

1998RP-02

**Compte-Rendu des Séances
d'Expérimentations du Marché
Électronique Intelligent des
Copeaux de Bois**

Julie Turcotte, Jacques Robert

Rapport de Projet
Project report

Montréal
Août 1998



CIRANO
Centre interuniversitaire de recherche
en analyse des organisations

CIRANO

Le CIRANO est un organisme sans but lucratif constitué en vertu de la Loi des compagnies du Québec. Le financement de son infrastructure et de ses activités de recherche provient des cotisations de ses organisations-membres, d'une subvention d'infrastructure du ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie, de même que des subventions et mandats obtenus par ses équipes de recherche.

CIRANO is a private non-profit organization incorporated under the Québec Companies Act. Its infrastructure and research activities are funded through fees paid by member organizations, an infrastructure grant from the Ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie, and grants and research mandates obtained by its research teams.

Les organisations-partenaires / The Partner Organizations

- École des Hautes Études Commerciales
- École Polytechnique de Montréal
- Université Concordia
- Université de Montréal
- Université du Québec à Montréal
- Université Laval
- Université McGill
- Ministère des Finances du Québec
- MRST
- Alcan inc.
- AXA Canada
- Banque du Canada
- Banque Laurentienne du Canada
- Banque Nationale du Canada
- Banque Royale du Canada
- Bell Canada
- Bombardier
- Bourse de Montréal
- Développement des ressources humaines Canada (DRHC)
- Fédération des caisses Desjardins du Québec
- Hydro-Québec
- Industrie Canada
- Pratt & Whitney Canada Inc.
- Raymond Chabot Grant Thornton
- Ville de Montréal

© 1998 Julie Turcotte et Jacques Robert. Tous droits réservés. All rights reserved. Reproduction partielle permise avec citation du document source, incluant la notice ©.

Short sections may be quoted without explicit permission, if full credit, including © notice, is given to the source.

SOMMAIRE

Dans le cadre du projet GAMME, un laboratoire d'économie expérimentale a été mis en place. Basées sur l'utilisation du logiciel-prototype "Le marché électronique intelligent des copeaux de bois ", une cinquantaine d'expérimentations (6 séances d'une durée de trois heures chacune) ont été effectuées avec l'aide de neuf étudiants. Le but était bien sûr d'évaluer la performance du mécanisme utilisé mais aussi d'acquérir une certaine expérience dans le domaine. Les participants ont été amenés à faire des choix et à interagir, en analysant leur comportement il est possible d'améliorer éventuellement le mécanisme utilisé.

L'économie expérimentale poursuit plusieurs objectifs. Les expérimentations nous permettent de rendre compte des problèmes pratiques d'applications : difficulté d'implémentation, détection des coquilles informatiques et facilité d'adaptation des agents à l'interface. L'analyse des expérimentations rend possible l'évaluation de la performance des mécanismes utilisés : efficacité et fiabilité et capacité du système à renégocier les contrats. Finalement, nous pouvons vérifier certaines hypothèses théoriques sur le comportements stratégiques des participants en présence ou en l'absence de contrats compensatoires, en présence d'intégration verticale et mesurer le degré de manipulation sur le marché, etc. C'est à la poursuite et à la rencontre des ces objectifs qu'ont reposé, essentiellement les expérimentations.

Une séance comporte plusieurs expérimentations, chacune de celles-ci comprend plusieurs rondes déterminées à l'avance. Une ronde est déterminée en plusieurs étapes : 1) Une période au cours de laquelle chacun des participants soumet une mise (couples de prix - quantité). 2) Le système optimise (i.e. maximise l'efficacité du marché) et renvoie un prix et une quantité (une allocation optimale) pour chacun des participants. 3) Les gains individuels sont calculés à partir de l'allocation de chacun. Ceux-ci décident alors de modifier leur mise à la ronde suivante ou de conserver exactement la même mise. Le système recalcule de nouvelles allocations optimales et ainsi de suite. Le processus se poursuit jusqu'à la dernière ronde.

Certains aspect du marché des copeaux de bois ont été pris en compte :

Les contrats à long terme entre un acheteur et un vendeur sont intégrés sous la forme de contrats compensatoires. Le système de compensations est le suivant : Lorsque le prix du marché est supérieur au prix négocié dans le contrat, alors le vendeur verse une compensation à l'acheteur. Lorsque le prix du marché est inférieur au prix négocié dans le contrat alors l'acheteur verse une compensation au vendeur.

L'intégration verticale entre une papetière et une scierie a été simulé de la façon suivante : Les participants intégrés deux à deux (un acheteur et un vendeur) se partage à part égale la somme des gains bruts obtenus par chacun.

C'est donc l'efficacité de ce mécanisme et de ses différentes règles qu'on a voulu tester.

Tous les agents ont essayé de "battre" le marché, i.e. d'obtenir un prix favorable en optant pour une stratégie de réduction. Une stratégie de réduction consiste pour un acheteur a restreindre la quantité demandée afin de diminuer le prix à payer sur les quantités obtenues. Pour un vendeur, ceci consiste à restreindre la quantité offerte afin d'augmenter le prix reçu sur les unités vendues.

Lorsque le prix est manipulé par un agent en faveur de celui-ci, le gain par unité achetée ou vendue augmente, par contre le nombre d'unités achetées ou vendues diminue. Ceci peut avoir comme impact d'augmenter le surplus d'un agent. Cependant une réduction trop prononcée implique une grande réduction des quantités et bien souvent un gain inférieur à celui obtenu en misant ses véritables préférences. Ces comportements stratégiques ont eu pour effet de générer des pertes sèches assez forte au début des séances. Certains y ont gagnés, certains y ont perdus. Après plusieurs expérimentations, 75% des agents ont opté pour une mise simple qui consiste à miser très près de ses véritables préférences.

Plusieurs aspects du marché utilisé incitent les agents à opter pour cette mise simple :

Dans le cas d'enchère double, les acheteurs et les vendeurs sont actifs sur le marché. Ceux-ci ont réalisé qu'en plus d'avoir à anticiper la stratégie des autres vendeurs, ils doivent anticiper la stratégie des acheteurs. Ce qui impliquent beaucoup de stratégies et d'allocations possibles, i.e. les agents font face à un risque élevé en essayant de "battre" le marché. Il est très difficile de cerner exactement la stratégie optimale, chaque agent misent donc de plus en plus souvent près de ses vraies préférences lors de la dernière ronde. De plus à prix donné, c'est la mise qui assure un maximum de quantité.

La présence de contrats compensatoires et d'intégration verticale sur le marché électronique rend la stratégie de réduction moins fructueuse. On peut constater que la manipulation du marché favorise soit les vendeurs, soit les acheteurs ou soit aucun des deux. Mais les participants intégrés sont à la fois acheteur et vendeur sur le marché. En tentant de faire augmenter le prix ou de le diminuer, cette stratégie défavorisera nécessairement un des côtés du marché. Dans le cas des contrats compensatoires, en tentant de manipuler le marché à son avantage, ceci augmente la compensation à verser ou diminue la compensation à recevoir, il y a donc un transfert de richesse entre les deux partis. Donc les stratégies de réduction sont moins prisées par les participants dans ces deux cas, et ceux-ci jouent plus près de leur vecteur privé.

Les objectifs des expérimentations ont été atteints en grande partie au cours des séances :

On a montré sans équivoque la performance du modèle d'optimisation sous-jacent au système informatique. Le logiciel-prototype du marché électronique des copeaux de bois s'est révélé fiable à l'usage et les agents s'adaptent facilement à celui-ci après quelques heures d'utilisation. De plus l'utilisation du système a permis d'améliorer les gains, par rapport à ceux obtenus individuellement par le contrat à long terme, dans 88% des cas. Le mécanisme de tâtonnement utilisé a été mis à l'épreuve au cours des séances d'expérimentations. L'efficacité de ce mécanisme a été de 82,89% en moyenne pour la totalité des expérimentations. C'est-à-dire que 17,11 % de perte sèche a été générée avec l'utilisation du marché électronique intelligent, les acheteurs et les vendeurs s'accaparent 82,89% du surplus total (i.e. du surplus maximal échangeable). La présence de contrats compensatoires (efficacité de 86,81 %) et d'intégration verticale (efficacité de 95,23 %) augmente l'efficacité du système comparativement à un marché sans ces caractéristiques (efficacité de 74,86 %). On peut tirer une conclusion à partir de toutes ces expérimentations : les agents ont modifié leurs comportements stratégiques, alors qu'au départ la méconnaissance du système et de l'impact sur les gains de diverses stratégies a entraîné des pertes sèches importantes, l'efficacité du système s'est considérablement améliorée.

Les séances d'expérimentations effectuées dans le cadre du marché électronique intelligent des copeaux de bois ne peuvent apporter des conclusions définitives sur le mécanisme utilisé. Un plus grand nombre de séances est nécessaire afin de confirmer toute analyse. Néanmoins, il est possible tirer certaines recommandations de cette série d'expérimentations :

- **Densité du marché.**

Dans le cadre des expérimentations, le marché n'est pas suffisamment compétitif avec le nombre de participants choisis (4 acheteurs et 4 vendeurs). Les agents interagissent constamment et le mécanisme de rondes successives fait en sorte que ceux-ci surenchérissent pour obtenir de plus en plus de quantités, mais les agents attendent qu'à la toute dernière ronde pour révéler leur vraie préférence. Un agent possède beaucoup d'impact sur le prix, ce qui les incite d'autant plus à manipuler le marché. Il serait nécessaire d'avoir un nombre suffisant de participants pour que le marché soit efficace.

Nous concluons que ce marché doit être mise en œuvre seulement lorsqu'un nombre suffisant de participants y participer. Le nombre de participants requis varie s'il s'agit de négociation avec ou sans contrats compensatoires et le degré d'intégration des firmes.

- **Instaurer une règle d'arrêt (autre que le nombre de rondes)**

Le processus de rondes permet aux participants d'avoir une idée de l'état du marché et de s'adapter en conséquence. Ce processus nous semble essentiel. Néanmoins ceci a des désavantages. Un des problèmes est que les agents attendent souvent à la dernière ronde pour « ouvrir leur jeu ». Nous devons encourager les participants à miser plus, plus tôt. La règle d'éligibilité vise ceci. Une autre manière consiste à instaurer une règle d'arrêt sans un nombre fixe de rondes, i.e. la dernière ronde serait déterminée par les agissements des agents du marché. Par exemple, s'il n'y a aucune modification sensible du niveau des prix entre deux rondes, ceci entraînerait la fermeture du marché. Les agents seraient donc inciter à miser plutôt leur vraie valeur.

- **Modification de la règle d'éligibilité.**

Les règles d'éligibilité (ou d'activité) fonctionnent relativement bien. Néanmoins dans les premières séances, certains participants ont mal compris le système et on fait des erreurs; la règle d'éligibilité les a empêché d'obtenir les quantités désirées.

- **Formation des participants.**

À la lumière des expérimentations, la formation des participants nous semble essentielle. L'efficacité du marché s'est considérablement améliorée lorsque les participants sont devenus plus expérimentés. Nous attribuons ceci au fait que les participants faisaient trop de réduction et qu'avec l'expérience ils ont appris les limites de cette stratégie. Les participants ont aussi pris du temps à comprendre comment la présence de contrats compensatoires devaient modifier leur stratégie. Ceci illustre le rôle de la formation pour encourager l'efficacité du marché.

- **Prix unique.**

Tant qu'un agent possède une influence sur le niveau des prix, certains seront incités à faire de la réduction, ce qui diminuera l'efficacité du mécanisme. En effet, le mécanisme utilisé n'incite pas toujours les agents à miser leurs vraies valeurs. Ceci découle du principe d'un prix unique pour toute les quantités achetées ou vendues d'un participant.

