

# **L'utilisation de la modélisation économique pour la planification : résultats d'un jeu expérimental**

Jean Pierre Ponsard<sup>#</sup> and Olivier Saulpic<sup>#</sup>

Septembre 2001

Contribution à la XI<sup>ème</sup> Conférence Internationale de l'AIMS 2002

(Version préliminaire, ne pas citer)

## **Résumé**

Nous nous appuyons sur un jeu dynamique de coordination en information incomplète illustrant les interactions entre vente et production dans une entreprise, pour tester la capacité des agents à adopter un comportement de maximisation commune. Les résultats sont interprétés à la fois en termes de rationalité substantive et de rationalité procédurale. Nous montrons que les équipes qui élaborent une représentation commune du jeu lors de la phase de planification, obtiennent les meilleurs résultats. Toutefois, si une telle forme élaborée de planification améliore la performance, elle ne permet pas de mieux faire face à des changements radicaux de l'environnement. Nous associons ce phénomène à un effet d'ancrage quel que soit la sophistication du modèle utilisé par les participants pour la planification.

**Mots-clés:** jeux expérimentaux, coordination, apprentissage, planification, rationalité limitée

## **Abstract**

A dynamic coordination game with incomplete information illustrating the interaction between sales and production within a firm is used to test the ability of agents to adopt a joint maximizing behavior. The results are discussed both in terms of substantive and procedural rationalities. It is shown that the teams who elaborated a joint representation of the game at the planning stage obtained the best performance. However, while this form of sophisticated planning certainly helps in improving the performance, it does not in terms of bypassing a radical change in the environment. The reasons for this phenomenon are associated to an anchoring effect whatever the degree of sophistication of the planning model used by the participants.

**Keywords:** experimental games, coordination, learning, planning, bounded rationality

---

<sup>#</sup>Laboratoire d'Econométrie de l'Ecole Polytechnique, 1, rue Descartes - 75005 Paris, email : ponsard@poly.polytechnique.fr, tel : 01 46 34 32 15.

<sup>#</sup>Corresponding author. ESCP-EAP, 79, av. de la République 75011 Paris, email : saulpic@escp-eap.net, tel : 01 49 23 26 15.

# **L'utilisation de la modélisation économique pour la planification : résultats d'un jeu expérimental <sup>1</sup>**

September 2001

## **1. Introduction**

A l'aide d'un jeu expérimental, cet article explore certains aspects de la question de la prise de décision décentralisée dans les organisations. Il met l'accent sur le problème de coordination interne dans les entreprises lorsqu'elles sont confrontées à des environnements successivement favorables et défavorables. Dans la plupart des cas, les entreprises réagissent trop tard à ces changements et se trouvent confrontées à des excès de stocks et des problèmes de trésorerie. Une de ces situations parmi les plus connues a été décrite par Chandler (1962). Selon lui, Du Pont a été confronté à des changements brutaux de son environnement en 1907 et 1920. Dans ces deux cas, les difficultés rencontrées conduisent presque à la faillite. Elles provoquent des changements profonds à l'intérieur de l'organisation qui se traduisent notamment par une amélioration du système de planification en 1907 et une réorganisation radicale par divisions en 1920. Les difficultés rencontrées par les entreprises à l'occasion de la crise récente, notamment dans la micro-informatique, montrent bien que le problème de coordination interne est récurrent.

Dans ce papier, nous nous intéressons à la première question, c'est-à-dire aux bénéfices potentiels d'une amélioration du système de planification en négligeant celle de l'adoption d'une meilleure structure organisationnelle. Cette question est étudiée grâce à un jeu expérimental. Ce jeu intègre les principales caractéristiques de la situation : communication imparfaite au sein d'une organisation fonctionnelle, incertitude sur les marchés amont et aval, contrainte de trésorerie. Pour jouer, les joueurs peuvent choisir d'utiliser un système de planification plus ou moins sophistiqué qu'ils élaborent en commun mais qui est implémenté de façon décentralisée. La planification ainsi élaborée dans le jeu a donc des similitudes fortes avec la planification en entreprise : les discussions et l'élaboration du plan comportent des incertitudes et il est possible d'utiliser des modèles économiques à ce stade; après cette phase de planification, les opérationnels peuvent disposer localement de nouvelles informations au

---

<sup>1</sup> Les auteurs remercient Jean François Laslier pour ses commentaires stimulants et Thierry Lafay pour son assistance technique.

moment de prendre des décisions et être alors plus ou moins contraints dans ces décisions par le plan.

L'analyse du jeu expérimentale comporte trois étapes : tout d'abord une analyse économique classique d'une version simplifiée du jeu expérimental; ensuite une transposition de cette analyse économique en stratégies opérationnelles pour le jeu expérimental utilisant des systèmes de planification plus ou moins sophistiqués ; enfin, une comparaison des résultats expérimentaux du jeu avec ces stratégies opérationnelles.

L'analyse économique permet d'exhiber la stratégie optimale dans une version simplifiée du jeu expérimental. Alors que les travaux théoriques sur les questions d'incitation sont très nombreux, ceux sur les questions de coordination sont rares. La plupart de ces travaux tournent autour de la notion abstraite de point focal et leur contenu organisationnel est faible (Schelling, 1960; Crawford & Haller, 1990; Kreps, 1996). L'approche suivie ici est plus proche du travail de Marschack & Radner (1972) et des applications de ce travail à la prise de décision dans les firmes comme celles de Cremer (1980) et Aoki (1986). Ces approches consistent à faire varier le niveau d'information des agents et d'étudier l'impact de ces variations sur les stratégies d'équilibre. Dans la lignée d'Aoki, nous introduisons des voies plausibles mais non optimales pour résoudre le problème. Dans ce cadre, un mode sophistiqué de planification peut être associé à une décomposition optimale du paiement commun en paiements individuels, alors qu'une planification frustrée correspond à une décomposition myope. Nous montrons que la décomposition optimale conduit à une forme d'inertie organisationnelle par rapport à la décomposition myope. Le mode de planification optimale conduit à faire un compromis entre la réactivité aux informations locales et des coûts organisationnels dus à une coordination imparfaite, alors que la planification myope ne repose que sur la réactivité locale. Ce phénomène d'inertie organisationnelle, souvent attribuée à la rationalité limitée, est du ici à l'hypothèse d'information incomplète (voir Boyer & Robert, 2000, pour une discussion sur ce point et une intéressante approche de l'inertie organisationnelle fondée sur les questions d'incitation, voire aussi Cremer, 1995, sur ce sujet).

Bien que permettant de mettre en évidence des éléments importants pour comprendre la planification, cette analyse théorique ne peut pas être directement utilisée pour étudier les résultats expérimentaux. Le jeu expérimental est en effet trop complexe par rapport à ce type d'analyse formelle; il est nécessaire de passer d'une analyse en termes de rationalité substantive à une analyse en termes de rationalité procédurale, ce qui est cohérent avec le fait qu'il est largement admis que la prise de décision dans les organisations ne peut être décrite

qu'au travers d'une hypothèse de rationalité limitée (Cyert and March, 1963). Pour formaliser la rationalité limitée, nous utiliserons la proposition faite par Simon (1996) pour l'intelligence artificielle. Cette proposition doit être adaptée à la prise de décision dans les organisations pour prendre en compte des notions comme le savoir partagé et l'apprentissage organisationnel (Argyris and Schön, 1978). Mais malgré ces idées stimulantes, la rationalité limitée reste un concept plutôt vague qui doit être formalisée de façon adaptée à chaque contexte. Notre formalisation de la rationalité limitée se rapproche de manière étroite de la notion de rationalité interactive présentée dans des travaux antérieurs (Ponssard, 1993) et développée dans Ponssard, 1994. Le jeu expérimental dans un contexte de rationalité limitée revient alors à l'utilisation d'un programme informatique caractérisé par deux éléments : une représentation du problème posé et une procédure qui donne des réponses numériques compte tenu des informations entrées. La représentation donne un ensemble de croyances sur le problème à résoudre par chaque joueur, ces croyances étant supposées communes. La procédure permet de trouver les réponses numériques pour jouer conformément à ces croyances.

Les programmes informatiques ont été conçus pour illustrer différents degrés de sophistication de la planification allant de la planification dans laquelle chaque agent a une représentation indépendante (planification myope) à une planification dans laquelle ils disposent d'une représentation commune (planification sophistiquée). Les données expérimentales sont utilisées pour tester ce modèle de rationalité limitée. Les résultats semblent cohérents sur les deux éléments de notre représentation : la représentation des équipes peut être estimée au travers de tests indirects spécifiques; la performance effective de ces équipes est alors bien en ligne avec les résultats du programme informatique correspondant à cette représentation.

Dès lors que ce modèle est supposé valable, il est possible de poursuivre notre analyse et d'étudier la question plus empirique qui nous intéresse: une planification sophistiquée améliore-t-elle les résultats lorsque l'environnement est favorable puis défavorable ? Les principaux résultats sont les suivants. En premier lieu, une meilleure planification améliore la performance des équipes, ce qui confirme notre hypothèse. Cependant, la planification ne réduit pas la probabilité de faillite. Pour comprendre ce résultat, nous montrons que le comportement des équipes fait apparaître un fort ancrage au cours du temps : les équipes changent très rarement de représentation alors qu'elles peuvent ajuster à la marge leur procédure. Ce phénomène, typique de la rationalité limitée, a été souligné de façon répétée par

de nombreux chercheurs en sciences sociales depuis les travaux Kahneman et Tversky (1979). Cette expérience apporte des explications spécifiques à ce phénomène dans les organisations : il s'évère que la plupart des équipes ne sont pas capables de faire la distinction explicite entre représentation et procédure. Les règles qu'ils utilisent pour prendre des décisions sont en pratique complexes et ad hoc et une fois adoptées, elles semblent définir entièrement leur raisonnement. L'actualisation des croyances apparaît donc encore plus complexe dans les organisations que pour les décisions individuelles (voir Hall, 1984, pour un cas ).

Ces résultats permettent d'enrichir la discussion sur l'efficacité de la planification. Ils aident à comprendre pourquoi la planification est un sujet si controversé (Mintzberg, 1995) dans la mesure où elle améliore l'efficacité mais simultanément n'accroît pas sa capacité à s'adapter à des changements radicaux. Les conséquences de ces résultats d'un point de vue normatif méritent certainement d'être étudiées plus avant.

Le plan de ce papier est le suivant. La section 2 présente un modèle simple de coordination dans un contexte d'équipe. Le jeu expérimental est présenté en section 3 et analysé en termes de rationalité substantive en section 4 et de rationalité limitée en section 5. Les résultats expérimentaux sont discutés dans les trois dernières sections. Dans la section 6, les résultats sont classés selon le degré de sophistication de leur planification. La section 7 montre la pertinence de notre modélisation de la rationalité limitée pour décrire les comportements réels des sujets. Dans la dernière section, nous nous intéressons à l'apprentissage, en particulier à la question de l'apprentissage en double boucle et à celle de la réactivité des équipes à des changements brutaux de l'environnement.

