques dans la mesure où les sujets pourraient essayer de persuader leurs partenaires de jouer la stratégie Pareto dominante en jouant eux-mêmes cette stratégie, plusieurs fois à la suite si nécessaire. Cela leur paraissait peut-être plus facile à réaliser avec deux joueurs qu'avec sept joueurs, et cela malgré un voisinage qui n'est pas isolé du reste de la population.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

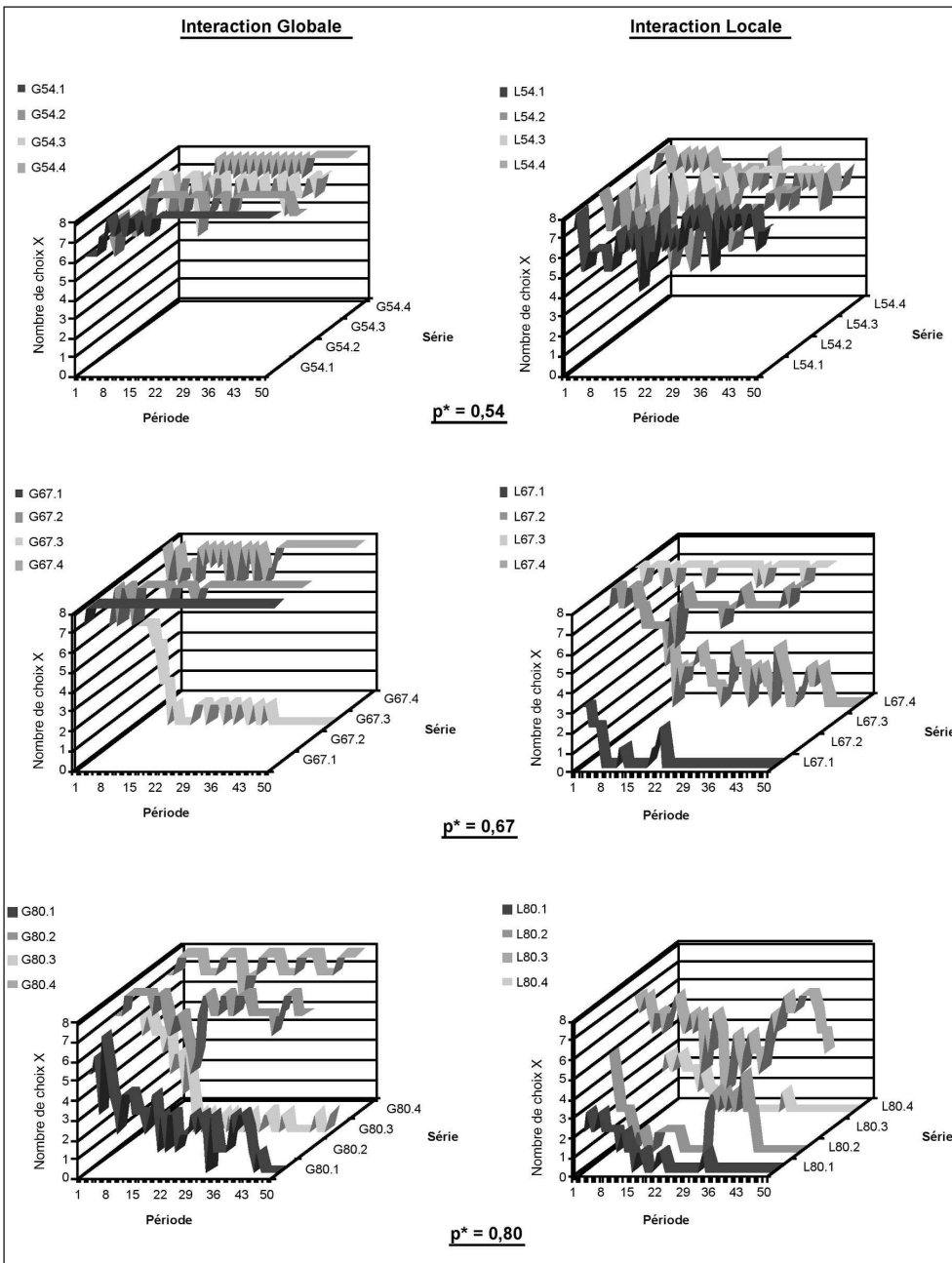
- ABELE S., BLESS H., EHRHART K.-M., [2004], « Social information processing in strategic decision-making: why timing matters », *Organizational behaviour and human decision processes*, 93, 28-46.
- ALLEN B. [1982a], « Some stochastic processes of interdependent demand and technological diffusion of an innovation exhibiting externalities among adopters », *International Economic Review*, 23, pp. 595-608.
- ALLEN B. [1982b], « A Stochastic Interactive Model for Diffusion of Information », *Journal of Mathematical Sociology*, 8, pp. 265-281.
- BATTALIO R., SAMUELSON L., Van HUYCK J. [2001], « Optimization Incentives and Coordination Failure in Laboratory Stag Hunt Games », *Econometrica*, 69, 749-764.
- BERGIN J., LIPMAN B. [1996], « Evolution with state-dependent mutations », *Econometrica*, 64, pp. 943-956.
- BERNINGHAUS S., SCHWALBE U. [1996], « Conventions, local interaction, and automata networks », *Journal of Evolutionary Economics* 6, pp. 297-312.
- BERNINGHAUS S. K., K.-M. EHRHART, C. KESER [2002], « Conventions and local interaction structures: experimental evidence », *Games and Economic Behavior*, 39, pp. 177-205.
- BOUN MY K. [1997], « A VB Software for Experiments on Local Interactions », *Beta-Theme*, CNRS.
- BLUME L.E. [1993], « The Statistical Mechanics of Strategic Interaction », *Games and Economic Behavior*, 5, pp. 387-424.
- BUDESCU D., SULEIMAN R., RAPOPORT A., [1995], « Positional order and group size effects in resources Dilemmas with uncertain Resources », *Organizational Behavior and Human Decision Processes*; 61, 3, 225-238.
- CARLSSON H., GANSLANDT M. [1998], « Noisy equilibrium selection in coordination games », *Economics Letters*, 60: pp. 23-34.
- CARLSSON H., Van DAMME E. [1993], « Global games and equilibrium selection », *Econometrica*, 61, pp. 989-1018.