Pour limiter les incitations à faire de la réduction, le marché optimisé proposé doit être insérer parmi un ensemble d'outil de négociation : contrat compensatoire et marché spot. Ainsi les copeaux négociés ne seront pas nécessairement négociés aux même prix.

Tables des matières

<u>Partie 1 : Introduction</u>	1
<u>Partie 2 : Synthèse des expérimentations</u>	2
<u>Section 1 : Revue de certaines notions de base</u>	2
1.1 Déroulement d'une séance	2
1.2 Définition d'une mise	3
1.3 Explications calcul des surplus	4
1.4 Différents type de marché et concepts stratégiques	5
A) Marché en concurrence parfaite	5
B) Marché non concurrentiel et théorie des jeux	6
C) Marché avec contrats compensatoires	8
D) Les élasticités	9
<u>Section 2 : Présentation des objectifs et cadre des expérimentations</u>	10
2.1 Objectifs des expérimentations	10
2.2 Cadres des expérimentations	11
<u>Section 3 : Descriptions et analyses des expérimentations</u>	13
3.1 Axes d'expérimentations	13
3.2 Outils d'analyse	13

3.3 Aperçu global de chacune des séances	14
Séance 1 : 24 février 1998 (2 expérimentations)	14
Séance 2 : 10 mars 1998 (8 expérimentations)	15
Séance 3 : 17 mars 1998 (9 expérimentations)	15
Séance 4 : 24 mars 1998 (10 expérimentations + 1 négociation de contrats)	15
Séance 5 : 31 mars 1998 (7 expérimentations + 4 négociations de contrats)	16
Séance 6 : 7 avril 1998 (9 expérimentations + 2 négociations de contrats)	17
 <u>Section 4 : Synthèse globale des expérimentations et rencontre des objectifs</u>	18
 4.1 Pertinence des différentes règles de fonctionnement du système	18
A) Délai de soumissions des mises	18
B) Règles de modifications des mises	18
C) Processus de rondes successives	19
 4.2 Manipulation des prix et évolution des quantités échangées	20
 4.3 Comportements stratégiques	21
A) Marché sans contrats compensatoires	21
B) Marché avec contrats compensatoires	22
C) Marché avec intégration verticale	22
D) Conclusion	23
 <u>Section 5 : Rencontre des objectifs</u>	24
 5.1 Fiabilité du système	24
 5.2 Facilité d'adaptation des participants	24
 5.3 Évaluation de l'efficacité et de la performance du système	25
 5.4 Mécanisme flexible, transparent et compétitif	26
 5.5 Quel est le niveau d'efficacité acceptable ?	27
 5.6 Capacité de renégociation des contrats à long terme	28
 <u>Partie 3 : Recommandations</u>	30

Annexe 1 : Statistiques

Annexe 2 : Graphiques

Table des graphiques

- Graphique 1 : Courbe de demande privée et révélée
- Graphique 2 : Courbe d'offre privée et révélée
- Graphique 3 : Évolution à chacune des rondes de l'offre et de la demande agrégée
- Graphique 4 : Surplus des vendeurs et surplus des acheteurs
- Graphique 5 : Marché concurrentiel
- Graphique 6 : La mise du vecteur privé est optimale à prix donné
- Graphique 7 : Dilemme du prisonnier
- Graphique 8 : Marché non concurrentiel avec perte sèche
- Graphique 9 : Gains bruts et compensation
- Graphique 10 : Évaluation de l'élasticité
- Graphique 11 : Différentes courbes d'offre
- Graphique 12 : Convergence et évolution à chacune des rondes
- Graphique 13 : Évolution et saut

Partie 1 : Introduction

Le projet GAMME (Génération automatisée de multiples marchés électroniques) vise à développer différents mécanismes d'enchère et d'échange via l'autoroute de l'information. Dans le cadre de ce projet un logiciel-prototype simulant le marché des copeaux de bois au Québec a été mis sur pied ainsi qu'un laboratoire d'économie expérimentale. D'un point de vue économique, un des principaux objectifs est d'améliorer l'efficacité de l'allocation des ressources. Pour se faire le type de mécanisme utilisé doit refléter une certaine forme de compétition pour être efficace (par exemple : nombre suffisant de participants) et le prix doit pouvoir refléter les différentes conditions de l'offre et de la demande. Par ailleurs la procédure d'allocation se doit d'être impartiale et objective pour offrir une chance égale à tous.

Le logiciel-prototype utilisé pour le marché des copeaux de bois met en application le concept de marché électronique intelligent, un marché où les différents vendeurs et acheteurs négocient dynamiquement les prix et les quantités par l'entremise d'ordinateurs. Les participants soumettent leur offre et leur demande par une interface électronique. Une fois les mises comptabilisées, le système calcule les allocations optimales (prix, quantités) qui maximisent l'efficacité du marché et fournit par la suite pour chaque participant la quantité obtenue (ou vendue) et le prix d'achat (ou de vente). Les participants ont alors le droit, pour un certain nombre de rondes, de réviser leur offre ou leur demande selon certaines règles. On reprend ce processus jusqu'à ce que plus personne ne veuille modifier sa mise ou jusqu'à un nombre de rondes déterminé à l'avance. On appelle ce processus un mécanisme d'enchère par tâtonnement. L'outil principal des expérimentations réside dans l'utilisation de ce logiciel-prototype. Pour de plus amples informations sur le prototype, référer à la partie sur la description du marché électronique intelligent des copeaux de bois.

L'économie expérimentale consiste à créer des jeux qui reproduisent des situations réelles de conflits et de prises de décisions. Les participants sont amenés à interagir, à faire des choix, à gagner ou à perdre de l'argent. L'économie expérimentale poursuit plusieurs objectifs sur un même front. Les expérimentations nous permettent de rendre compte des problèmes pratiques d'applications: difficulté d'implémentation, détection des coquilles informatiques et facilité d'adaptation des agents à l'interface. Il est intéressant par la même occasion de vérifier certaines hypothèses théoriques : comportements stratégiques des participants en présence ou en l'absence de contrats compensatoires, en présence d'intégration verticale, degré de manipulation sur le marché, etc. L'analyse des expérimentations rend possible l'évaluation de la performance des mécanismes utilisés : efficacité et fiabilité. Finalement, l'analyse théorique ne suffit pas toujours pour déterminer quel sera l'impact réel de tel ou tel mécanisme sur la performance d'un marché. Il est alors nécessaire de simuler en laboratoire et de tester avec de vrais participants le mécanisme utilisé afin de mesurer sa performance et de pouvoir mieux l'adapter éventuellement. C'est à la poursuite et à la rencontre des ces objectifs qu'ont reposé, essentiellement les expérimentations.

Partie 2 : Synthèse des expérimentations

Section 1 : Revue de certaines notions de base

Avant de débiter l'analyse des expérimentations, il est important d'introduire certaines notions de bases qui allégera celle-ci par la suite. Cette partie traitera du déroulement d'une séance (notions de rondes, mises, vecteur privé et vecteur révélé), du calcul des surplus et introduira certaines notions de comportements stratégiques (dilemme du prisonnier et stratégie de réduction). Les notions seront par la suite traitées plus en détail et mises en rapport avec l'analyse des expérimentations.

1.1 Déroulement d'une séance

Le laboratoire d'économie expérimentale a été construit de la façon suivante :

- Chaque séance de 3h comprend entre 7 et 10 expérimentations.
- Chacune des expérimentations se déroule sur plusieurs rondes (variant de 1, 3, 4 et 5 rondes).

Une **ronde** est divisée en plusieurs étapes: 1) D'abord chaque participant soumet une **mise**; 2) ensuite, le système optimise (i.e. maximise l'efficacité du marché) et renvoie un prix et une quantité (une allocation **optimale**) pour chacun des participants; 3) finalement, les **gains** individuels sont calculés à partir de l'allocation de chacun. Les participants décident alors de modifier leur mise à la ronde suivante ou de conserver exactement la même mise. Le système recalcule de nouvelles allocations optimales et ainsi de suite. Le processus se poursuit jusqu'à la dernière ronde. Notez que si un agent décide de ne pas modifier sa mise, l'allocation retournée sera la même seulement si tous les autres agents décident de ne pas modifier la leur. Ce système permet aux agents d'obtenir les quantités désirées même s'ils ne connaissent pas le prix d'équilibre sur le marché.

Remarque: Dans le cadre de nos expérimentations, il y a un prix unique pour tous les acheteurs et tous les vendeurs (celui-ci pourrait être différent en présence des coûts de transport). En absence de coût de transport, le prix calculé par le module d'optimisation correspond au prix qui égalise l'offre et la demande. Les quantités achetées ou vendues sont renvoyées à chaque agent selon ce qui a été offert ou demandé à ce prix d'équilibre.

1.2 Définition d'une mise

Une **mise** consiste en une soumission d'un ensemble de couples (prix, quantité) qui indiquent le nombre d'unités désirées ou offertes et le prix correspondant. Cette mise constitue un **vecteur**, nous userons indifféremment le terme mise et vecteur.

Il y a deux types de **vecteur**. Le premier est ce qui a été effectivement misé : le vecteur à la

première ronde, à la deuxième ronde, ainsi de suite : c'est le vecteur **révélé**, il est le résultat de différentes stratégies et il peut se modifier d'une ronde à une autre. Le second est le vecteur **privé** : il représente la valeur réelle accordée (en terme de prix) pour chacune des quantités. C'est-à-dire quel prix le plus élevé suis-je disposé à payer pour chaque unité ? À quel prix suis-je prêt à vendre chaque unité ? Les gains de chaque participant sont calculés à partir de leur **vecteur privé**. Remarquez que le vecteur révélé misé peut être exactement la mise du vecteur privé. La différence entre vecteur privé et vecteur révélé provient de comportements stratégiques : tous les acheteurs aimeraient donner moins et les vendeurs recevoir plus (en terme de prix) pour une quantité donnée de biens.

Une mise (ou vecteur) peut être illustrée graphiquement par une courbe d'offre (quantité offerte augmente lorsque le prix augmente) ou une courbe de demande (quantité demandée diminue lorsque le prix augmente) lorsqu'on relie par une droite tous les couples (ou points) du vecteur. La somme des quantités offertes à chaque prix nous donne l'offre agrégée et la somme des quantités demandées à chaque prix nous donne la demande agrégée. Avec les courbes d'offre et les courbes de demande individuelle, on peut donc déterminer l'offre et la demande agrégée et identifier le prix et la quantité d'équilibre du marché.

Graphique 1 : Courbe de demande : vecteur privé et vecteur révélé

Graphique 2 : Courbe d'offre : vecteur privé et vecteur révélé

Graphique 3 : Évolution à chacune des rondes de l'offre et de la demande agrégée

1.3 Explications calculs des surplus

- **Le surplus d'un acheteur représente la différence entre ce que l'acheteur est prêt à payer et ce qu'il paie effectivement pour chaque unité**, c'est la différence entre la valeur d'un bien et son coût .
- **Le surplus des vendeurs représente la différence entre le prix auquel un vendeur est prêt à vendre chaque unité et le prix reçu pour chacune de celles-ci**, c'est la différence entre les recettes perçues et la valeur du bien produit (ou le coût de la production d'un bien).

Si on trace à partir d'une allocation donnée (prix, quantité), une droite qui relie l'ordonné ou l'axe des prix et une seconde droite qui relie la courbe du vecteur privé (courbe d'offre ou de demande) on peut visualiser les différents surplus. Graphiquement le surplus d'un acheteur est donné par l'aire en dessous de la courbe du vecteur privé (une demande) limité par la droite reliant l'axe des prix et par la droite reliant la courbe du vecteur privé. Graphiquement le surplus d'un vendeur est donné par l'aire au-dessus de la courbe du vecteur privé (une offre) limité par la droite reliant l'axe des prix et par la droite reliant la courbe du vecteur privé.