## **2. Un modèle simple de coordination en équipe**

Cette section met en évidence les premières hypothèses fondamentales qu'il faut avoir à l'esprit pour discuter de coordination dans les équipes. Considérons le jeu suivant à 2 joueurs dans lequel :

- $i = 1, 2$  indique le joueur  $i$
- la variable de décision du joueur  $i$  est dénotée  $q_i$  avec  $q_i$  défini sur  $P$
- $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  sont deux variables aléatoires définies sur  $P$  dont l'espérance est la même, c'est-à-dire,  $E(\alpha_1) = E(\alpha_2) = \alpha$  et la variance dénotée  $\text{var}(\alpha_i)$

- le paiement conditionnel de l'équipe est la somme  $f_1 + f_2 - g$  dans laquelle  $f_i(q_i | \alpha_i) = a_i (2\alpha_i - q_i) q_i$  est le paiement local et  $g(q_1, q_2) = P (q_1 - q_2)^2$  un coût d'interaction commun, avec  $a_1, a_2$  et  $P$  paramètres positifs.

Les paramètres peuvent être interprétés de la façon suivante : l'équipe a été dimensionnée pour délivrer une production coordonnée  $q_i = \alpha$ . Des variations locales sont observées et les unités locales ajustent leur production respective  $q_i$  pour prendre en compte la perturbation locale  $\alpha_i$  ; le paiement total est affecté par le paiement local pondéré par  $a_i$  et le coût d'interaction qui dépend de la différence  $(q_1 - q_2)^2$ . En conséquence, l'équipe doit faire un compromis entre l'ajustement local qui conduirait à  $q_i = \alpha_i$  et la minimisation du coût d'interaction qui conduirait à  $q_1 = q_2$ .

L'analyse de ce jeu peut- être faite sous trois hypothèses différentes sur la structure de l'information :

Cas 1 (structure *centralisée*) : les joueurs n'observent pas les valeurs prises par les variables aléatoires. La politique optimale consiste alors à fixer  $q_i = E(\alpha_i) = \alpha$ . Le paiement correspondant, dénoté  $C$ , est  $C = \alpha^2 (\sum_i a_i)$ .

Cas 2 (structure *myope*) : chaque joueur  $i$   $\alpha_i$  et réagit de façon myope en optimisant son paiement local. La politique optimale consiste alors à fixer  $q_i = \alpha_i$ . Le paiement correspondant, dénoté  $M$ , est tel que :

$$\begin{aligned} M &= E(a_1 (2\alpha_1 - \alpha_1) \alpha_1 + a_2 (2\alpha_2 - \alpha_2) \alpha_2 - P (\alpha_1 - \alpha_2)^2) \\ &= a_1 (\alpha^2 + \text{var}(\alpha_1)) + a_2 (\alpha^2 + \text{var}(\alpha_2)) - P (\text{var}(\alpha_1) + \text{var}(\alpha_2)) \\ &= C + \sum_i (a_i - P) \text{var}(\alpha_i). \end{aligned}$$

Cas 3 (structure *décentralisée*) : chaque joueur  $i$  observe  $\alpha_i$ , qui est connaissance commune, et les joueurs optimisent le paiement total. Il peut être démontré que la résolution de ce jeu est équivalente à la recherche de deux décisions individuelles dans lesquelles chaque joueur maximise un paiement local ajusté qui s'écrit :

$$f^*_i(q_i | \alpha_i) = f_i(q_i | \alpha_i) - P (q_i - q^*_j)^2$$

avec  $q^*_j = E(\alpha_j) = \alpha$ .

Cette propriété de décomposition implique que l'équilibre de Nash est tel que :

$$\begin{aligned}
q_i(\alpha_i) &= E(\alpha_i) + a_i (\alpha_i - E(\alpha_i)) / (a_i + P) \\
&= \alpha + a_i (\alpha_i - \alpha) / (a_i + P)
\end{aligned}$$

Dans ce cas, le paiement espéré, dénoté D est tel que :

$$\begin{aligned}
D &= \sum_i E (f^*_i (q_i \mid \alpha_i, q_i(\alpha_i))) \\
&= \sum_i E ( a_i (2\alpha_i - q_i(\alpha_i)) q_i(\alpha_i) - P (q_i(\alpha_i) - \alpha)^2 ) \\
&= \sum_i ( a_i (\alpha^2 + \text{var}(\alpha_i)) - a_i P \text{var}(\alpha_i) ) / (a_i + P) \\
&= C + \sum_i a_i^2 \text{var}(\alpha_i) / (P + a_i)
\end{aligned}$$

D'où  $D - M = P^2 \sum_i \text{var}(\alpha_i) / (P + a_i)$ . On a donc toujours  $D \geq C$  et  $D \geq M$ .

Cette analyse permet de tirer trois commentaires pertinents pour l'étude du jeu expérimental. En premier lieu, la réactivité à l'information locale, mesurée par la dérivée de  $q_i$  par rapport à  $\alpha_i$ , diminue lorsque l'on passe d'une structure myope à une structure décentralisée, puis centralisée de l'information (puisque  $1 \geq a_i / (a_i + P) \geq 0$ ). Dans le dernier cas, la réactivité est nulle puisque l'information locale n'est pas connue. Dans la structure décentralisée, et ce point est plus intéressant et cohérent avec l'intuition, il faut trouver un compromis entre réactivité et le coût d'interaction puisque que plus le paramètre P est élevé, plus la réactivité est faible. Il est donc important d'étudier comment cette caractéristique fondamentale des organisation est prise en compte dans le jeu expérimental.

Par ailleurs, on peut souligner que le comportement myope conduit à des résultats particulièrement faibles. Lorsque les coûts d'interaction sont élevés, il est même préférable de ne pas être réactif plutôt que d'avoir un comportement myope ( $C > M$ ). En fait, dans ce cas, le comportement décentralisé converge vers le comportement centralisé. Nous nous attendons à ce que de nombreuses équipes adoptent un comportement myope et devrons donc être en mesure d'identifier les résultats correspondants.

Le troisième commentaire porte sur la complexité de calcul du cas décentralisé. En effet, la procédure de décomposition qui semble naturelle dans cet exemple particulièrement simple est de façon générale plus complexe. Dès lors, la question essentielle du jeu expérimentale est d'identifier comment les joueurs arrivent en pratique à une forme de décomposition lors de la phase de planification.

### 3. Le jeu expérimental : description et procédure<sup>2</sup>

La structure du jeu expérimental correspond à la structure d'information décentralisée. Du point de vue économique, il diffère du modèle simple présenté en section 2 essentiellement sur deux points :

- Le contexte est dynamique et dure 15 périodes : à chaque période, la firme fait face à des prix (environnement) qui peuvent être différents d'une période à l'autre ; les stratégies possibles sont conditionnées par des variables d'état, à savoir la trésorerie et les stocks physiques en début de période ; au final, les décisions génèrent un processus Markovien sur 15 périodes ; l'objectif global est de maximiser la valeur terminale de l'entreprise calculée comme la somme de la trésorerie et de la valeur du stock physique (valorisé au prix moyen de vente) à la période 15.
- Le jeu à chaque période est plus "réaliste" : un des joueurs est appelé *acheteur* et doit acheter et produire, l'autre joueur est appelé *vendeur* et doit fixer les ventes ; toutes les matières achetées sont automatiquement transformées en produits finis (avec des rendements d'échelle croissants) ; le cycle de production dure une période ; les stocks ne peuvent être négatifs (et ont un coût linéaire) ; l'élasticité prix des marchés amont et aval est nulle (mais les prix sont incertains à chaque période) ; le coût d'interaction est représenté par la contrainte de trésorerie (à la fin de chaque période, la trésorerie calculée comme [trésorerie initiale + ventes – coûts] doit être positive).

Ces hypothèses sont détaillées sur une feuille de tableur. Cette feuille est utilisée pour présenter le jeu aux sujets et collecter les résultats. Les sujets peuvent aussi l'utiliser pour faire des simulations.

Les sujets peuvent déduire de cette feuille les éléments suivants :

- Ils n'ont pas d'information sur les prix futurs qui ne seront découverts qu'une période après l'autre, mais les prix des 5 dernières périodes sont donnés ; ces prix sont reproduits ci-après ; on peut constater que le prix de vente moyen est

---

<sup>2</sup> Ce jeu était utilisé à l'origine dans un cours sur la planification et le contrôle pour discuter l'avantage d'une analyse des flux opérationnels à l'origine des éléments comptables (De Jaeger et Ponssard, 1990). Cette version est une variante permettant d'augmenter les possibilités d'obtenir des scores élevés, qui étaient très rares dans la version initiale.

de 25, que le prix d'achat moyen est de 10, que l'incertitude est élevée et que les prix sont fortement corrélés.

|               |      |      |      |      |      |
|---------------|------|------|------|------|------|
| Prix d'achat  | 8,9  | 11,8 | 13,9 | 8,7  | 7,3  |
| Prix de vente | 21,8 | 29,5 | 34,0 | 22,3 | 18,9 |

- Le coût de production unitaire décroît avec les quantités produites de la façon suivante :

|                             |     |    |     |     |      |
|-----------------------------|-----|----|-----|-----|------|
| Quantité                    | 1   | 25 | 100 | 400 | 1600 |
| Coût de production unitaire | 120 | 24 | 12  | 6   | 3    |

- Le coût du stockage est de 2 par unité et par période ;
- Un objectif de croissance de 15% de la valeur de la firme est indiqué pour suggérer ce que les investisseurs pourraient attendre raisonnablement ; cet objectif est donné pour inciter à la croissance.