- CASSAR A. [2004] « Coordination and Cooperation in Local, Random and Small World Networks: Experimental Evidence », *Working paper*.
- COOPER R., DEJONG D.V., FORSYTHE R., and ROSS T.W. [1993], « Forward Induction in the Battle-of-the-Sexes Games » *American Economic Review*, 83(5), 1303-1315.
- CRAWFORD V. [1991], « An “evolutionary” interpretation of Van Huyck, Battalio, and Beil’s experimental results on coordination », *Games and Economic Behavior*, 3, pp. 25-59.
- DURIEU J., SOLAL P. [2003], « Adaptive play with spatial sampling », *Games and Economic Behavior*, 43, pp. 189-95.
- DUBOIS D., WILLINGER M., NGUYEN Van P. [2005], « Risque relatif et sélection d’équilibre dans un jeu de coordination: une analyse expérimentale », *Working paper*.
- ELLISON G. [1993], « Learning, local interaction and coordination », *Econometrica*, 61, pp. 1047-1071.
- FRIEDMAN D. [1996], « Equilibrium in evolutionary games: some experimental results », *Economic Journal*, 106, pp. 1-25.
- FUNDENBERG D., LEVINE D. [1998], « Learning in Games: Where Do We Stand? », *European Economic Review*, 42, pp. 631-639.
- HARSANYI J. [1995], « A new theory of equilibrium selection for games with complete information », *Games and Economic Behavior*, 8, pp. 91-122.
- HARSANYI J., SELTEN R. [1988], « A general theory of equilibrium selection in games », MIT Press, Cambridge.
- KANDORI M., MAILATH G., ROB R. [1993], « Learning, mutations and long run equilibria in games », *Econometrica*, 61, pp. 29-56.
- KESER C., EHRHART K.-M., BERNINGHAUS S. [1998], « Coordination and local interaction: experimental evidence », *Economics Letters*, 58, pp. 269-275.
- KIRMAN A.P. [1994], « Economies with interacting agents », European University Institute, *Working Paper*.
- KRUGMAN Paul. [1994], « Complex Landscapes in Economic Geography », *American Economic Review*, 84, pp. 412-416.
- OCHS J. [1995], « Coordination problems », In: Kagel J, Roth A (eds.) « Handbook of experimental economics », pp. 193-251. Princeton University Press.
- ROBSON A., VEGA-REDONDO F. [1996], « Efficient equilibrium selection in evolutionary games with random matching », *Journal of Economic Theory*, 70, pp. 65-92.
- SCHELLING, T. [1960], « The Strategy of Conflict », Cambridge, MA: Harvard University Press.
- RAPOPORT A. [1997], « Order of play in strategically equivalent games in extensive form », *International Journal of Game Theory*, 26, 137-141.
- SULEIMAN R., RAPOPORT A., BUDESCU D., [1996], « Fixed position and property rights in sequential resource dilemmas under uncertainty », *Acta Psychologica*, 93, 229-245.
- VAN HUYCK J., BATTALIO R., BEIL R. [1990], « Tacit coordination games, strategic uncertainty, and coordination failure », *American Economic Review*, 80, pp. 234-248.
- YOUNG P. [1993], « The evolution of conventions », *Econometrica*, 61, pp. 57-84.
- WEBER R., CAMERER C. [2004], « Timing and Virtual Observability in Ultimatum Bargaining and “Weak Link” Coordination Games », *Experimental Economics*, 7 (1), 25-48.

- (a) (bounmy@cournot.u-strasbg.fr)
- (b) (willinger@lameta.univ-montp1.fr)
- (c) (ziegelmeier@econ.mpg.de)

*Voir annexes pages suivantes*

# ANNEXE A



## ANNEXE B

*Tableau 5 - Analyse de la convergence (bornes de tolérance fixées à 2/8)*

<i>Interaction globale</i>			<i>Interaction locale</i>		
Groupe	Période de convergence	# de périodes dans BC <sup>(i)</sup>	Groupe	Période de convergence	# de périodes dans BC
G54.1	1	50	L54.1	37	42
G54.2	3	49	L54.2	36	39
G54.3	18	49	L54.3	25	45
G54.4	7	48	L54.4	45	48

(a) :  $p^* = 0,54$ .

<i>Interaction globale</i>			<i>Interaction locale</i>		
Groupe	Période de convergence	# de périodes dans BC <sup>(i)</sup>	Groupe	Période de convergence	# de périodes dans BC
G67.1	1	50	L67.1	3	48
G67.2	1	50	L67.2	19	48
G67.3	7	44	L67.3	1	50
G67.4	1	50	L67.4	31	45

(b) :  $p^* = 0,67$ .

<i>Interaction globale</i>			<i>Interaction locale</i>		
Groupe	Période de convergence	# de périodes dans BC <sup>(i)</sup>	Groupe	Période de convergence	# de périodes dans BC
G80.1	42	25	L80.1	6	48
G80.2	23	47	L80.2	36	43
G80.3	14	40	L80.3	–	–
G80.4	1	50	L80.4	18	44

(c) :  $p^* = 0,80$ .

(i) BC = bornes de convergence