Les surplus sont toujours calculés à partir du vecteur privé et de l'allocation (prix, quantité) reçue. Le vecteur révélé s'il est différent du vecteur privé ne sert que dans la mesure où il peut influencer l'allocation (prix, quantité). En effet l'allocation optimale retournée par le système se situe nécessairement sur le vecteur révélé (ou sur le vecteur privé si celui-ci est misé).

Graphique 4 : Surplus acheteurs et surplus vendeurs

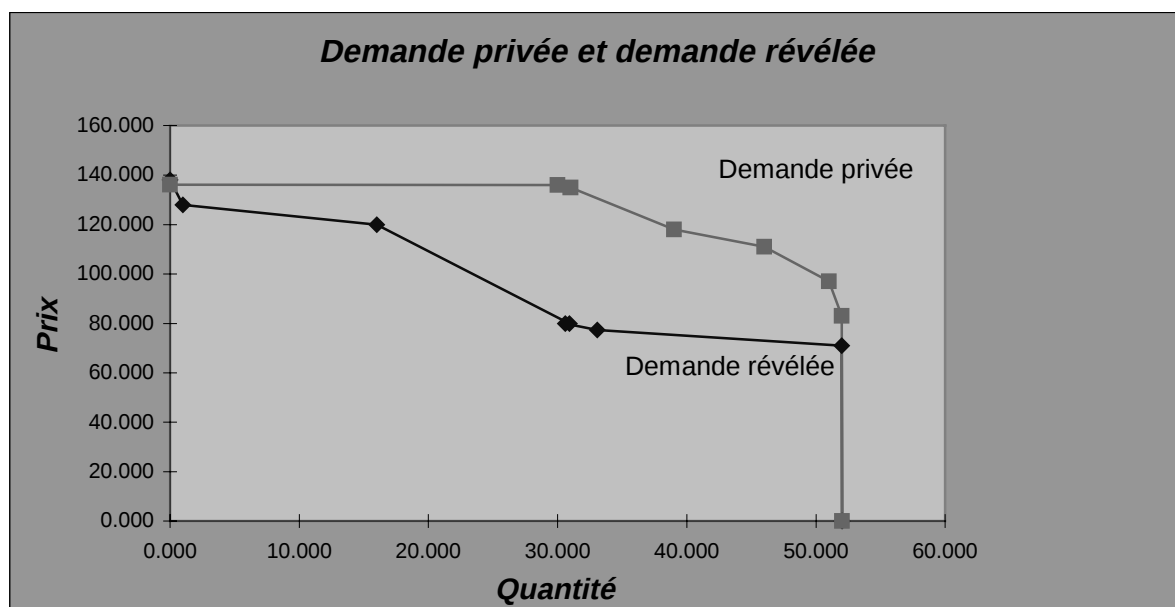
Graphique 1 : Courbe de demande privée et révélée

Demande Révélée

Prix	Quantité
138.100	0.000
128.000	1.000
120.000	26.000
79.984	26.075
79.981	26.078
77.291	33.065
71.000	52.000
0.000	52.010

Demande Privée

Prix	Quantité
136.100	0.000
136.000	30.000
135.000	31.000
118.000	39.000
111.000	46.000
97.000	51.000
83.000	52.000
0.000	52.010



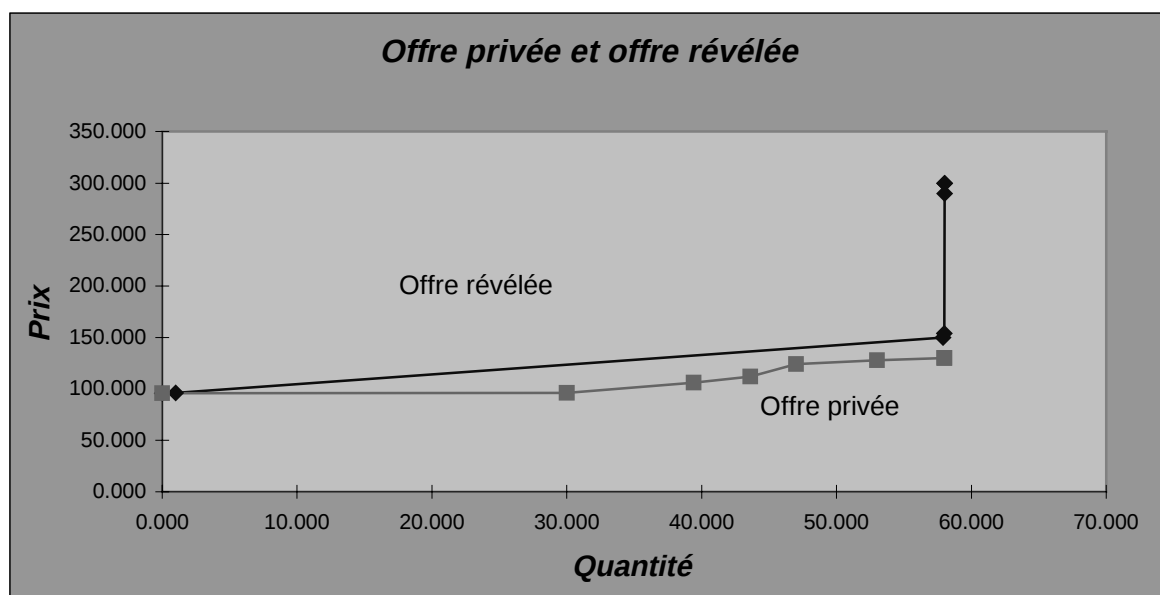
Graphique 2 : Courbe d'offre privée et révélée

Offre Révélée

Prix	Quantité
95.900	0.000
96.000	1.000
149.900	57.894
150.000	58.000
289.900	58.999
299.900	58.010
299.999	58.020

Offre Privée

Prix	Quantité
95.900	0.000
96.000	30.000
106.000	31.000
112.000	44.000
124.000	47.000
128.000	53.000
130.000	58.000
130.000	58.010



Graphique 4 : Surplus acheteur et surplus vendeur

Remarque: Dans ces deux cas le vendeur et l'acheteur ont misés leur vecteur privé puisque leur allocation se situe sur celui-ci

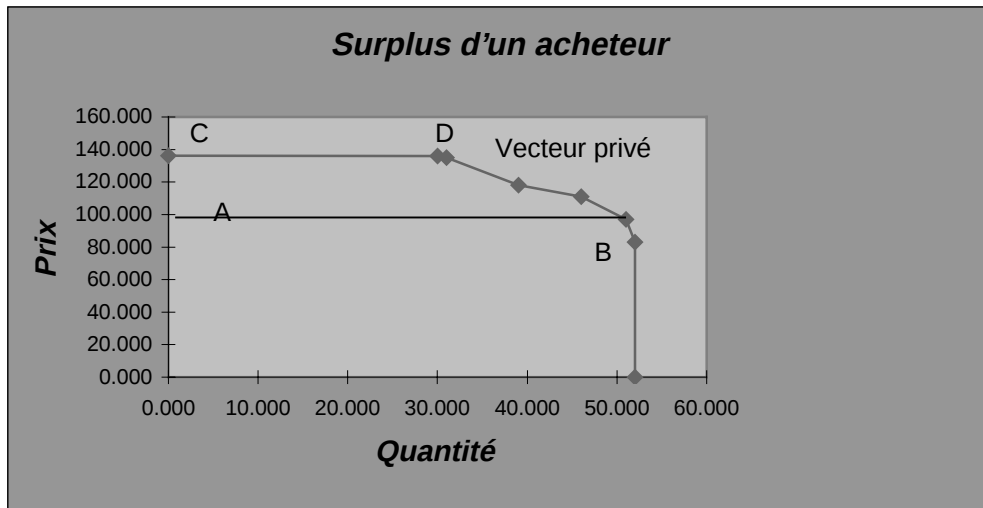
Pour l'acheteur l'allocation est :

Prix=98

Quantité=52

Son profit est donné par l'aire en dessous du vecteur privé limité par l'allocation (98,52)

I.e. la région A-B-C-D



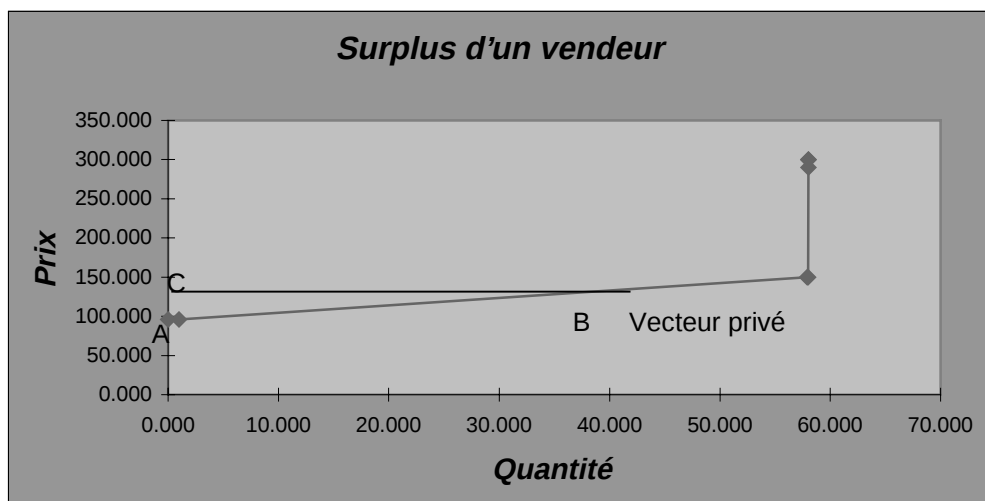
Pour le vendeur l'allocation est :

Prix=140

Quantité=43

Son profit est donné par l'aire au dessus du vecteur privé limité par l'allocation (140,43)

I.e. la région A-B-C.



1.4 Différents type de marché et concepts stratégiques

A) Marché en concurrence parfaite

En situation de concurrence parfaite, aucun acheteur ou vendeur ne peut exercer d'influence significative sur le prix, chacun ne détenant qu'une faible part du marché. On est donc en présence d'un marché où l'allocation des ressources est optimale au sens de Pareto, i.e. les ressources sont utilisées à leur meilleure efficacité économique. À cet équilibre le surplus que retirent les acheteurs de la dernière unité produite sera alors exactement égal à ce qu'il en coûte aux vendeurs pour la produire.

“Dans un marché concurrentiel chaque individu, en poursuivant son intérêt personnel, contribue inconsciemment à la réalisation d'une situation d'équilibre conforme à l'intérêt général”. C'est le concept de la main invisible d'Adam Smith. Effectivement à prix donné, i.e. en ayant aucune influence sur les prix, il est optimal de miser son vecteur privé puisque c'est la mise qui assure un maximum de quantité. C'est la mise qui maximise l'aire en dessous de la courbe d'un acheteur et au-dessus de la courbe d'un vendeur. Toute autre stratégie entraîne une perte. Dans ce cas pourquoi les agents ne misent-ils pas à tout coup leur vecteur privé ?

Graphique 5 : Marché concurrentiel agrégé

Graphique 6 : La mise du vecteur privé est optimale à prix donné

B) Marché non concurrentiel et théorie des jeux

Certains marchés se rapprochent de la concurrence parfaite mais ce n'est pas toujours le cas. Beaucoup de marchés fonctionnent avec peu d'agents, et pour différentes raisons ces agents ont la capacité d'influencer les prix. C'est ce genre de situation qui est reproduit dans les expérimentations. La science économique utilise depuis peu une branche des mathématiques pour mieux analyser ce type de marché. La théorie des jeux est une méthode d'analyse des situations d'interactions stratégiques. Il y a interactions stratégiques lorsque tous les agents sont conscients de leur interdépendance et que chacun d'eux prend leurs décisions en tenant compte du comportement anticipé des autres agents. La théorie des jeux essaie de prédire les comportements de chaque agent en tenant compte que ceux-ci veulent maximiser leurs gains. Comme les agents sont peu nombreux, les actions de chacun ont un effet notable sur les gains des autres, et peuvent dans un contexte dynamique avoir des conséquences sur les actions des autres. Les vendeurs chercheront par leurs comportements stratégiques à faire monter; les acheteurs chercheront par leurs comportements stratégiques à faire baisser le prix, augmentant ainsi leur profit individuel. On surnomme cette stratégie “stratégie de réduction”.