L'organisation du jeu est la suivante :

- Tous les participants reçoivent la même information sur le jeu : description , feuilles de calcul, règles ;
- Ils se répartissent par équipes de deux, l'un étant l'acheteur, l'autre le vendeur ;
- La procédure de jeu prévoit qu'avant chaque période l'équipe se réunit pour une phase de planification afin de discuter de la stratégie et éventuellement pour construire un modèle (mais il n'y a pas de conseil explicite de faire une quelconque modélisation) ; après la phase de planification, chaque joueur de l'équipe découvre l'information privée et prend sa décision indépendamment de l'autre joueur ; lorsque les décisions décentralisées sont prises, une nouvelle phase de planification commence pour la période suivante jusqu'à la période 15 qui correspond à la fin du jeu ; cette procédure ad hoc est présentée aux joueurs comme une représentation réaliste de la prise de décision dans les entreprises compte tenu des contraintes de communication qui y existent ;
- Après une faillite lors d'une période les décisions de la période suivante sont automatiques : aucun achat et vente de tout le stock disponible ; les conséquences de cette règle sont discutées plus loin ;

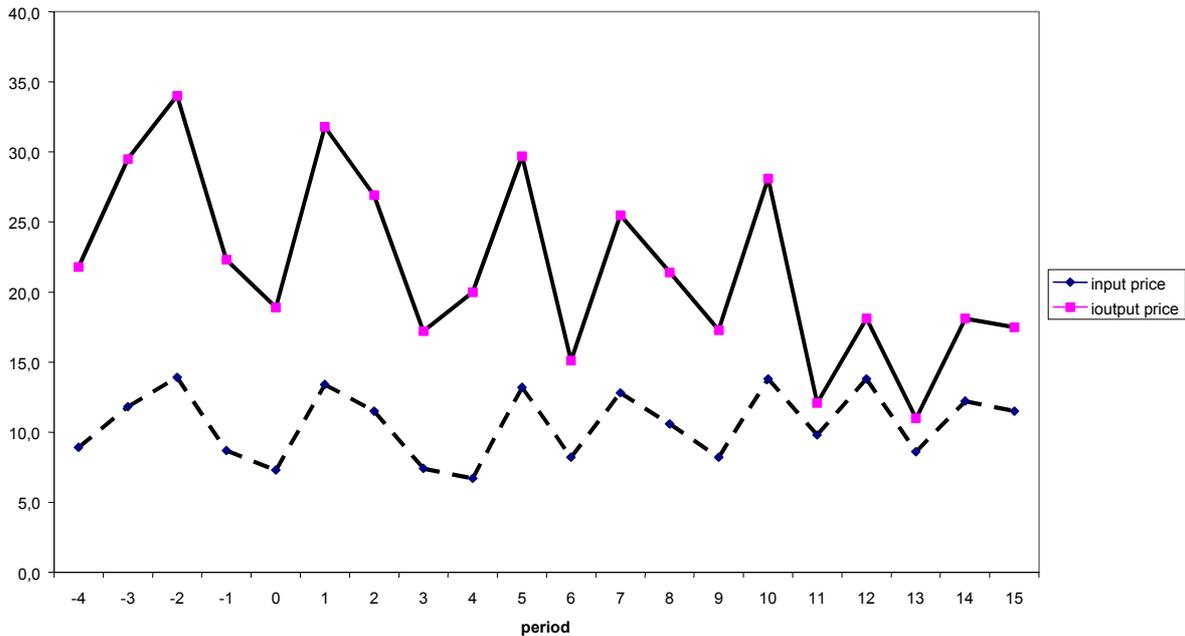
- L'expérience est menée dans le cadre de cours d'économie managériale, les participants ne sont donc pas rémunérés individuellement ; la rémunération est collective provient d'une discussion extensive des résultats. Toutefois, une bouteille de Champagne est offerte à l'équipe gagnante, parmi celles qui n'ont pas fait faillite (ce qui est annoncé au début du jeu) ; on attend donc que les participants fassent de leur mieux bien qu'ils n'aient aucune idée à l'avance de la façon dont le jeu sera analysé d'un point de vue pédagogique.

Pour l'analyse des résultats, il est important de savoir comment les prix aléatoires ont été déterminés :

- Ces prix sont identiques pour toutes les équipes, ce qui rend possible les comparaisons directes ;
- Le prix d'achat est sélectionné de façon aléatoire autour de 10 avec des écarts de + ou - 3.5 ; le prix de vente est alors déterminé par corrélation avec le prix d'achat avec un bruit aléatoire ;
- Le prix de vente décroît de 5 unités après 5 périodes et à nouveau de 5 unités après la période 10 ; cela conduit à un environnement économique toujours plus difficile laissant peu de possibilités de faire des profits pour les entreprises qui n'ont pas cru rapidement dans les premières périodes pour bénéficier des économies d'échelle.

La série de prix complète est donnée en figure 1.

Figure 1 : The random prices



#### 4. Le jeu expérimental : une analyse en rationalité substantive

Cette analyse est fondée sur une étude formelle détaillée du jeu publiée dans Ponssard et al. (1996). En ne faisant pas l'hypothèse d'une corrélation entre les prix, cette étude démontrait qu'une décomposition similaire à celle présentée en section 2 pouvait être utilisée pour résoudre le jeu. L'introduction de la corrélation compliquerait l'analyse sans changer la nature de la discussion.

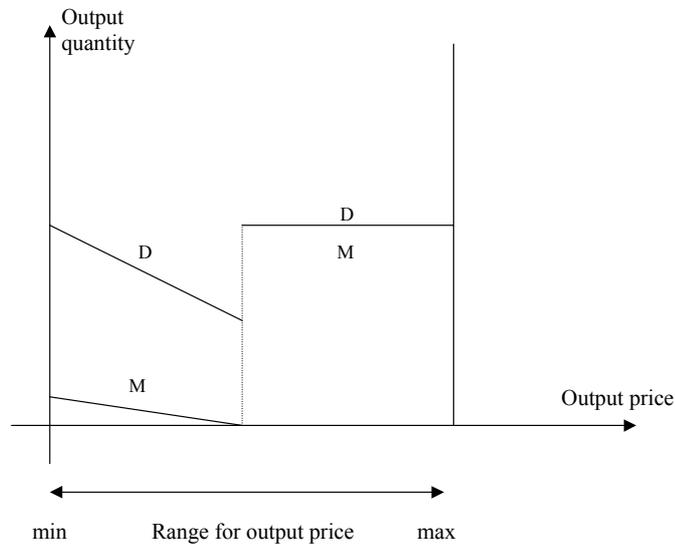
De façon générale, il peut être démontré que la stratégie optimale pour le jeu dynamique consiste à suivre une politique de *croissance* au début du jeu, c'est-à-dire à vendre tout le stock disponible pour croître le plus rapidement possible et réduire les coût de production plus vite que le prix de vente moyen ne décroît, puis, lorsque l'entreprise a une taille suffisante et que l'environnement devient plus difficile (autour de la période 10), de changer pour une politique de *spéculation* coordonnée qui consiste à acheter et à vendre alternativement au bon moment.

Il est intéressant de décrire de façon plus détaillée les stratégie décentralisée correspondantes et de les comparer avec la stratégie myope optimale en suivant la démarche de la section 2. Nous ferons cette analyse pour le jeu dynamique. On mettra l'accent sur les différences de *rigidité* entre les comportements de l'acheteur et du vendeur.

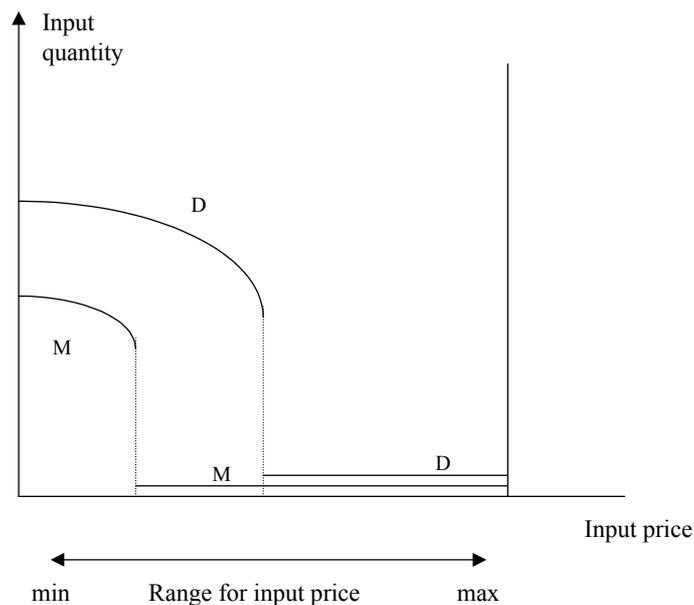
IL s'avère que les stratégies de croissance et de spéculation coordonnée peuvent être obtenues comme des cas particuliers de la procédure de décomposition suivante :

- Les deux agents s'accordent sur la trésorerie minimum provenant des ventes, dénotons  $\theta$  ce minimum ; la stratégie de croissance revient à faire l'hypothèse que tout le stock sera vendu, c'est-à-dire,  $\theta = \theta_{\max}$ , alors que la stratégie de spéculation coordonnée revient à supposer qu'il peut ne pas y avoir de vente, c'est-à-dire,  $\theta = 0$ ;
- Le fait que  $\theta$  soit connaissance commune permet de décomposer le paiement de l'équipes en deux paiements locaux ajustés ;
- Le vendeur compare la valeur résultant d'une vente immédiate ou différée compte tenu du coût de stockage ; supposons tout d'abord qu'il n'y a pas de coût d'interaction, la stratégie myope optimale consiste alors à vendre tout le stock si le prix est supérieur à un certain seuil et à ne vendre que le minimum permettant de couvrir le coût de stockage si le prix est inférieur ; l'introduction du coût d'interaction se traduit par le fait de vendre au moins ce qui permet de générer une trésorerie  $\theta$  même si le prix de vente est inférieur au seuil ; alors plus  $\theta$  est élevé plus la réactivité du vendeur à ses observations locales est faible ; la figure 2 compare la stratégie myope et la stratégie de croissance pour le vendeur ; une approximation de la stratégie de croissance optimale consiste à vendre tout le stock quel que soit le prix ;
- l'acheteur arbitre entre la valeur créée par des achats immédiats ou différés compte tenu de la contrainte de trésorerie ; sa stratégie myope optimale consiste à acheter soit le plus possible soit rien en raison des économies d'échelle ; cette stratégie est fonction du prix d'achat effectif et de la trésorerie dont il dispose ; il est bien sûr essentiel que  $\theta$  soit connaissance commune pour éviter la faillite ; dans ce cas, il n'est pas possible de dire si la stratégie décentralisée est plus ou moins réactive que la stratégie myope ; cependant, la stratégie décentralisée est certainement plus risquée pour l'équipe ; la figure 3 compare les stratégies myope et de croissance pour l'acheteur.

**Figure 2 : les stratégies myopes (M) et de croissance (D) pour le vendeur**



**Figure 3 : les stratégies myopes (M) et de croissance (D) pour l'acheteur**



Nous nous plaçons maintenant du point de vue de l'équipe pour comparer les résultats selon la stratégie adoptée. Dans le cas de la stratégie de croissance, la rigidité se traduit par le fait de vendre tout le stock quel que soit le prix de vente observé. Cette stratégie est contre-intuitive par rapport à une stratégie qui consisterait à ne vendre que si les prix sont élevés. Elle ne peut se justifier que si le vendeur comprend l'importance des économies d'échelle pour l'acheteur. Quant à l'acheteur, il doit anticiper la rigidité du vendeur lorsqu'il estime la trésorerie dont il peut disposer. Dans le cas contraire, il sait qu'en achetant plus que la trésorerie effectivement

disponible en début de période, il risque la faillite. Le choix d'une stratégie de croissance ne peut donc être justifié du point de vue de la rationalité individuelle en l'absence de connaissance commune de la stratégie de l'autre joueur. Ces deux caractéristiques, rigidité pour le vendeur et anticipation d'une rentrée de trésorerie, caractériseront la "théorie en action" (Argyris and Schön, 1978) qui doit être prises en compte dans les routines de croissance associées à notre jeu expérimental.