Stratégie de réduction :

Un acheteur “fait de la réduction” lorsque celui-ci annonce, à un prix donné, qu'il désire acheter moins que ce qu'il désire réellement acheter; un vendeur “fait de la réduction” lorsque celui-ci annonce, à un prix donné, qu'il désire vendre moins que ce qu'il désire réellement vendre. Autrement dit, la stratégie de réduction :

- Consiste pour un acheteur a restreindre la quantité demandée afin de diminuer le prix à payer sur les quantités obtenues.
- Consiste pour un vendeur a restreindre la quantité offerte afin d'augmenter le prix reçu sur les unités vendues.

Lorsque le prix est manipulé par un agent en faveur de celui-ci, le gain par unité achetée ou vendue augmente, par contre le nombre d'unités achetées ou vendues diminue. Ceci peut avoir comme impact d'augmenter le surplus d'un agent. Considérons l'exemple suivant : un acheteur est prêt à payer 20, 14 et 12 pour ses première, deuxième et troisième unités. Supposons que le prix d'équilibre est de 11 s'il mise son vecteur privé (24,14,12) et de 10 s'il fait de la réduction et mise (24,14,0). Dans le premier cas, il obtient 3 unités et paye 11 pour chacune d'elle, son gain est donné par $(24-11)+(14-11)+(12-11)=17$. S'il fait de la réduction, il obtient 2 unités et obtient de gain de $(24-10)+(14-10)=18$. La stratégie de réduction lui est avantageuse. Le coût d'une telle stratégie est d'obtenir une unité de moins alors qu'au prix équilibre l'acheteur aurait voulu obtenir cette unité supplémentaire. Le bénéfice est que le prix à payer pour ses première et deuxième unités à diminuer. Ici, le bénéfice excède le coût. Notons qu'une stratégie de réduction est avantageuse seulement si une réduction de sa demande (ou de son offre) est susceptible de faire bouger le prix suffisamment. Il est possible en effet qu'une stratégie de réduction trop prononcée implique une trop grande réduction des quantités obtenues et génère un gain inférieur à celui obtenu en misant son vecteur privé.

Les profits de chaque agent dépendent alors des stratégies des autres agents. Chacun doit garder un œil sur ce que font les autres, réagir à leurs décisions, et aussi penser à la façon dont les autres agents vont réagir face à ses propres décisions. Les gains obtenus dépendent des stratégies adoptées par ses coéquipiers (vendeur versus les autres vendeurs) mais aussi de ceux de l'autre côté du marché (vendeur versus les acheteurs).

L'équilibre en concurrence imparfaite donne souvent lieu à des inefficacités créées par un phénomène que l'on associe dans le jargon de la théorie des jeux au dilemme du prisonnier. Ceci fait référence à un petit jeu simple où les joueurs, en poursuivant chacun leur intérêt individuel, induisent un résultat qui est unanimement pire qu'un autre résultat possible.

Dilemme du prisonnier

Prenons le cas d'un acheteur et d'un vendeur. Chacun sait que si les deux jouent leur vecteur privé, ils obtiendront de bons gains (4000 et 4000 respectivement). Mais si l'un d'entre eux utilise une stratégie de réduction celui-ci aura de très bons gains (10 000) et l'autre n'aura presque rien (500). Par contre si les deux font de la réduction alors les deux recevront des gains moyens (1500 et 1500).

La matrice des gains est donc :

Gains acheteur \ Gains vendeur	Mise vecteur privé	Stratégie de réduction
Mise vecteur privé	(4000 – 4000)	(500 - 10000)
Stratégie de réduction	(10000 – 500)	(1500 - 1500)

En optant pour une stratégie de réduction, l'acheteur et le vendeur se situent dans une situation moins satisfaisante que s'ils avaient joué leur vecteur privé. Ici notre analyse ne portait que sur un seul vendeur et un seul acheteur, mais le raisonnement reste le même entre un groupe d'acheteurs et un groupe de vendeurs. On approfondira cet aspect dans l'analyse des comportements stratégiques dans le cadre des expérimentations.

Graphique 7 : Dilemme du prisonnier

Au cours de la séance 2 expérimentation H, on peut voir le phénomène décrit ci-dessus. Les vendeurs et les acheteurs ont utilisé une stratégie de réduction. Les effets de des uns et des autres sur le prix d'équilibre sont annulés et le prix est resté égale à ce qu'il aurait été si chacun avait soumis son vrai vecteur privé. Le résultat est que la quantité totale échangée est devenue inférieure à ce qu'il aurait été collectivement optimale.

Exemple stratégies de réductions

Prenons un cas où les vendeurs font de la réduction, l'analyse pour les acheteurs se fait de la même façon. Si les vendeurs limitent leur production (ils font de la réduction) et que les acheteurs misent leur vecteur privé, le prix sera plus élevé et les acheteurs subissent une perte non seulement parce qu'ils paient plus cher ce qu'ils achètent mais aussi parce qu'ils achètent moins. Mais est-ce qu'il s'agit que d'une redistribution des gains résultant de l'échange ? Certes une partie de la perte que subissent les acheteurs revient aux vendeurs mais il existe maintenant une perte sèche, c'est une perte d'efficacité pour l'ensemble de l'industrie. Elle représente la diminution nette du surplus des acheteurs et des vendeurs résultant d'une limitation de la production au-dessous de son niveau efficace. Remarquons que le gain en surplus des vendeurs est inférieur à la perte en surplus des acheteurs. La réduction est donc une stratégie moins efficace pour l'ensemble de l'industrie (acheteurs et vendeurs) car elle réduit les gains à l'échange.

Graphique 8 : Marché non concurrentiel avec perte sèche

Il existe des manières de réduire les incitations à utiliser des stratégies de réduction d'offre ou de demande.

La manière la plus simple pour limiter les tentatives de manipulation des marchés est la concurrence. Si le prix payé par un participant est relativement insensible à la mise de ce dernier, il n'aura pas intérêt à manipuler le marché. Le degré de concurrence sur un marché dépend du nombre de participants mais dépend principalement de l'élasticité des fonctions d'offre et de demande, c'est-à-dire de la sensibilité des prix d'équilibre aux quantités demandées et offertes. La manière d'augmenter le degré de concurrence d'un marché est d'inclure simultanément sur une même place de marché le maximum de participant.

L'intégration verticale limite les incitations à utiliser des stratégies de réduction. Le problème du dilemme du prisonnier est éliminé si acheteurs et vendeurs partagent le même intérêt : celui de maximiser les échanges plutôt que de manipuler les prix. Utiliser un marché à l'intérieur d'une firme intégrée éliminerait les incitations à manipuler les prix.

Finalement, une autre manière consiste à abandonner le principe du prix unique. Un acheteur est prêt à acheter moins d'unités, si cela réduit le prix à payer sur toutes les unités qu'il achète. Par exemple, un acheteur choisirait ne pas acheter une dixième unité si cela contribue à réduire le prix à payer sur les 9 premières unités. Les incitations seraient différentes si le prix que devait

payer l'acheteur pour ces 9 premières unités restait indépendant de sa décision d'acheter ou non cette dixième unité. Les incitations seraient changées et la décision de l'acheteur d'acheter cette dixième unité dépendrait uniquement du prix offert pour cette dixième unité et ne dépendrait plus des considérations stratégiques présentées ci-dessus. Une des manières de créer un marché à prix multiples, sont les contrats compensatoires.

C) Marché avec contrats compensatoires

Le mécanisme utilisé tient compte de la pratique courante dans certaines industries de négocier des contrats à long terme entre acheteurs (papeteries) et vendeurs (scieries). Un contrat à long terme est une promesse faite par un vendeur à un acheteur de livrer une certaine quantité q à un prix p . Le système les intègre sous la forme de contrats compensatoires. Le mécanisme de compensation constitue une sorte de garantie car quiconque obtient sur le marché un prix désavantageux sera dédommagé par son partenaire. Remarquez que le mécanisme utilisé dans le cadre des expérimentations ne tient pas compte des facteurs de qualité et des coûts de transports. Ainsi le prix obtenu est le même pour tous les agents.

- **Le système de compensations est le suivant** : Lorsque le prix du marché est supérieur au prix négocié dans le contrat, alors le vendeur versera une compensation à l'acheteur. Lorsque le prix du marché est inférieur au prix négocié dans le contrat alors l'acheteur versera une compensation au vendeur.

Cette compensation se calcule comme suit :

Si la compensation est positive c'est qu'il recevra celle-ci, si elle est négative c'est qu'il doit verser celle-ci.

- **Pour un acheteur** : $\text{Compensation} = (\text{prix obtenu sur le marché} - \text{prix contrat}) \times \text{unité contrat}$
- **Pour un vendeur** : $\text{Compensation} = (\text{prix contrat} - \text{prix obtenu sur le marché}) \times \text{unité contrat}$

Les gains nets sont donc la somme des gains bruts obtenus avec le système et de la compensation. Si on doit verser une compensation ceci réduit les gains nets, si on reçoit une compensation ceci les augmentent. Ainsi s'il est dans l'intérêt de l'un des agents, ou les deux, de ne pas exécuter les termes d'un contrat compensatoire et de transiger avec un tiers, le système versera des compensations afin que les deux partis atteignent au moins le niveau de profit correspondant aux termes du contrat. On pourra vérifier la validité de cette affirmation lors de l'analyse des expérimentations.

- **Une stratégie de réduction est moins efficace dans ce cas** : En tentant de manipuler le marché à son avantage, ceci augmente la compensation à verser ou diminue la compensation à recevoir. Il y a donc un transfert de richesse entre les deux partis, ce qui rend la réduction moins avantageuse dans ce cas.

Graphique 9 : Contrats compensatoires et compensations

D) Les élasticités

Les comportements stratégiques des agents dépendent de la sensibilité de la courbe d'offre (pour les acheteurs) ou de la courbe de demande (pour les vendeurs) par rapport aux variations de prix. Illustrons par un exemple cet aspect.

Si un vendeur opte pour un comportement de réductions en concurrence imparfaite, le prix augmente et les quantités vendues diminuent. Une augmentation de prix exerce toujours deux effets opposés sur les gains. D'une part lorsque le prix augmente, le gain par unité vendue augmente, par contre le nombre d'unités vendues diminue (par la forme d'une courbe de demande). Mais est-ce que l'augmentation des recettes engendrée par la hausse des prix est supérieure à la diminution des recettes due au recul des quantités vendues ? Ceci dépend de la forme de la courbe de demande. Plus la courbe de demande est abrupte (pente élevée), plus une stratégie de réduction a de l'impact sur le prix (et moins sur la quantité). Plus la pente de la courbe de demande est faible, moins une stratégie de réduction a de l'impact sur le prix (et plus sur les quantités). Le raisonnement est le même pour un acheteur qui doit évaluer la forme de la courbe d'offre à laquelle il fait face.

Dans un marché parfaitement concurrentiel les vendeurs (acheteurs) font face à une courbe de demande (offre) horizontale, c'est à dire élastique, ce sont des "price-takers". Par contre dans un marché non concurrentiel (Dans le cadre de nos expériences : 4 acheteurs contre 4 vendeurs) la demande (l'offre) à laquelle fait face les vendeurs (acheteurs) est assez inélastique, il serait intéressant de mesurer celle-ci. Donc plus l'élasticité de la demande (ou l'offre) est élevée, moins un vendeur (ou un acheteur) possède un pouvoir de marché. Dans ce cas une stratégie de réduction a peu d'impact sur le prix et beaucoup sur les quantités et donc cette stratégie n'est pas à préconiser.

Graphique 10 : Pente courbe de demande

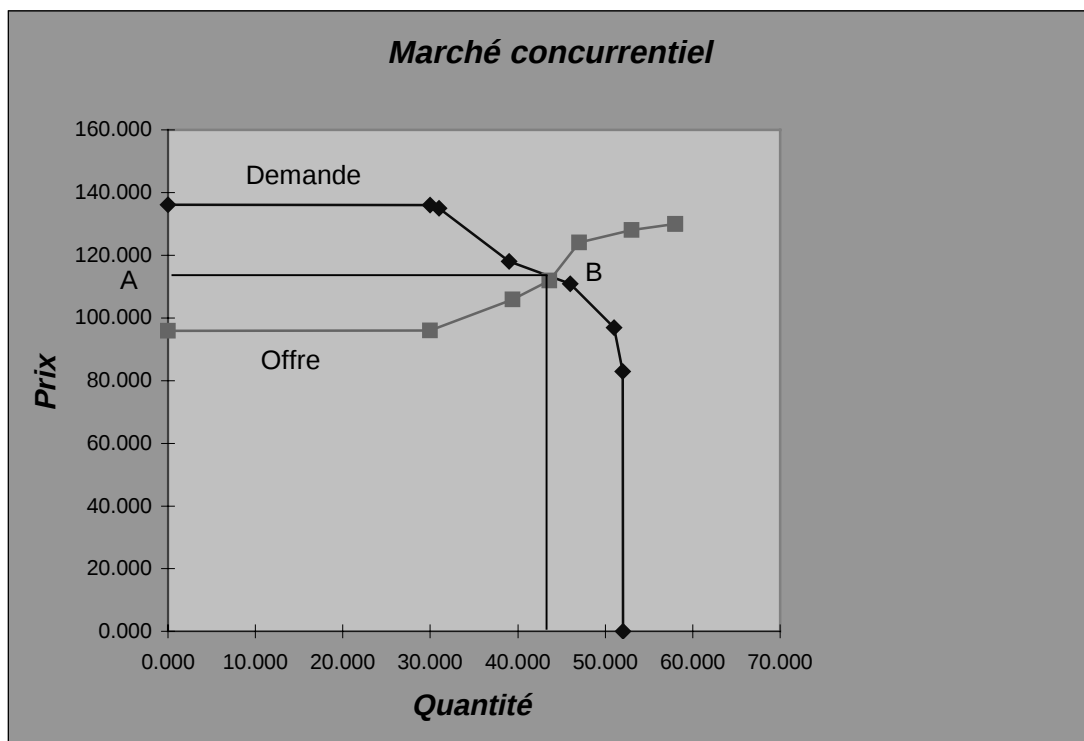
Graphique 5 : Marché concurrentiel

En marché concurrentiel les allocations sont déterminées à l'intersection de la courbe de demande et d'offre de tous les agents et aucun des agents n'a d'influence sur le niveau des prix

Le surplus des acheteurs est donné par l'aire en-dessous de la demande limité par la droite A-B

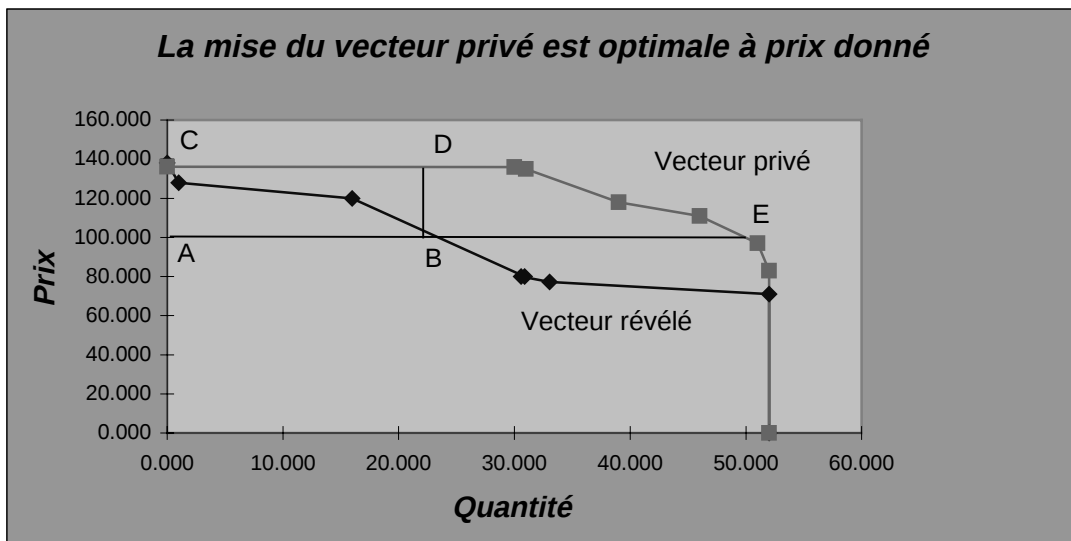
Le surplus des vendeurs est donné par l'aire au-dessus de l'offre limitée par la droite A-B

L'allocation est de (118,43)

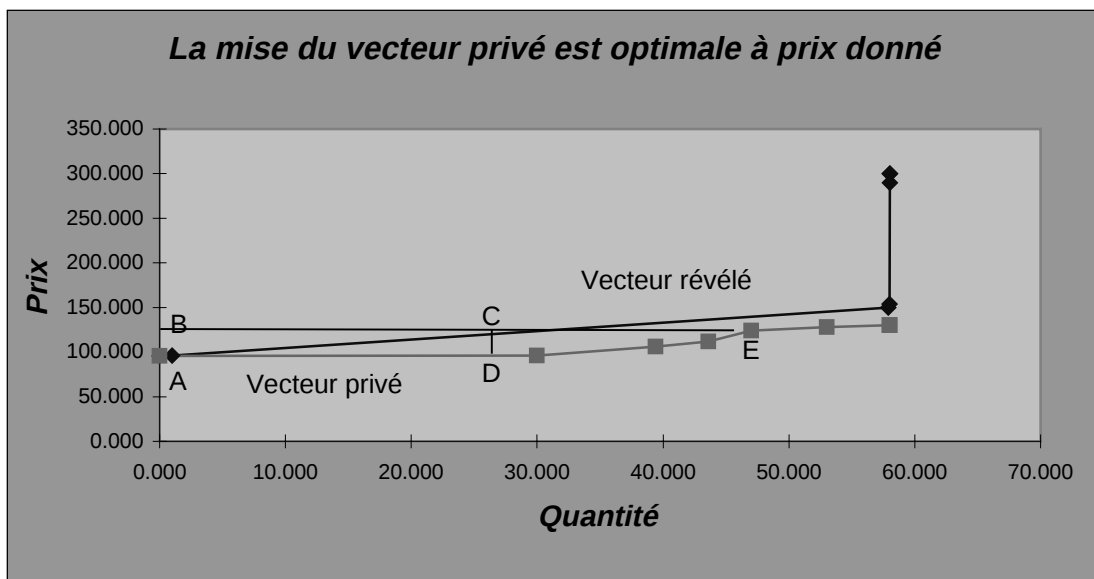


Graphique 6 : Optimalité de la mise du vecteur privé

Pour un prix donné de 100, si un acheteur mise son vecteur privé celui-ci obtient une quantité de 52. Si cet acheteur opte pour une stratégie de réduction de demande tel qu'illustré ci-dessous ce sera une quantité de 23 qu'il obtiendra. Ainsi son profit (l'aire en-dessous de la courbe du vecteur privé) est de beaucoup supérieur en misant son vecteur privé. C'est-à-dire l'aire de la région A-B-C-D-E est supérieure à celle de la région A-B-C-D

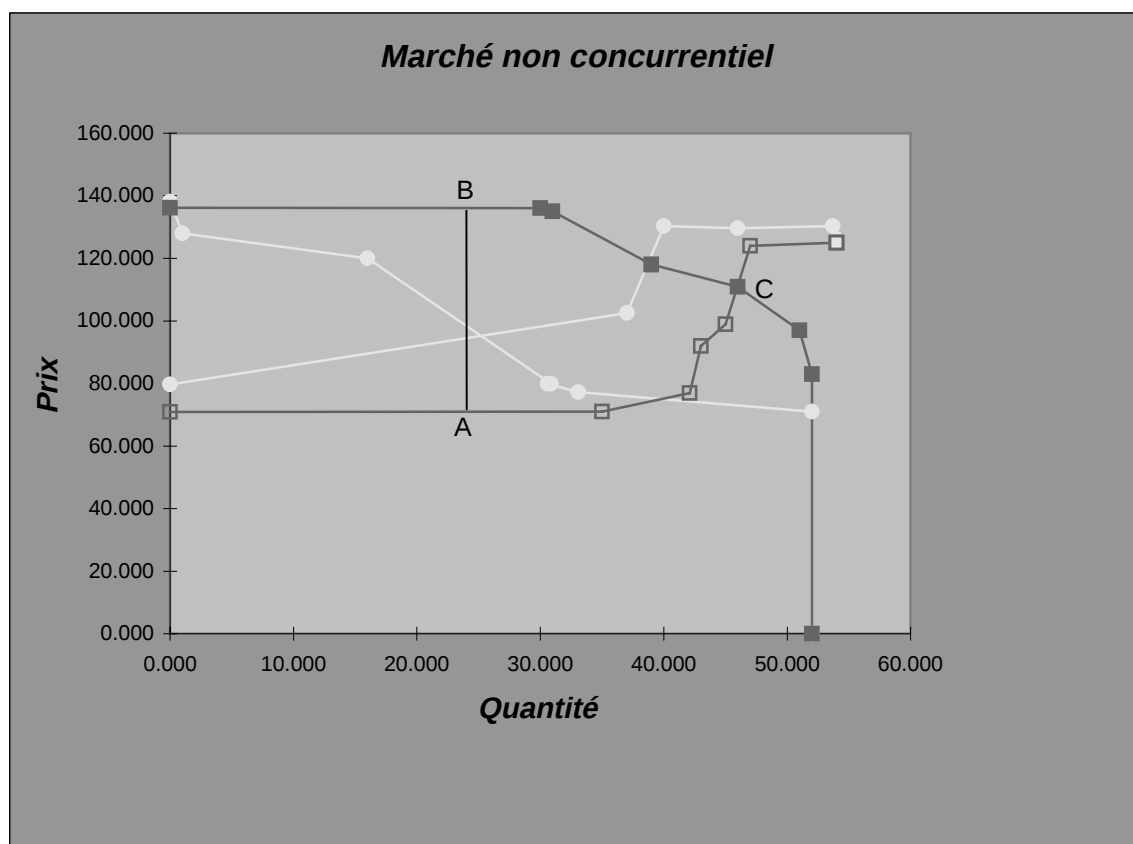


L'analyse demeure la même pour un vendeur qui obtiendra à un prix de 120 une quantité de 45 en misant son vecteur privé et une quantité de 27 en misant son vecteur révélé (réduction de l'offre). C'est-à-dire l'aire de la région A-B-C-D-E est supérieure à celle de la région A-B-C-D



Graphique 8 : Marché non concurrentiel avec perte sèche

En marché non concurrentiel les agents ont un pouvoir de marché sur le niveau des prix
Les courbes roses représentent les vecteurs privés et les courbes jaunes les vecteurs révélés
La perte sèche causée par la réduction des acheteurs et des vendeurs est donnée par la région A-B-C