Considérons désormais la stratégie de spéculation coordonnée. Celles-ci n'est optimale que dans les dernières périodes du jeu. Bien qu'elle puisse résulter d'un raisonnement, qui semble parallèle à celui menant à la stratégie de croissance, son implémentation est très différente. D'une certaine façon, elle peut être interprétée comme l'implémentation de stratégies myopes successives, chaque joueur prenant des décisions de façon indépendante *mais* l'un après l'autre. La question intéressante n'est pas celle de la différence entre spéculation coordonnée et stratégie myope, mais celle de la capacité d'une organisation qui a adopté une stratégie de croissance et les routines qui y sont associées à changer radicalement de comportement en adoptant une stratégie de spéculation coordonnée. Cette question sera abordée en section 8.

## **5. Le jeu expérimental : une approche en rationalité limitée**

L'analyse formelle menée dans la section précédente peut être appelée le *modèle de connaissance* du jeu (Ponssard, 1994). Ce modèle de connaissance suggère que les deux éléments qui devraient structurer les comportements effectifs sont les suivants :

- les sujets ont-ils identifié l'existence d'économies d'échelle qui impliquent que la croissance créera de la valeur, auquel cas les ventes d'aujourd'hui procurent de la trésorerie qui doit être immédiatement investie en achats ;
- les sujets ont-ils identifié que la réactivité aux alés peut être utilisée pour spéculer; mais que cela peut être en contradiction avec la stratégie de croissance en particulier pour le vendeur.

La combinaison de ces éléments conduit à différentes représentations du jeu. Nous traduisons désormais ces représentation en *modèles opérationnels*. Le modèle opérationnel intègre une partie des éléments importants mis en lumière par le modèle de connaissance et des conventions à préciser. Ces modèles opérationnels seront sous la forme de programmes informatiques pouvant être utilisés pour jouer le jeu. Nous montrerons plus loin que ces programmes captent l'essentiel des différentes routines utilisées par les participants.

Considérons tout d'abord les programmes myopes. Ces programmes sont fondés sur la qualification des prix d'achats comme étant élevé (H) ou faible (L). Les quantités choisies  $Q_n$  sont déterminées à chaque période  $n$  sur la base d'une quantité initiale  $Q_1$  corrigée en fonction de la qualification du prix en fonction d'une constante ( $R$ ) et en appliquant un taux de croissance constant ( $r$ ).

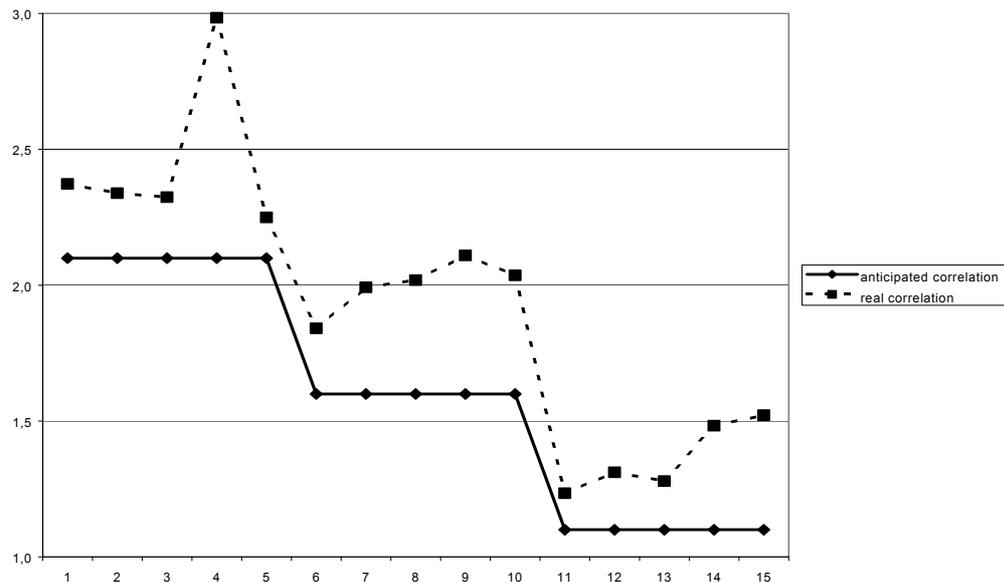
Par exemple, si nous sommes en période  $n$  et si le prix d'achat est élevé, alors  $Q_n = (Q_1 - R)(1+r)^n$  ; si le prix d'achat est faible,  $Q_n = (Q_1)(1+r)^n$ . Quant aux ventes, elles sont basées sur le stock disponible ( $S_n$ ) ; si le prix de vente est élevé,  $Q_n = S_n$ , si le prix de vente est faible,  $Q_n = S_n - (2R)(1+r)^n$ .

Le prix d'achat est considéré comme élevé s'il est supérieur à 9, et faible s'il est inférieur. La qualification du prix de vente est la même tout au long du jeu sauf en période 11 (où il est considéré comme faible). Ces qualifications sont considérées comme définitives. Les paramètres ( $Q_1, R, r$ ) peuvent être ajustés pour déterminer une stratégie myope particulière.

Une telle stratégie repose sur l'hypothèse que la spéculation est intéressante, ce qui est justifié par l'analyse théorique, mais la façon dont cette spéculation est mise en oeuvre est très conventionnelle ; la qualification des prix comme élevés ou faibles, le niveau de variation des quantités, n'ont pas de justification théorique, mais sont juste des hypothèses plausibles qui peuvent venir à l'esprit lorsque la spéculation a été choisie comme hypothèse de base. Au final, les hypothèses de base et les conventions qui y sont associées constituent ce que nous appelons la *représentation* du jeu. Une *procédure* est alors un choix particulier des paramètres ( $Q_1, R, r$ ).

Considérons maintenant les stratégies de croissance. Nous faisons l'hypothèse que ces stratégies reposent sur la vente de tout le stock quel que soit le prix de vente. Nous distinguons deux cas selon que la corrélation entre prix d'achat et de vente est identifiée ou non. Si cette corrélation n'est pas prise en compte, la stratégie, la stratégie repose sur une rentrée de trésorerie calculée sur la base d'un prix de vente égal à la moyenne des prix des cinq dernières périodes moins un certain paramètre  $k$  fois l'écart type. Si la corrélation est prise en compte, le prix de vente est supposé calculé à partir du prix d'achat multiplié par un coefficient ( $a, b, c$ ) constant chaque série de 5 périodes (1 to 5, 6 to 10, 11 to 15). La figure 4 compare une hypothèse de corrélation ( $a=2.1, b=1.6, c=1.1$ ) avec les ratios réels des deux prix.

Figure 4 : Growth policy with correlation



On peut noter que la stratégie de croissance comporte une part d'apprentissage au cours du jeu, dans la mesure où elle nécessite une révision des paramètres, alors que les stratégies myopes ne comportent aucun apprentissage.

Il est utile d'avoir une idée des valeurs qu'il est possible d'atteindre en utilisant les programmes informatiques. Plusieurs exemples sont donnés dans le tableau 1. Dans un souci d'exhaustivité, nous avons aussi calculé la valeur obtenue par un programme de spéculation coordonnée et un programme fondé sur la stratégie optimale mise en évidence par l'analyse théorique du jeu. La valeur initiale de l'entreprise est 5. Les écarts importants de la valeur finale sont liés à la nature exponentielle du jeu. Ces écarts facilitent l'analyse des résultats expérimentaux.

**Tableau 1 : Résultats des programmes informatiques**

| Programmes informatiques                                      | Valeur terminale de l'entreprise |
|---|----------------------------------|
| Stratégie centralisée (myope avec $R = 0$ )                   |                                  |
| - $Q_1 = 190, r = 0\%$  | 6                                |
| - $Q_1 = 190, r = 15\%$                                       | 33                               |
| Stratégie myope   |                                  |
| - $Q_1 = 150, r = 0\%, R = 50$                                | 7                                |
| - $Q_1 = 190, r = 20\%, R = 20$                               | 63                               |
| Décentralisée avec spéculation (achats et ventes simultanées) | 317                              |
| Décentralisée avec croissance                                 |                                  |
| Sans corrélation  |                                  |
| - $k=1.80$  | 347                              |
| - $k=2.05$  | 218                              |
| Avec corrélation ( $a=2.1, b=1.6, c=1.1$ )                    | 867                              |
| Stratégie optimale  | 1 173                            |

A ce stade, nous avons des représentations des stratégies myope et de croissance et pour chacune, des procédures pour jouer le jeu. Ces représentations impliquent clairement des niveaux de planification croissants, allant d'aucune planification (myope sans apprentissage) à des niveaux assez sophistiqués de planification (croissance). L'apprentissage consiste à adapter la procédure sans changer de représentation ou à changer de représentation.

Nous classerons tout d'abord les résultats expérimentaux en utilisant les représentations. Nous comparerons ensuite les routines utilisées effectivement par les sujets aux programmes correspondant à ces représentations.

## **6. Analyse des résultats expérimentaux : les représentations comme "théories en action"**

L'expérience a été réalisée avec 76 équipes numérotées de 1 à 76. Les sujets étaient des participants à des cours de management enseignés par les auteurs dans des écoles d'ingénieur ou de gestion pendant les années 1999 et 2000. Seule une de ces 76 équipes a joué une stratégie de spéculation coordonnée (n° 42). Cette stratégie peut aisément être identifiée et éliminée de l'échantillon.

Dans cette section, nous identifions les "théories en action" des équipes en utilisant nos représentations formelles. Il est bien sûr impossible de connaître avec certitude la "théorie en action" des sujets (la "théorie en action" fait en effet référence aux décisions réelles et non à

la “espoused theory” qui est celle exprimée par les sujets lorsqu’on leur demande de l’expliquer). Toutefois, nous faisons l’hypothèse que le comportement effectif est étroitement lié aux représentations que nous avons élaborées.

Rappelons que ces représentations découlent des deux éléments majeurs qui structurent l’analyse économique : l’anticipation d’une entrée de trésorerie par l’acheteur et la spéculation par le vendeur. En conséquence, nous inférons le modèle utilisé par les équipes en testant ces décisions effective avec les deux tests suivants :

Test 1 (anticipation d’une entrée de trésorerie par l’acheteur): si les ventes effectives étaient nulles, la politique d’achat conduirait-elle à la faillite dans plus de 6 cas pendant les 10 premières périodes ? (nous limitons ce test au 10 premières périodes pour éliminer les perturbations liées à la fin de jeu notamment en raison d’un comportement souvent prudent pendant la dernière partie du jeu) ;

Test 2 (réactivité du vendeur au prix de vente pour spéculer) : le stock final est-il positif dans au moins 6 cas sur les 15 périodes ? (la spéculation n’est pas affectée par la fin du jeu).

Si nous appliquons ces tests à nos programmes, nous obtenons les résultats suivants :

|                 |  | Test 2         |   |
|-----------------|--|----------------|---|
|                 |  | No speculation | speculation                               |
| anticipation    | Decentralized and growth policies<br>(with or without correlation) |                | Myopic policies with growth ( $r > 0$ )   |
| no anticipation |  |                | Myopic policies and no growth ( $r = 0$ ) |

Nous dirons donc que la théorie en action dans chaque classe est la représentation du programme informatique correspondant. L’annexe 1 donne le détail des résultats de chaque équipe, avec la valeur terminale, et toutes les données nécessaires pour faire les tests avec d’autres seuils pour chaque test. Les résultats sont présentés dans deux tableaux selon que l’équipe a fait faillite ou non. On constate donc que 55 équipes ont évité la faillite alors que 22 ont fait faillite (parmi lesquelles certaines ont arrêté de jouer). Désormais dans cette section, nous limitons notre analyse aux équipes qui n’ont pas fait faillite. Nous incluons les autres lorsque nous discuterons la question de l’apprentissage.