Graphique 9 : Contrats compensatoires et compensations

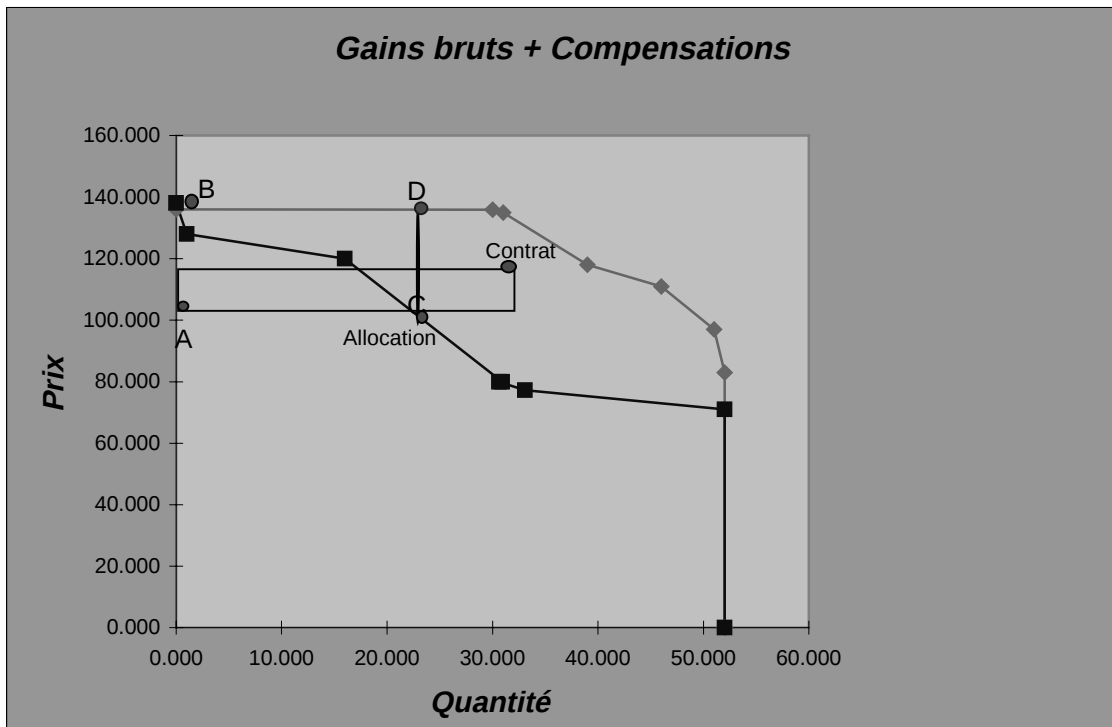
Illustrons le calcul des gains nets.

Par exemple pour un acheteur qui soumet la courbe bleue, son vecteur privé est donné par la courbe rose.

Il a négocié un contrat avec un vendeur pour une quantité de 28 unités à un prix de 118 \$

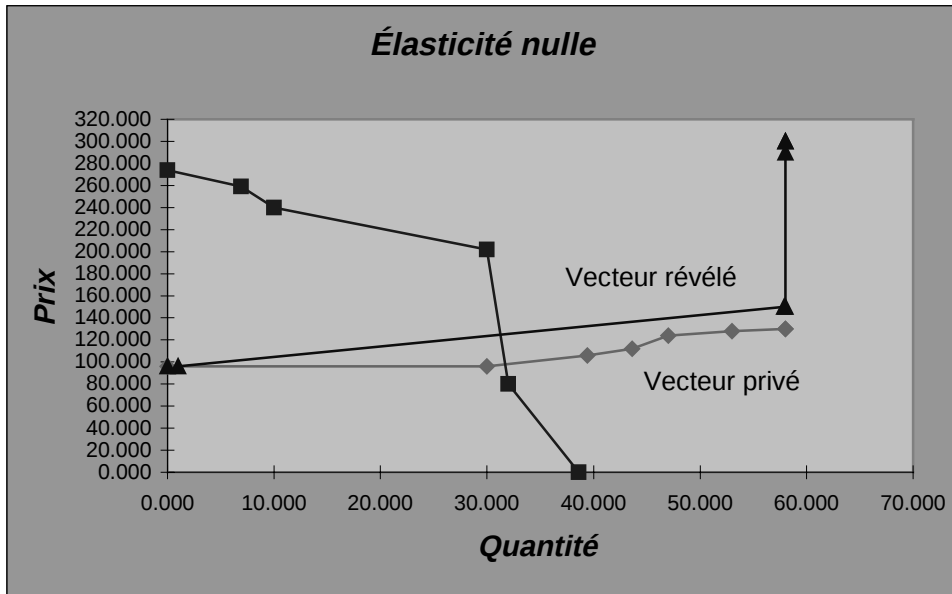
L'allocation obtenue sur le marché est une quantité de 23 unités à un prix de 100\$

Ainsi il verse une compensation de $(100\$ - 118\$) \times 28$ unités, c'est-à-dire une compensation de 504\$ (le rectangle) et il obtient en gains bruts la région A-B-C-D. La somme des deux nous donne son gain net, i.e. la région A-B-C-D moins le rectangle.

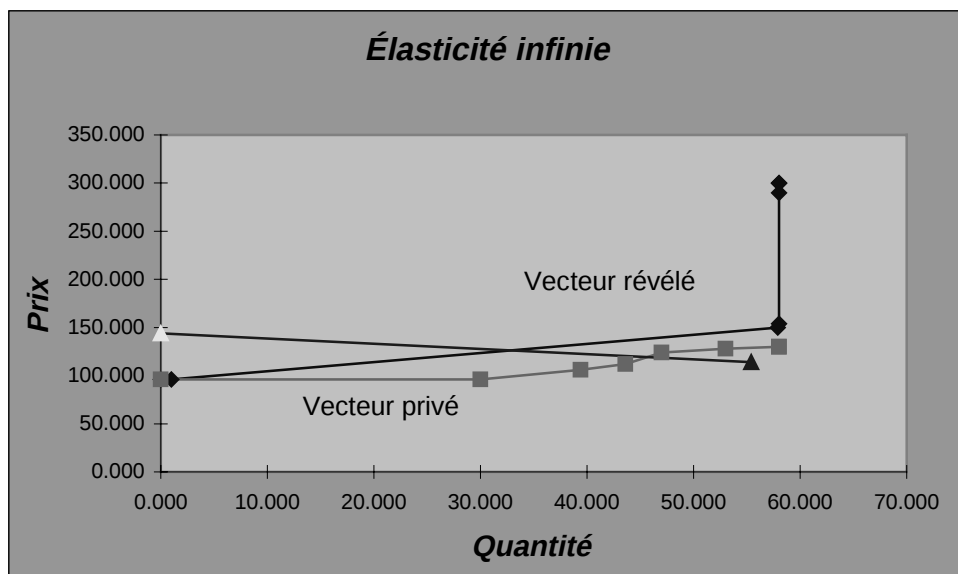


Graphique 10 : Pente de la courbe de demande

Pour le premier graphique l'élasticité de l'offre est presque nulle. Si un vendeur décide de faire de la réduction, sa stratégie n'aura aucun impact sur les quantités vendues mais aura comme conséquence d'augmenter de beaucoup le niveau des prix. Ainsi une stratégie de réduction peut ne pas être profitable dans ce cas



Pour ce deuxième graphique l'élasticité de l'offre est presque infini. Si un vendeur décide de faire de la réduction, sa stratégie aura beaucoup d'impact sur les quantités vendues mais aura peu de conséquence sur le niveau des prix. Ainsi une stratégie de réduction peut être profitable dans ce cas



Section 2 : Présentation des objectifs et cadre des expérimentations

2.1 Objectifs des expérimentations :

- **Nous permettre de tester la fiabilité du système.** Plus précisément détecter toutes les coquilles informatiques et les cas particuliers qui font dérailler le système. Ceci permet de renforcer le système et d'en diminuer les failles.
- **Observer la facilité d'adaptation des participants au système.** Ceci nous permettra éventuellement d'élaborer des outils pédagogiques plus complets et plus spécifiques mieux expliquer les règles de fonctionnement et d'amener les agents à développer des stratégies de participations adéquates.
- **Évaluer l'efficacité et la performance du système.** Cette efficacité peut être évaluée par l'entremise des revenus générés et par le surplus des participants. Est-ce que les profits de l'ensemble de l'industrie sont maximisés ? Sinon est-ce qu'un des groupes en tire des avantages ? Est-ce que la transparence du système est préservée ? Est-ce qu'il y a convergence vers l'équilibre optimal ? Est-ce que la joute se termine avant cet optimum?
- **Tester des hypothèses sur les comportements stratégiques des agents.** C'est-à-dire prendre compte des comportements stratégiques des agents en situation de conflits. Évaluer l'impact de ces stratégies sur les anticipations et sur les comportements stratégiques de l'autre côté du marché (entre acheteurs et vendeurs) mais aussi sur ceux de ces coéquipiers (entre acheteurs et acheteurs et entre vendeurs et vendeurs).
- **Évaluer la capacité du système à renégocier les contrats de long terme et à négocier électroniquement des contrats.** C'est-à-dire est-ce que chacun des agents obtient au moins l'équivalent de ce qui est négocié dans le contrat ? Est-ce que le système a la capacité d'améliorer les ententes négociées par les participants ?
- **Identifier des avenues futures de recherche.**

2.2 Cadre des expérimentations

En tous six séances d'expérimentations de trois heures ont été tenues. Ceci représente quarante-cinq expérimentations et 7 périodes de négociations de contrats (électroniques et de vive voix). Pour la majorité des expérimentations quatre acheteurs opposent quatre vendeurs, chaque groupe bénéficie d'une part égale de marché. On a aussi fait varier le nombre de rondes (i.e. le nombre de possibilité de modifications des mises) de 1,3,4, et 5 rondes.

Pour chaque participant, à chacune des expériences, un vecteur privé lui a été généré aléatoirement et accordé d'office pour la durée de celle-ci. Évidemment dans la vie courante les agents ont une idée assez précise de la valeur et du coût d'un bien et "construisent" eux-mêmes leur vecteur privé. Par contre pour qu'il soit possible de comparer les vecteurs privés avec les vecteurs révélés et ainsi évaluer l'efficacité du système, les vecteurs privés de chacun des participants doivent être connu par les responsables du système au cours des expérimentations.

En pratique, ce vecteur privé prend la forme d'une courbe de demande si l'agent est acheteur et d'une courbe d'offre si celui-ci est un vendeur, rôle qui est déterminé au préalable. La génération des vecteurs privés est faite d'après des tirages uniformes où le prix varie de 70 à 140 et la quantité varie de 30 à 60. Ces tirages génèrent six prix et six quantités pour chacun des participants. Les quantités sont placées en ordre croissant et les prix en ordre décroissant pour un acheteur et croissant pour un vendeur. Cet ordonnancement forme un vecteur de six points qui constitue un vecteur privé (courbe d'offre ou de demande).

La particularité de la génération des vecteurs privés réside dans la diversité de ceux-ci, ce qui décrit bien un véritable marché et les différences entre les entreprises. Les vecteurs peuvent refléter certaines qualités : un agent peut être favorisé ou défavorisé par le sort. Par exemple un vendeur peut avoir des coûts plus élevé qu'un autre vendeur et donc le premier aurait une courbe d'offre qui est plus "élevé" graphiquement. En effet pour chacune des quantités le prix demandé est plus élevé et donc à prix donné celui-ci est défavorisé puisqu'il vend une moins grande quantité. Du côté des acheteurs, un agent peut avoir moins de revenus pour l'achat d'un bien ou accorder moins de valeur à un bien qu'un autre agent. Pour chacune des quantités le prix offert par le premier agent est inférieur car celui-ci n'a pas les moyens de payer plus. Sa courbe de demande est donc en dessous de celle de l'autre agent et à prix donné il obtient une moins grande quantité.