Nous pouvons constater que les valeurs obtenues par les programmes informatiques sont proches de celles obtenues par les équipes pour chaque classe. Cela contribue à valider notre classification et l'hypothèse que les comportements effectifs sont très liés aux représentations. En outre, les moyennes des valeurs dans les différentes classes sont significativement différentes. Cela démontre donc que plus la planification est sophistiquée, plus la probabilité d'obtenir une valeur élevée est importante.

| Test 2          |   |  |
|-----------------|---|--|
|                 | No speculation                          | speculation                            |
| anticipation    | Nb of teams : 15<br>Mean of values: 372 | Nb of teams : 19<br>Mean of values: 77 |
| no anticipation | Nb of teams : 1<br>Mean of values: 19   | Nb of teams : 20<br>Mean of values: 22 |

## 7. Analyse des résultats expérimentaux : routines vs procédures dans les programmes informatiques

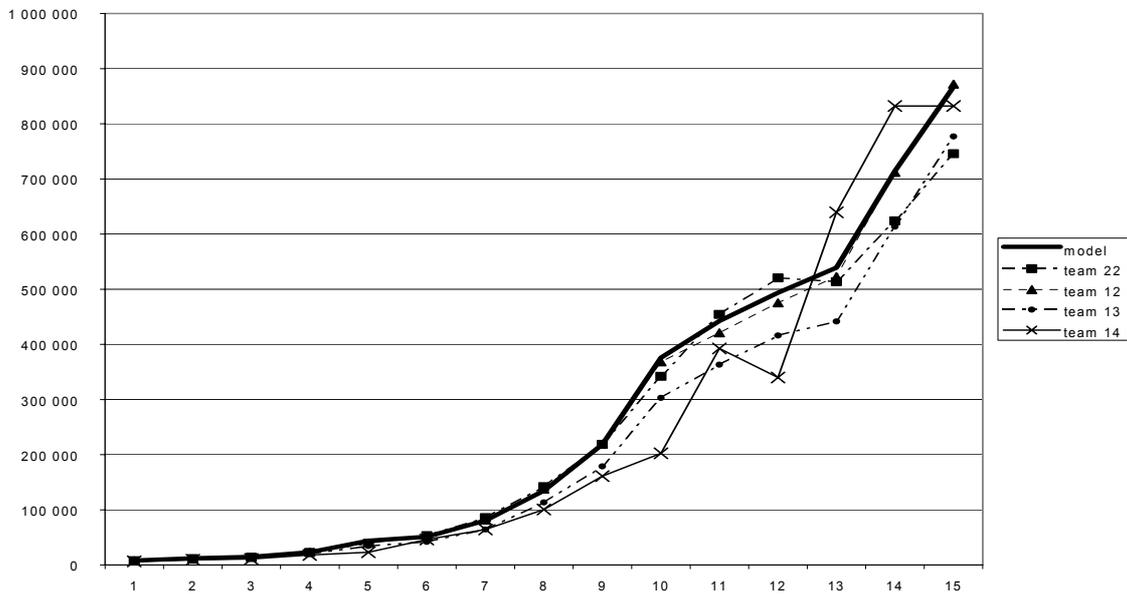
L'analyse des sections précédentes est une première approche. Dans certains cas, nous pouvons faire une analyse plus approfondie. Nous allons désormais montrer que nos programmes informatiques donne une bonne approximation du comportement effectif des équipes. Cela conforte la pertinence de notre méthodologie. En fait, cela conduit aussi à de nouvelles conclusions dans la mesure où cette analyse détaillée révèle certaines singularités des raisonnements faits par les sujets. Malheureusement, ces détails ne sont connus que pour un nombre limité d'équipes.

Les équipes seront étudiées par ordre de valeur terminale décroissante.

### 7.1 Croissance avec corrélation : équipes 12, 14, 13, 22

La figure 5 permet une comparaison directe des valeur expérimentales et des valeurs obtenues par notre programme informatique dans le cas d'une croissance avec corrélation. Les paramètres du programme sont les mêmes que ceux de l'exemple de la section 6, c'est-à-dire, ( $a=2.1$ ,  $b=1.6$ ,  $c=1.1$ ). Ces paramètres sont ceux qui permettent d'obtenir la meilleure correspondance entre les valeurs, correspondance qui est plutôt bonne pour les 4 équipes. Cela signifie-t-il pour autant que les équipes ont fait un raisonnement proche de celui correspondant au programme informatique ?

Figure 5 : Growth with correlation : values



Nous n'avons des détails sur le comportements des sujets que pour les équipes 12, 14 et 22.

Pour anticiper sa trésorerie disponible, l'équipe 22 a utilisé un programme informatique détaillé sur sa feuille de tableur. Ce programme était fondé sur un coefficient de corrélation anticipé comme dans notre programme (mais avec des valeurs anticipées plus élevées) et une réserve de trésorerie à déduire du budget d'achat. Cette réserve est définie comme un pourcentage de la valeur de la firme qui dépend à la fois de la période du jeu et du prix d'achat observé (cf. tableau ci-dessous). Sans cette réserve, l'équipe aurait fait faillite plusieurs fois. Cette procédure semble très complexe et en tout cas bien plus que la nôtre.

| prix d'achat | Périodes 1-5 | Périodes 6-15 |
|--------------|--------------|---------------|
| Faible       | 8%           | 20%           |
| Moyen        | 20%          | 30%           |
| Elevé        | 50%          | 50%           |

La procédure utilisée par l'équipe 12 est proche de celle de l'équipe 22 mais moins formalisée. Le budget d'achat ne nécessite pas le calcul de la valeur mais est un pourcentage de la trésorerie anticipée. Ce pourcentage a été révisé de façon intuitive lorsque la baisse des prix de vente a été observé. Les chiffres sont discutés et arrondis..

L'équipe 14 se fonde aussi sur une corrélation des prix et une anticipation de la trésorerie mais elle utilise aussi un élément qui lui est propre : les joueurs ont décidé de ne rien acheter si le prix d'achat était supérieur à 13. Cela est cohérent avec l'idée d'économies d'échelle, mais la raison du nombre 13 n'est pas connue.

Finalement, nous sommes en présence de trois équipes qui ont abordé le problème avec la représentation en terme de croissance et de corrélation, mais lorsqu'il s'est agi de déterminer les valeurs numériques à fixer à chaque période, ces équipes ont introduit des éléments très spécifiques rendant leur raisonnement plutôt ad hoc.

## 7.2 Croissance sans corrélation, équipes 52, 17, 35, 58, 15, 40, 38

Nous pouvons obtenir un bon "fit" avec ces résultats expérimentaux en utilisant le programme correspondant à la stratégie de croissance sans corrélation avec deux paramètres différents,  $k=1,8$  (équipes 52, 17, 35) et  $k = 2,05$  (équipes 58, 15, 40, 38). Nous n'avons des informations détaillées que pour les équipes 35 et 17.

Figure 6 : Growth without correlation (k = 2,05)

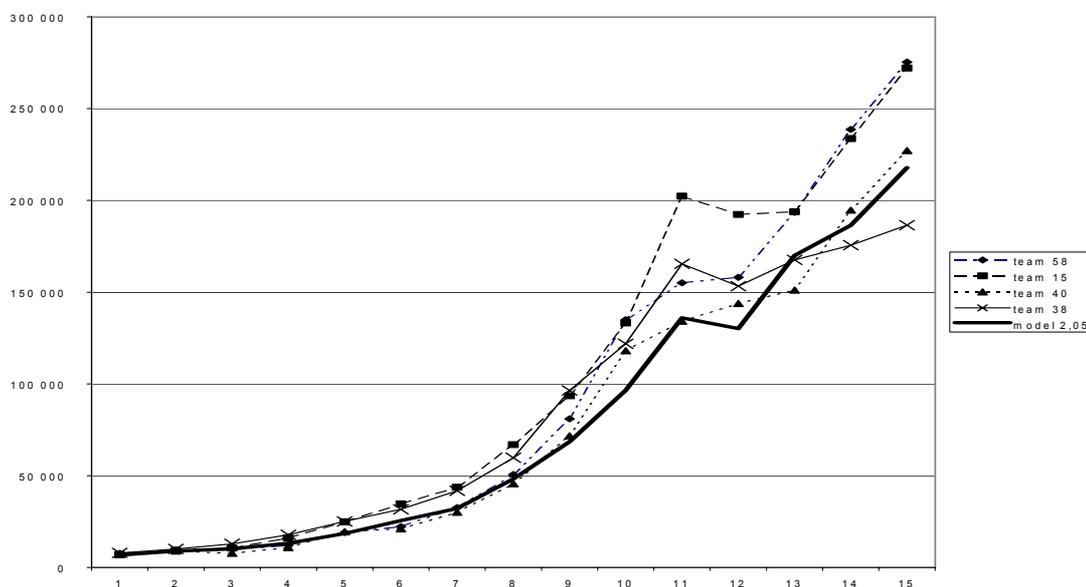
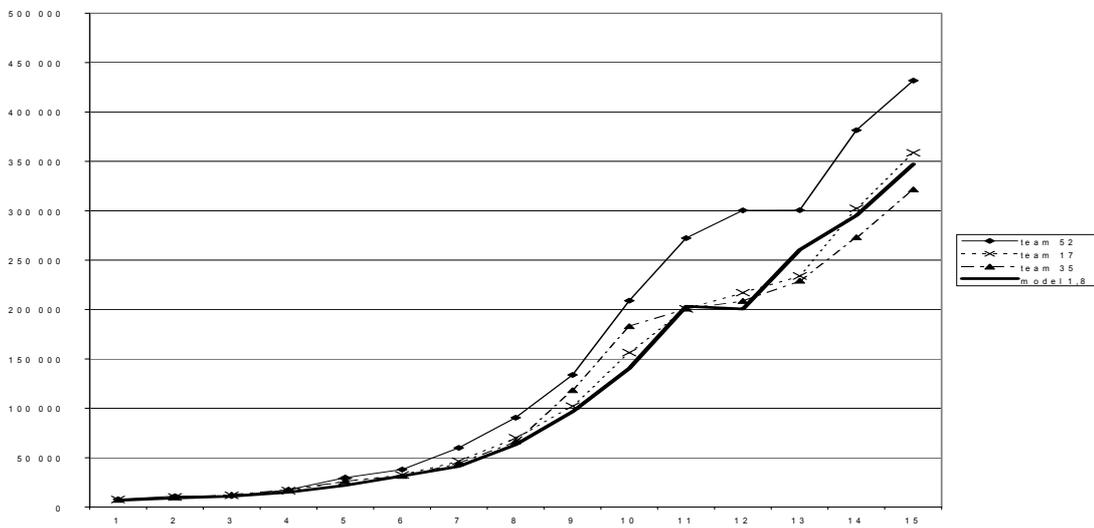
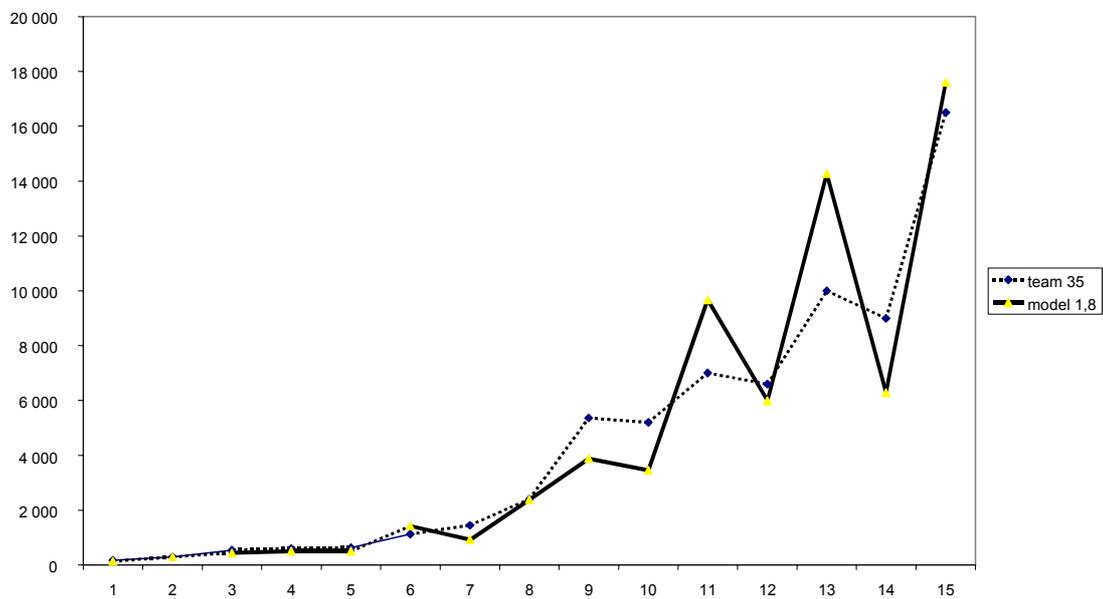