Graphique 11 : Différents vecteurs privés

Aucun coût de transport et aucun facteur de qualité n'a été pris en compte. Ceci implique que le prix de vente et d'achat est le même pour tous les acheteurs et tous les vendeurs, c'est-à-dire qu'il y a un prix unique pour tous les participants. Le prix de vente et le prix d'achat sont donc identique.

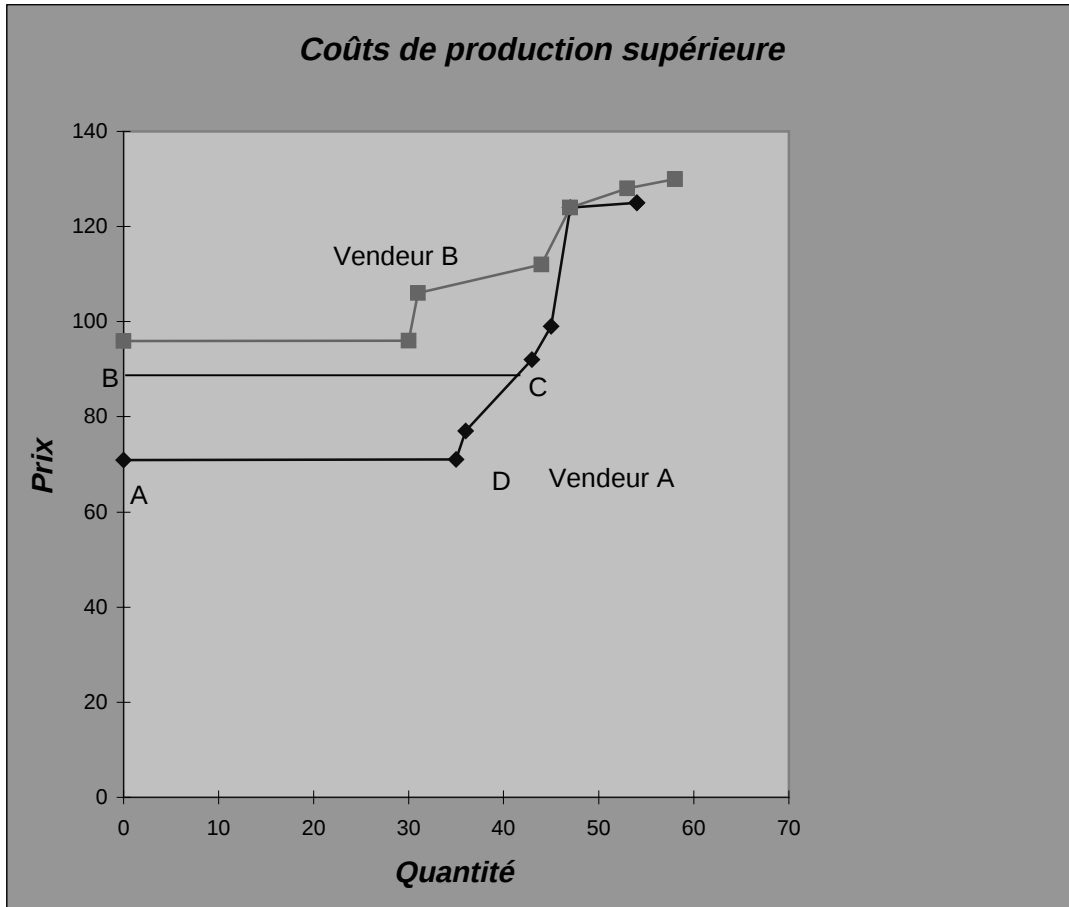
Évidemment, dans le cadre de nos expérimentations chacun des participants a beaucoup d'influence sur le prix d'équilibre étant donné leur petit nombre. Le degré de manipulation est donc parfois élevé. Par ailleurs, il peut y avoir possibilité de biais dans les expérimentations. Celles-ci peuvent être dues aux incompréhensions du système par les agents ou par les

différences de motivations de ceux-ci, il est particulièrement difficile de les mettre dans un contexte réel où la pression y est mainte fois plus tangible.

Les expérimentations se devaient de reproduire un marché fictif mais réaliste, certaines caractéristiques ont donc dû être prises en compte. Pour donner les bonnes incitations aux agents, ceux-ci ont été rémunérés sur la base de leur performance relative. Puisque certains participants auraient pu être pénalisés par l'octroi d'un mauvais vecteur, mais aussi parce que tout agent apporte des informations pertinentes (peu importe sa performance) un salaire de base de 5\$ pour chaque séance de 3h a été instauré. Le budget pour une séance de 3h étant de 10\$/heure par personne, un montant total de 240\$ était alloué pour huit personnes. De ce montant, 40\$ était alloués pour le salaire de base, les 200\$ restant complétaient les rémunérations. Les salaires sont calculés au prorata des gains totaux des agents. Les gains totaux sont ceux tirés de la dernière ronde de chacune des expérimentations. Par exemple si les gains totaux sont de 10 000 pour une séance et qu'un des participants va chercher un gain de 1500, celui-ci recevra 35\$ ($(1500/10\,000) \times 200\$ + 5\$$). De plus pour chaque identification d'une coquille du système un 5\$ supplémentaire était ajouté à la rémunération d'un participant si celui-ci était apte à expliquer en quoi consistait celle-ci.

Graphique 11 : Différentes courbes d'offre

Par exemple dans ce cas le vendeur B est défavorisé par rapport au vendeur A. C'est-à-dire le vendeur B a des coûts de production plus élevés et à un prix donné de 90\$, le vendeur B produirait à perte tandis que le vendeur A irait chercher un profit donné par la région A-B-C-D.



Section 3 : Descriptions et analyses des expérimentations

3.1 Axes d'expérimentations

- **Fonctionnement en l'absence de contrats compensatoires.**
- **Efficacité du marché en présence de contrats compensatoires : Outil de renégociation et outil de négociation électronique.**
- **Comportements stratégiques : Réduction de la demande et de l'offre.**
- **Imperfection de la concurrence : Intégration verticale, collusion, pouvoirs de marché entre acheteurs et vendeurs.**
- **Règles de fonctionnement : Délai, nombre de rondes, règle d'activité.**

3.2 Outils d'analyse

L'analyse des expérimentations requiert des outils permettant de rendre compte de l'efficacité de celles-ci. Premièrement toutes les données expérimentales (à la ronde finale) sont comparées avec les gains à l'équilibre optimal. Cet équilibre est l'unique équilibre qui maximise les profits globaux des vendeurs et des acheteurs, i.e. l'ensemble de l'industrie. L'équilibre optimal est obtenu lorsque tous les agents jouent exactement leur vecteur privé, i.e. qu'il n'y a aucune réduction de leur part. Ceci s'explique par le fait que ceux qui valorisent le plus un bien sont ceux qui l'obtiennent. Cette comparaison nous permet de comparer la variation du prix, la variation des quantités et la variation des gains effectifs de l'optimum. De plus on peut calculer le surplus des acheteurs, des vendeurs et surtout la proportion de perte sèche encourue. Le surplus total est la somme du surplus des acheteurs et du surplus des vendeurs. La perte sèche est la différence entre le surplus optimal (mise des vecteurs privés) et le surplus expérimental (mise des vecteurs révélés).

Pour évaluer la capacité du système à renégocier les contrats, les données expérimentales sont comparées avec les gains obtenus à partir du contrat seulement mais aussi avec les gains optimaux. Ainsi ceci nous permet d'évaluer si chaque participant obtient au moins l'équivalent de ce qui est négocié dans le contrat.

De plus un programme informatique a été créé permettant d'agréger les offres individuelles et les demandes individuelles à l'aide d'interpolation de données. C'est-à-dire que pour chaque prix on a la quantité totale demandée et offerte par les acheteurs et les vendeurs. En sommant les quantités demandées et offertes pour chaque agent à chaque prix on obtient l'offre et la demande agrégée. Ceci permet de générer des graphiques avec toutes les offres et demandes agrégées pour chacune des rondes de chaque expérimentation. On peut ensuite comparer l'évolution à chacune des rondes avec les vecteurs privés agrégés et observer la convergence ou non vers l'équilibre optimal. Ces graphiques nous permettent également de bien visualiser la proportion de perte sèche générée par l'utilisation du système.

3.3 Aperçu global de chacune des séances

- **Séance 1 : Explications et familiarisation avec le système.**
- **Séance 2 : Expérimentations (8) sans contrats compensatoires, le nombre de rondes est limité à 1,3 et 5 rondes.**
- **Séance 3 : Expérimentations (9) sans contrats compensatoires, le nombre de rondes est limité à 1,3 et 5 rondes.**
- **Séance 4 : Expérimentations avec contrats compensatoires (8) et sans contrats compensatoires (2), le nombre de rondes est limité à 3 ou 4.**
- **Séance 5 : Expérimentations (11) avec contrats compensatoires, le nombre de rondes est limité à 4.**
- **Séance 6 : Expérimentations avec contrats compensatoires (3) et expérimentations avec intégration verticale (6), le nombre de rondes est limité à 4.**

Un coup d'œil global des séances est nécessaire afin d'apprécier l'évolution des comportements stratégiques des agents au fil de leurs apprentissages. Il ne faut donc pas s'étonner des résultats lors de la séance 1 et 2 où les agents doivent s'adapter à leur environnement et expérimenter différentes stratégies. De plus les agents doivent réaliser les différences stratégiques du passage de marché sans contrat à un marché avec contrats compensatoires et modifier par la suite leurs comportements. En effet, on verra que la réduction optimale individuelle se modifie selon l'absence ou la présence de contrats compensatoires. Notez également que les premières expérimentations de chacune des séances engendrent généralement plus de pertes sèches, ce qui semble confirmer l'apprentissage des participants et leur évolution. Les expérimentations seront traitées de façon plus globale par la suite.

Séance 1 : 24 février 1998 (2 expérimentations)

Caractéristiques: Explications et familiarisation avec le système. Enchères à 8 acheteurs contre 1 vendeur (offre fixe). Le nombre de rondes est limité à cinq.

Analyse: Cette séance a permis de rendre compte des difficultés de compréhension des participants et également de mettre à jour des coquilles du système informatique. Ceci a donné lieu à la création d'outils pédagogiques plus complet et à la correction de certains aspects informatiques (notamment par rapport au calcul des gains des participants).

Séance 2 : 10 mars 1998 (8 expérimentations)

Caractéristiques: Expérimentations à 4 acheteurs contre 4 vendeurs. Le nombre de rondes est limité à 1,3 et 5 rondes.

Analyse: Les participants réduisent de beaucoup les quantités demandées et offertes et ont une mauvaise compréhension des règles de fonctionnement du système. Ceci occasionne des pertes sèches de l'ordre de 42,30% en moyenne du surplus total optimal. Notons la difficulté pour les participants de réaliser, à ce stade-ci des séances, les pertes encourues par une stratégie de réduction. Les agents ne possèdent aucune idée des gains qu'ils auraient pu obtenir si tous les participants avaient joué leur vecteur privé. Les deux groupes (acheteurs et vendeurs) sont perdants à chacune des expérimentations (sauf une) et les stratégies cohérentes avec le problème du "dilemme du prisonnier". En moyenne les quantités totales échangées sont réduites de 52,39%. Les rondes précédant la finale sont utilisées afin de sonder l'autre côté du marché mais aussi afin d'évaluer la stratégie de ses propres coéquipiers.

Séance 3 : 17 mars 1998 (9 expérimentations)

Caractéristiques: Expérimentations à 4 acheteurs contre 4 vendeurs. Le nombre de rondes est limité à 1,3 et 5 rondes.