Figure 7 : Growth without correlation (k = 1,8)



On constate que l'équipe 35 a utilisé une démarche très proche de celle du programme bien qu'elle ait conservé une réserve de trésorerie lorsqu'un prix d'achat très faible était observé. Cette observation est confirmée par la comparaison entre les achats de notre modèle et les achats effectifs de l'équipe (cf. figure 8). Notez que les achats sont beaucoup plus faibles en périodes 11 et 13 lorsque les prix de vente sont faibles. Leurs réponses au questionnaire montrent que cette équipe avait constaté une corrélation, mais qu'elle pensait qu'elle ne durerait pas. Globalement, cette approche est bien captée par notre modèle avec quelques ajustements ad hoc.

Figure 8 : Growth without correlation : inputs



Concernant l'équipe 17, il s'avère qu'elle a construit une routine surprenante dans laquelle la trésorerie anticipée résulte d'un stock nul et d'un prix de vente minimum calculé comme le

coût de production moyen. Cela conduit à une fonction implicite qui ne peut être résolue que par une équation du quatrième degré. La valeur obtenue est très proche de celle de notre modèle avec  $k=1.8$ . Le « fit » est bon mais la routine utilisée n'a rien de commun avec notre modèle ! Le raisonnement n'est donc pas cohérent avec la représentation supposée et la classification est donc accidentelle.

### 7.3. Stratégie myope

Nous avons peu d'informations sur les équipes qui ont obtenus des résultats relativement faibles. Toutefois, nous pouvons illustrer le fait que notre programme de stratégie myope est une bonne approximation du comportement effectif correspondant. Nous utiliserons pour cela l'exemple de l'équipe 2. Pour obtenir le meilleur "fit", nous avons sélectionné les paramètres suivants :  $Q_1 = 160$ ,  $r = 0\%$ ,  $R = 30$ . Les figures suivantes comparent les achats et les ventes réels et ceux de notre programme. Pour ce type de stratégie, il n'est pas nécessaire de mettre en oeuvre une planification importante. La politique suivie est très proche de deux stratégies locales consistant à s'adapter de façon myope aux prix d'achats et de vente observés.

Figure 9 : Input team 2

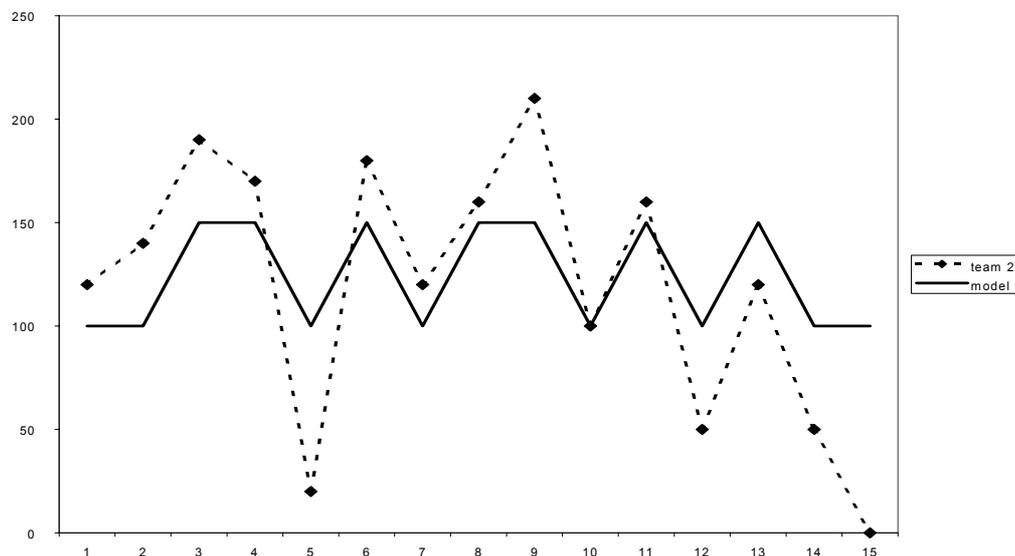
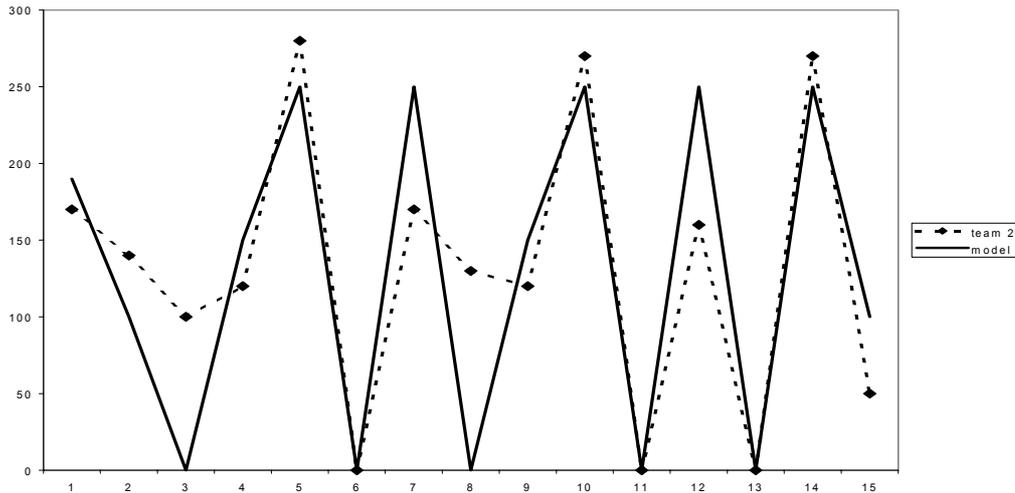


Figure 10 : Output team 2



Le bon « fit » entre les comportements observés et les simulations faites grâce à un programme informatique renforce notre hypothèse selon laquelle le comportement effectif est étroitement lié aux représentations. Toutefois, nous n'avons pas ici d'information nous permettant d'étudier si des éléments ad hoc ont été introduits qui rendent les comportements effectifs différents du programme informatique.

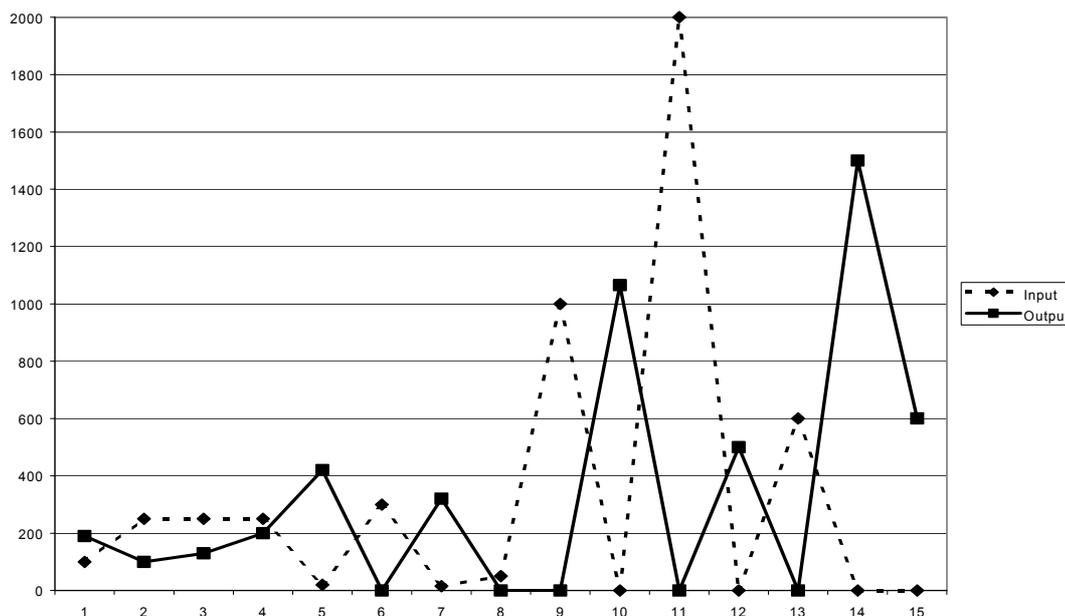
In fine, cette analyse :

- Renforce l'hypothèse selon laquelle le comportement effectif est étroitement lié aux représentations ;
- Montre que le comportement effectif correspond bien aux programmes informatiques, mais intègre des éléments ad hoc. Le comportement effectif s'appuie donc sur une « théorie en action ». Mais le comportement effectif est assez complexe et sans idées a priori sur les « théories en action » possibles, il aurait été difficile d'inférer ces théories à partir du comportement observé. Le détour par une analyse en rationalité substantive s'avère donc nécessaire d'un point de vue méthodologique.

## 8. Analyse des résultats expérimentaux : apprentissage

Dans cette section, nous nous intéressons à la question de l'apprentissage sous deux angles, l'un théorique et l'autre pratique. En premier lieu, nous cherchons si un apprentissage en double boucle peut être observé. En second lieu, nous essayons de savoir si plus de planification conduit à une plus grande capacité de survie dans un environnement changeant.

Figure 11 : Double loop learning



En ce qui concerne la première question, notre approche distingue les changements de paramètres d'un programme donné (apprentissage en simple boucle) et le passage d'une représentation à une autre (apprentissage en double boucle).

Comme nous l'avons souligné lors de l'analyse théorique du jeu, la stratégie optimale consisterait à jouer tout d'abord une stratégie de croissance et de passer à une stratégie de spéculation coordonnée lorsque la différence entre le prix de vente moyen et le prix d'achat moyen devient faible. Une première question est donc de savoir si des équipes ont changé de stratégie, en particulier pour suivre une stratégie proche de la stratégie optimale.

Sur les 55 équipes qui n'ont pas fait faillite, les résultats sont les suivants :

- parmi les 15 équipes qui ont suivi une stratégie de croissance, on n'observe aucun changement de stratégie (pour une stratégie de spéculation) ;
- parmi les 40 autres équipes, seule l'équipe 59 a changé de représentation pendant le jeu, en l'occurrence pour une stratégie de spéculation coordonnée. La figure \* montre ce changement de stratégie (à partir de la période 5).

Nous pouvons aussi utiliser les cas de faillite pour étudier cette question. En effet, lorsqu'une équipe fait faillite, la règle l'oblige à ne pas acheter et à vendre tout le stock la période suivant la faillite. La période suivante, il ne peut y avoir de ventes. Cette règle contraint donc l'équipe à jouer pendant deux périodes une stratégie de spéculation coordonnée. Si les résultats de ces deux périodes et donc de cette stratégie sont bons, on peut s'attendre à ce que l'équipe la

poursuive et donc change de leur routine initiale pour une spéculation coordonnée. Les résultats sont en fait les suivants :

- parmi les 22 équipes qui ont fait faillite, 6 peuvent être analysées<sup>3</sup>
- parmi ces 6 équipes, 5 jouaient une stratégie de croissance décentralisée avant la faillite. Dans les trois cas dans lesquels la faillite intervient en période 6, l'application des règles conduit à des résultats similaires à ceux obtenus avant la faillite (mais la marge brute est faible – inférieure à 10 – par rapport aux 5 périodes précédentes) et garantit de ne plus faire faillite.
- En conséquence, on pourrait s'attendre à ce que ces équipes passent d'une stratégie de croissance décentralisée à une stratégie de spéculation coordonnée. Cela ne se produit pas et les équipes font de nouveau faillite. En outre, aucun commentaire dans les réponses au questionnaire ne mentionne que ce changement a été envisagé.

| Team | First bankruptcy period | Nb of bankruptcies | Average annual growth rate before bankruptcy | Annual growth rate during the 2 periods after bankruptcy |
|------|-------------------------|--------------------|--|--|
| 23   | 6                       | 4                  | 53%  | 53%  |
| 26   | 6                       | 5                  | 38%  | 39%  |
| 34   | 6                       | 2                  | 47%  | 47%  |

- Enfin, une équipe avait une stratégie myope avant la faillite. Pendant les deux périodes suivantes, la valeur de la firme a été de 10% par an contre 13% avant. Aucun changement de stratégie n'a été observé ensuite.

Ces résultats montrent que l'apprentissage en double boucle ne se produit quasiment jamais. En particulier, il n'est jamais observé pour les équipes ayant adopté une stratégie de croissance. En conséquence, ces résultats montrent que la planification n'améliore pas l'apprentissage en double boucle.

Examinons maintenant la deuxième question plus appliquée concernant l'apprentissage. Pour étudier l'impact de la planification sur la capacité des équipes à adapter leur comportement (apprentissage en simple boucle) aux changements de l'environnement, nous pouvons analyser si le pourcentage d'équipes qui font faillite dépend de leur théorie en action. Les résultats sont les suivants :

---

<sup>3</sup> Dans les 14 autres cas, la faillite est intervenue trop tard pour permettre un changement de routine, ou les équipes ont arrêté de jouer.

|        |                 | Test 2         |             |
|--------|-----------------|----------------|-------------|
|        |                 | No speculation | speculation |
| Test 1 | anticipation    | 29%            | 27%         |
|        | no anticipation | NS             | 26%         |

Pourcentage d'équipes qui ont fait faillite

La probabilité de faire faillite n'est donc pas significativement différente selon la théorie en action, en particulier, on ne peut pas dire que plus de planification permet une meilleure adaptabilité de la routine correspondante aux changements de l'environnement.

Ces deux résultats (théorique et pratique) sur l'apprentissage peuvent être interprétés comme la conséquence de l'implication nécessaire à l'élaboration d'une routine :

- si l'équipe n'a pas une routine sophistiquée, le jeu est trop court et l'environnement trop fluctuant pour laisser le temps à une phase d'exploration au cours du jeu.
- de façon opposée, si la représentation est sophistiquée, l'exploration a été difficile et une fois qu'ils ont élaboré une routine, les sujets ne sont pas prêts à une nouvelle phase d'exploration même s'ils sont indirectement incités à le faire.

En fait, une fois traduite dans une routine, la théorie en action est en quelque sorte oubliée. Cette conclusion est cohérente avec l'analyse de la section 6 qui montre que des éléments ad hoc sont intégrés à ces routines et qui sont difficiles à relier à la théorie en action. Elle explique aussi pourquoi une meilleure représentation n'améliore pas l'apprentissage en simple boucle. En effet, on pourrait s'attendre à ce que les équipes qui ont une bonne représentation du jeu fassent faillite moins fréquemment. Mais, lorsqu'elles jouent, ces équipes ne mobilisent pas leur représentation et se concentrent sur leur routine. Par exemple, les équipes qui jouent une stratégie de croissance se concentrent sur l'optimisation de leur routine pour maximiser la valeur et laisse de côté la question du risque de faillite, bien qu'il ait initialement fait partie de leur représentation.

A partir de ces résultats sur l'apprentissage on peut donc conclure qu'une meilleure représentation (c'est à dire un niveau de planification plus élevé) ne conduit pas à une meilleure capacité à l'apprentissage. Notre hypothèse est que les sujets ont des difficultés à dissocier théorie en action et routine et que cela affecte négativement leur capacité à détecter

les changements de l'environnement qui pourraient invalider le raisonnement sur lequel ils se fondent.

## **9. Commentaires de conclusion**

Ce papier s'intéresse à la question de la capacité à se coordonner dans une équipe. Le problème de coordination est formulé selon un processus de planification et de décision dans une entreprise dont l'environnement est incertain et changeant. Dans un cadre complexe comme celui-ci, les participants adoptent généralement des approches procédurales.

Nous avons construit un modèle de rationalité limitée qui permet de représenter de façon satisfaisante les comportements observés. Ce modèle donne la possibilité de tester si le degré de sophistication de la planification, par exemple au travers de l'utilisation de la modélisation économique à partir des croyances communes, augmente la performance de l'équipe.

Les résultats sont de deux ordres : si la planification améliore effectivement la performance, elle ne permet pas d'améliorer la capacité à éviter les pièges résultants de changements brusques de l'environnement. Ces résultats doivent être confirmés par de nouvelles études. En particulier, il convient d'utiliser des modalités d'expérimentation plus rigoureuses (sélection et rémunération des participants, récolte des données...). Il serait intéressant de savoir si la capacité à se coordonner dépend d'éléments comme l'homogénéité des équipes (capacité à mobiliser un raisonnement économique), la disponibilité de progiciels comme les tableurs (si importants pour établir des business plan), la pression du temps...

Au delà de ces limites, les résultats apportent de nouveaux éléments sur les appréciations mitigées portées sur l'utilisation de modèles économiques pour la planification. Ils expliquent en effet pourquoi la planification peut induire des phénomènes d'ancrage et empêcher l'apprentissage en double boucle. En conséquence, ils suggèrent aussi des pistes intéressantes pour accroître les bénéfices potentiels d'une meilleure planification. Selon ces résultats, la planification doit être considérée comme un instrument de coordination autant qu'un instrument de prévision. Les bénéfices associés à une meilleure coordination interne ne doivent alors pas obérer la capacité à rester vigilant aux évolutions externes. Notre modèle de rationalité limitée, fondé sur une distinction claire des hypothèses économiques générales et des hypothèses plus conventionnelles nécessaires à la prise de décision, donne une structure adaptée à de telles améliorations des modèles de planification.

## References

- Aoki, M. (1986), "Horizontal versus vertical information structure of the firm", *American Economic Review*, 76, 5.
- Argyris, C. and Schon, D. A. (1978), *Organizational learning, a theory of action perspective*, Addison Wesley, Reading (Mass.).
- Boyer, M. and Robert, J. (2000), Organizational inertia and dynamic incentives, working paper, CIRANO, Montréal.
- Chandler, A. (1962) *Strategy and structure, chapters in the history of the industrial enterprise*, MIT Press, Cambridge.
- Crawford, V. P. and Haller, H. (1990), Learning how to cooperate: optimal play in repeated coordination games, *Econometrica*, 58-3, 571-596.
- Crémer, J. (1980), "A partial theory of the optimal organization of a bureaucracy" *The Bell Journal of Economics*, 11, 2.
- Crémer, J. (1995), "Arm's length relationships", *Quarterly Journal of Economics*, CX, 275-295.
- Cyert, R. and J. March (1963), *A Behavioral Theory of the Firm*, Prentice Hall.
- Hall, R. I. (1984) The natural logic of management policy making its implications for the survival of the organization, *Management Science*, 30, 905:927.
- Kahneman, D. and Tversky, A. (1979), "Prospect theory : an analysis of decision under risk", *Econometrica*, 47, 263-291.
- Kreps, D. (1996), Markets and hierarchies and (mathematical) economic theory, *Industrial and Corporate Change*, 5-2, 561-595.
- Marschack J, and Radner R. (1972), *Economic theory of teams*, Yale University Press.
- Millgrom, P. and Roberts, J. (1992), *Economics, organizations and management*, Prentice Hall.
- Mintzberg, H. (1994), *The rise and fall of strategic planning*, Prentice Hall.
- Schelling, T. C. (1960) *The strategy of conflict*, Harvard University Press, Cambridge.
- Simon, H. (1996), *The sciences of the artificial*, third edition, MIT Press, Cambridge.

## Annexes

## EQUIPES QUI ONT EVITE LA FAILLITE

Test 1 : if nb of no anticipation (10 first periods) >= 6 then "no anticipation from buyer"  
 Test 2 : if nb of inventory non zero (15 periods) >= 6 then "speculation from seller"

| Fichier | Joint speculation | Pure growth   | Growth with spec. | Question marks   | Pure myopic   | Terminal value | Nb inventory > 0 | Nb no anticipation | Nb of cash<0 |
|---------|-------------------|---------------|-------------------|------------------|---------------|----------------|------------------|--------------------|--------------|
| 12      |                   | Ant.+No Spec. |                   |                  |               | 872 025        | 0                | 0                  | 0            |
| 14      |                   | Ant.+No Spec. |                   |                  |               | 832 380        | 0                | 1                  | 0            |
| 13      |                   | Ant.+No Spec. |                   |                  |               | 777 116        | 0                | 0                  | 0            |
| 22      |                   | Ant.+No Spec. |                   |                  |               | 745 820        | 0                | 0                  | 0            |
| 52      |                   | Ant.+No Spec. |                   |                  |               | 431 864        | 0                | 0                  | 0            |
| 17      |                   | Ant.+No Spec. |                   |                  |               | 358 664        | 0                | 0                  | 0            |
| 35      |                   | Ant.+No Spec. |                   |                  |               | 321 617        | 2                | 1                  | 0            |
| 58      |                   | Ant.+No Spec. |                   |                  |               | 275 361        | 0                | 0                  | 0            |
| 15      |                   | Ant.+No Spec. |                   |                  |               | 272 078        | 4                | 4                  | 0            |
| 10      |                   |               | Ant. + Spec.      |                  |               | 250 571        | 6                | 2                  | 0            |
| 42      | Joint spec.       |               |                   |                  |               | 227 631        | 1                | 1                  | 0            |
| 40      |                   | Ant.+No Spec. |                   |                  |               | 227 173        | 2                | 0                  | 0            |
| 38      |                   | Ant.+No Spec. |                   |                  |               | 186 512        | 3                | 3                  | 0            |
| 11      |                   |               | Ant. + Spec.      |                  |               | 155 904        | 14               | 2                  | 0            |
| 69      |                   |               | Ant. + Spec.      |                  |               | 150 653        | 7                | 1                  | 0            |
| 16      |                   |               | Ant. + Spec.      |                  |               | 135 961        | 8                | 0                  | 0            |
| 62      |                   | Ant. No Spec. |                   |                  |               | 131 074        | 4                | 2                  | 0            |
| 19      |                   |               | Ant. + Spec.      |                  |               | 129 473        | 10               | 1                  | 0            |
| 9       |                   |               | Ant. + Spec.      |                  |               | 99 408         | 10               | 5                  | 0            |
| 39      |                   |               | Ant. + Spec.      |                  |               | 93 422         | 8                | 2                  | 0            |
| 37      |                   |               |                   |                  | No ant.+ spec | 79 579         | 11               | 8                  | 0            |
| 7       |                   |               | Ant. + Spec.      |                  |               | 69 791         | 6                | 5                  | 0            |
| 67      |                   | Ant.+No Spec. |                   |                  |               | 64 422         | 0                | 5                  | 0            |
| 73      |                   |               |                   |                  | No ant.+ spec | 49 516         | 6                | 8                  | 0            |
| 4       |                   |               | Ant. + Spec.      |                  |               | 47 464         | 12               | 0                  | 0            |
| 44      |                   | Ant.+No Spec. |                   |                  |               | 44 044         | 4                | 5                  | 0            |
| 49      |                   |               | Ant. + Spec.      |                  |               | 44 043         | 7                | 5                  | 0            |
| 59      |                   |               |                   |                  | No ant.+ spec | 36 976         | 8                | 6                  | 0            |
| 68      |                   | Ant.+No Spec. |                   |                  |               | 36 373         | 3                | 3                  | 0            |
| 47      |                   |               |                   |                  | No ant.+ spec | 35 910         | 7                | 8                  | 0            |
| 53      |                   |               | Ant. + Spec.      |                  |               | 30 401         | 15               | 1                  | 0            |
| 8       |                   |               |                   |                  | No ant.+ spec | 28 031         | 7                | 8                  | 0            |
| 70      |                   |               |                   |                  | No ant.+ spec | 26 526         | 8                | 7                  | 0            |
| 76      |                   |               |                   |                  | No ant.+ spec | 26 526         | 8                | 7                  | 0            |
| 36      |                   |               | Ant. + Spec.      |                  |               | 26 496         | 13               | 2                  | 0            |
| 50      |                   |               |                   |                  | No ant.+ spec | 22 047         | 11               | 6                  | 0            |
| 3       |                   |               | Ant. + Spec.      |                  |               | 20 110         | 10               | 1                  | 0            |
| 61      |                   |               |                   |                  | No ant.+ spec | 19 182         | 12               | 6                  | 0            |
| 64      |                   |               |                   | No ant.+No spec. |               | 19 025         | 3                | 7                  | 0            |
| 72      |                   |               | Ant. + Spec.      |                  |               | 17 999         | 12               | 5                  | 0            |
| 71      |                   |               | Ant. + Spec.      |                  |               | 17 046         | 9                | 5                  | 0            |
| 21      |                   |               |                   |                  | No ant.+ spec | 16 225         | 7                | 6                  | 0            |
| 57      |                   |               | Ant. + Spec.      |                  |               | 15 569         | 14               | 5                  | 0            |
| 63      |                   |               |                   |                  | No ant.+ spec | 13 865         | 12               | 7                  | 0            |
| 1       |                   |               |                   |                  | No ant.+ spec | 13 187         | 6                | 7                  | 0            |
| 20      |                   |               |                   |                  | No ant.+ spec | 11 566         | 10               | 7                  | 0            |
| 66      |                   |               |                   |                  | No ant.+ spec | 11 508         | 14               | 6                  | 0            |
| 54      |                   |               |                   |                  | No ant.+ spec | 9 813          | 12               | 6                  | 0            |
| 2       |                   |               |                   |                  | No ant.+ spec | 9 588          | 10               | 7                  | 0            |
| 18      |                   |               |                   |                  | No ant.+ spec | 9 520          | 14               | 6                  | 0            |
| 55      |                   |               |                   |                  | No ant.+ spec | 9 227          | 14               | 6                  | 0            |
| 6       |                   |               |                   |                  | No ant.+ spec | 7 400          | 14               | 9                  | 0            |
| 74      |                   |               | Ant. + Spec.      |                  |               | 7 224          | 14               | 5                  | 0            |
| 46      |                   |               |                   |                  | No ant.+ spec | 5 558          | 14               | 8                  | 0            |
| 5       |                   |               | Ant. + Spec.      |                  |               | 3 406          | 13               | 0                  | 0            |
| 56      |                   |               | Ant. + Spec.      |                  |               | 1 043          | 14               | 4                  | 0            |

## EQUIPES QUI ONT FAIT FAILLITE

Test 1: if nb of no anticipation (10 first periods) >= 6 then "no anticipation from buyer"  
 Test 2: if nb of inventory non zero (15 periods) >= 6 then "speculation from seller"

| Fichier | Joint speculation | Pure growth    | Growth with spec. | Question marks | Pure myopic   | Terminal value | Value at period 11 | Nb inventory > 0 | Nb no anticipation | Nb of cash < 0 |
|---------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|---------------|----------------|--------------------|------------------|--------------------|----------------|
| 23      |                   | Ant.+ No Spec. |                   |                |               | 2 040 486      | 683 723            | 0                | 1                  | 4              |
| 30      |                   | Ant.+ No Spec. |                   |                |               |                | 606 732            | 4                | 0                  | 1              |
| 34      |                   | Ant.+ No Spec. |                   |                |               | 1 166 360      | 444 581            | 1                | 1                  | 2              |
| 29      |                   | Ant.+ No Spec. |                   |                |               | 857 154        | 322 743            | 0                | 0                  | 1              |
| 27      |                   |                | Ant.+ Spec.       |                |               |                | 276 590            | 9                | 0                  | 1              |
| 26      |                   |                |                   |                | No ant.+ spec | 451 459        | 248 813            | 5                | 2                  | 5              |
| 31      |                   |                | Ant.+ Spec.       |                |               | 336 900        | 204 534            | 12               | 0                  | 4              |
| 32      |                   | Ant.+ No Spec. |                   |                |               | 289 763        | 122 487            | 1                | 2                  | 1              |
| 28      |                   |                |                   |                | No ant.+ spec | 70 457         | 42 036             | 9                | 7                  | 1              |
| 24      |                   |                | Ant.+ Spec.       |                |               | 40 090         | 37 925             | 7                | 1                  | 1              |
| 51      |                   | Ant.+ No Spec. |                   |                |               | 25 152         | 24 742             | 3                | 3                  | 1              |
| 75      |                   |                |                   |                | No ant.+ spec | 31 961         | 24 499             | 9                | 6                  | 1              |
| 48      |                   |                | Ant.+ Spec.       |                |               | 27 923         | 20 261             | 8                | 5                  | 1              |
| 65      |                   |                |                   |                | No ant.+ spec | 14 550         | 17 796             | 9                | 7                  | 1              |
| 45      |                   |                | Ant.+ Spec.       |                |               | 9 450          | 15 203             | 14               | 5                  | 1              |
| 43      |                   |                | Ant.+ Spec.       |                |               | 9 233          | 14 538             | 14               | 3                  | 2              |
| 25      |                   |                |                   |                | No ant.+ spec | 10 242         | 14 154             | 12               | 6                  | 1              |
| 41      |                   |                |                   |                | No ant.+ spec | 11 083         | 13 109             | 13               | 6                  | 2              |
| 60      |                   |                | Ant.+ Spec.       |                |               | 4 671          | 8 293              | 6                | 1                  | 1              |
| 33      |                   |                |                   |                | No ant.+ spec |                | 6 681              | 9                | 8                  | 1              |

## PROGRAMMES INFORMATIQUES

Test 1: if nb of no anticipation (10 first periods) >= 6 then "no anticipation from buyer"  
 Test 2 : if nb of inventory non zero (15 periods) >= 6 then "speculation from seller"

| Fichier              | Joint speculation | Pure growth   | Growth with spec. | Question marks  | Pure myopic  | Terminal value | Nb inventory > 0 | Nb no anticipation | Nb cash < 0 |
|----------------------|-------------------|---------------|-------------------|-----------------|--------------|----------------|------------------|--------------------|-------------|
| Centr.. Growth       |                   | Ant.+No Spec. |                   |                 |              | 33 556         | 0                | 5                  | 0           |
| Centr. no Growth     |                   |               |                   | No ant.+No spec |              | 6 241          | 0                | 7                  | 0           |
| Myopic no Growth     |                   |               |                   |                 | No ant.+spec | 7 050          | 7                | 8                  | 0           |
| Myopic Growth        |                   |               | Ant.+Spec.        |                 |              | 62 880         | 7                | 5                  | 0           |
| Joint Speculation    | Joint spec        |               |                   |                 |              | 316 949        | 1                | 0                  | 0           |
| Growth Correlation   |                   | Ant.+No Spec. |                   |                 |              | 867 288        | 0                | 0                  | 0           |
| Growth No Cor. (1.8) |                   | Ant.+No Spec. |                   |                 |              | 347 305        | 0                | 3                  | 0           |
| Growth No Cor.(2.05) |                   | Ant.+No Spec. |                   |                 |              | 217 791        | 0                | 4                  | 0           |
| Optimum              |                   | Ant.+No Spec. |                   |                 |              | 1 173 002      | 2                | 0                  | 0           |