Analyse: Les participants utilisent de façon plus optimale la stratégie de réduction. Dans les premières expérimentations aucun des deux groupes n'est gagnant. Celles-ci occasionnent des pertes sèches assez élevées jusqu'à ce que les agents trouvent une stratégie de réduction plus optimale. Les pertes sèches sont en moyenne de 10,98% du surplus optimal (6,89% en excluant les deux premières expérimentations). Habituellement un ou deux individus dans le groupe des vendeurs et des acheteurs ont une stratégie de réduction à la dernière ronde et les autres agents jouent leur vecteur privé. En moyenne les quantités totales échangées sont réduites de 16,4% (12% en excluant les deux premières expérimentations). Les rondes précédant la dernière sont utilisées afin de pousser un côté du marché vers la mise de leur vecteur privé. Le premier groupe bénéficiant ainsi d'un avantage stratégique lui permettant de trouver une réduction optimale à la dernière ronde.

Séance 4 : 24 mars 1998 (10 expérimentations + 1 négociation de contrats)

Caractéristiques: Expérimentations à 4 acheteurs contre 4 vendeurs avec contrats compensatoires identiques imposés à tous les agents (4 expérimentations), avec contrats compensatoires négociés deux à deux et applicables à 4 expérimentations, et 2 expérimentations sans contrats compensatoires où les agents de chacun des groupes possèdent le même vecteur privé (i.e. chaque acheteur ont le même vecteur privé et chaque vendeur ont le même vecteur privé). Le nombre de rondes est limité à 4 pour les expérimentations avec contrat et à 3 pour celles sans contrat.

Analyse: La stratégie individuelle optimale diffère beaucoup en présence de contrats. Il n'est plus aussi optimal individuellement de faire autant de réduction. En effet même si la stratégie de réduction fait en sorte qu'il est possible de s'accaparer des gains bruts plus élevés, lorsque le prix

d'équilibre s'éloigne du prix négocié dans le contrat ceci peut avoir comme implication d'augmenter la compensation à verser ou de diminuer la compensation à recevoir, et donc le gain net (gains bruts + compensation à verser) n'est pas nécessairement plus élevé. Il y a un "trade-off" entre gains bruts et compensations. Lorsque les pertes sèches sont très grandes c'est que les agents ont fait trop de réduction, le prix d'équilibre est alors éloigné de celui du contrat.

Les pertes sèches sont en moyenne de 13,5% pour les expérimentations avec contrats et de 28,88% pour celles sans contrat. Ainsi les agents ont réalisé les implications stratégiques de la présence de contrats compensatoires puisqu'ils font moins de réduction que dans les expérimentations sans contrat. Dans les deux expérimentations sans contrats, on a un dilemme du prisonnier : le prix est près de l'optimum mais les quantités sont de beaucoup réduites. En moyenne les quantités échangées sont réduites de 16,49% avec les contrats compensatoires et de 28,8% en l'absence de ceux-ci.

Séance 5 : 31 mars 1998 (7 expérimentations + 4 négociations de contrats)

Caractéristiques: Expérimentations à 4 acheteurs contre 4 vendeurs avec contrats compensatoires dont une expérimentation où ceux-ci sont identiques et imposés à tous, deux dont les contrats sont négociés de vive voix et finalement quatre où les contrats sont négociés électroniquement. Le nombre de rondes est limité à quatre.

Remarques: La négociation électronique consiste en une expérimentation normale où le prix et la quantité obtenu à la ronde finale constitue un contrat compensatoire. Le nombre de rondes est limité à trois. Évidemment aucun gain n'est versé au terme de cette expérimentation et aucun vecteur privé n'est généré.

Analyse: Les pertes sèches sont de l'ordre de 15,05% en moyenne et en moyenne les quantités échangées sont restreintes de 16,80%. Les pertes sont générées par des agents qui font beaucoup trop de réduction. Cette réduction finit même par bénéficier à l'autre côté du marché qui reçoivent des compensations colossales. Évidemment les participants sont incités à négocier un contrat mais ceci reste volontaire, ainsi quelques participants n'avaient pas de contrat pour les 4 dernières expérimentations (en fait 2 acheteurs et 2 vendeurs n'avaient pas de contrat). Par conséquent, ceux n'ayant pas de contrats compensatoires faisaient beaucoup plus de réduction que ceux ayant des contrats. Ceci expliquerait les pertes encourues lors des quatre dernières expérimentations.

On peut aussi constater que ceux jouant leur vecteur privé sont beaucoup moins touchés par la stratégie de réduction de l'autre côté du marché. En effet, lorsque certains agents font beaucoup de réduction (par exemple un ou deux vendeurs n'ayant pas de contrat) ceci bénéficie généralement à ses coéquipiers (les autres vendeurs ayant des contrats) et l'autre côté du marché s'en retrouve considérablement affectée (tous les acheteurs y perdent). Avec les contrats il y a un transfert de richesses entre ceux ayant accaparé beaucoup de gains (les vendeurs) et ceux n'ayant presque rien (les acheteurs). Les grands perdants sont donc ceux ayant effectué un grand nombre de réduction et ceux du côté des acheteurs qui ne possèdent aucun contrat les compensant pour les pertes encourues. En somme les contrats agissent à titre d'assurance et tel qu'attendu incitent les agents à modérer leur réduction.

Séance 6 : 7 avril 1998 (9 expérimentations + 2 négociations de contrats)

Caractéristiques : Expérimentations à 4 acheteurs contre 4 vendeurs, le nombre de rondes étant limité à quatre. Les trois premières expérimentations sont avec contrats compensatoires, ceux-ci étant négociés électroniquement. Les six suivantes utilisent l'intégration verticale. Deux entreprises intégrées (acheteurs - vendeurs) côtoient sur le marché deux vendeurs et deux acheteurs non intégrés. Les gains d'un participant intégré correspondent à la moyenne de ses gains et de ceux de son associé. Les participants intégrés peuvent se consulter pour déterminer leur stratégie.

Analyse : Pour les expérimentations avec contrats compensatoires tous les participants obtiennent l'équivalent du contrat compensatoire et même l'utilisation du système permet d'obtenir plus de gains qu'avec un contrat seulement. Les agents font beaucoup plus de réduction lors de la première expérimentation, il y a donc un temps d'adaptation avant la révision des comportements stratégiques. Les pertes sèches encourues sont en moyenne de 7,98% pour les expérimentations avec contrats compensatoires (2,13% en enlevant la première expérimentation). Les quantités échangées sont, en moyenne, réduites de 15,54% (4,23% en enlevant la première expérimentation). Pour les expérimentations avec intégration verticale les pertes sèches sont en moyenne de 4,77% et les quantités échangées sont réduites en moyenne de 7,39%. Lorsque les agents sont intégrés ceux-ci adoptent un comportement stratégique qui consiste à jouer leur vecteur privé. Ce raisonnement provient de la méthode de calcul des gains. Étant donné que je sépare mes gains et les gains de mon homologue de l'autre côté du marché en deux, je n'ai pas avantage à essayer de réduire ses gains et donc je n'ai pas avantage à utiliser une stratégie de réduction. Il reste tout de même que dans quelques-unes des expérimentations, certains participants ont opté pour la réduction. Mais ceux-ci n'étaient pas intégrés et par conséquent n'avaient pas avantage à miser leur vecteur privé. Ainsi l'intégration verticale modifie grandement les comportements stratégiques.

Remarque: Voir en annexe les graphiques et les statistiques pour chacune des expérimentations. Certains graphiques permettent d'illustrer certains des principes discutés ci-dessus; voir notamment :

- Dilemme du prisonnier entre les acheteurs et les vendeurs (Séance 2, Exp. H).
- Les acheteurs misent leur vecteur privé et les vendeurs font de la réduction (Séance 3, Exp. E)
- Expérimentation efficace avec intégration verticale, les agents attendent à la dernière ronde pour miser sérieusement (Séance 6, Exp. I).
- Expérimentation simple : Le nombre de rondes passe de 1 à 3 à 5 rondes (Séance 3, Exp. E-D-F). Les agents conservent les mêmes fonctions de demande et d'offre pour les trois expérimentations.
- Expérimentation avec contrats compensatoires, les agents attendent à la dernière ronde pour miser sérieusement (Séance 6, Exp. C).
- Expérimentation avec intégration verticale, les agents attendent à la dernière ronde pour miser sérieusement (Séance 6, Exp. H).

Section 4 : Synthèse globale des expérimentations et atteinte des objectifs

4.1 Pertinence des différentes règles de fonctionnement du système

Plusieurs règles de fonctionnement ont été mises sur pied afin de développer des stratégies de participation adéquates et pour améliorer l'efficacité du système. Chacune des règles sera expliquée et on analysera l'influence de celles-ci sur le comportement des participants.

A) Délai de soumissions des mises

Lors de la première ronde, les agents ont tout le temps désiré pour miser leur premier vecteur révélé, le système est en attente jusqu'à la totalité des soumissions. Cette règle peut bien sûr être modifiée et le délai limité lorsque les agents sont familiarisés avec l'interface. Par contre lors des rondes subséquentes ceux-ci n'ont que 3 minutes pour miser (une horloge au bas de l'écran les avise du temps écoulé). Les expérimentations ont permis de tester quel délai acceptable permettait de modifier une mise (ce délai est passé de 10 minutes à 3 minutes), diminuant ainsi les pertes de temps et augmentant l'interactivité du processus. De plus, un délai raisonnable laisse peu de temps à l'élaboration de stratégies (la collusion entre autres).

B) Règles de modifications des mises

Lorsque les agents désirent modifier leur mise au cours des rondes, ces modifications doivent satisfaire certaines règles.

Les règles d'éligibilité ont pour fonction de dynamiser le marché. Un acheteur (vendeur) peut tenter de faire diminuer (augmenter) le prix, mais il risque d'obtenir une quantité qui ne correspond pas à ses besoins. Ces règles incitent les agents à miser selon leurs vraies préférences (i.e. miser leur vecteur privé) le plus rapidement possible et à être actif sur le marché sous peine de ne pouvoir le faire lors des rondes subséquentes.

Ces règles sont : 1- Un agent ne peut qu'augmenter sa mise

2- Toutefois sa mise est limitée par une "quantité maximale d'éligibilité"

Cette quantité est initialement fixée à la quantité maximale mise lors de la première ronde. Lors des rondes subséquentes, cette quantité sera fixée à la nouvelle quantité mise au nouveau prix d'équilibre pour le prix d'équilibre et tous les prix inférieurs. Pour les prix supérieurs au prix d'équilibre cette quantité est fixée au minimum entre la quantité mise au prix d'équilibre et la quantité maximale d'éligibilité précédente. Pour de plus amples explications référer à la partie sur la description du marché électronique intelligent des copeaux de bois.

La convergence des quantités vers l'optimal a été démontrée lors des expérimentations. En effet tous les graphiques montrent bien l'évolution à chacune des rondes, les courbes d'offre et demande se modifient et les agents se rapprochent de plus en plus de la mise de leur vecteur privé. Sans ces règles un agent pourrait réviser continuellement à la baisse ou à la hausse sa mise ou attendre à la toute fin pour modifier celle-ci selon l'observation du marché. Ces

comportements ralentiraient le processus de convergence vers l'optimum de l'industrie. Ces règles incitent les agents à s'engager pour des quantités de plus en plus grandes et donc ils ne peuvent revenir sur leurs décisions antérieures.

Convergence et évolution à chacune des rondes : voir séance 3, expérimentation D, dans exemples p16.

C) Processus de rondes successives

Le système utilisé fonctionne par un processus de rondes successives où les agents modifient leur mise. Ce processus de tâtonnement permet de réviser à la hausse ses besoins ou ses capacités selon l'appréciation du marché par chacun des participants. Ainsi les agents au cours des expérimentations ont pu raffiner leurs préférences, leurs offres et leurs demandes. C'est la fonction principale de ce processus. Au cours des séances on a modifié le nombre de rondes, qui est passé de une à trois, à quatre et à cinq. On peut constater que les agents modifient leur comportement selon ces contraintes. Lors des expérimentations à une ronde les participants font moins de réduction car ils ne peuvent observer le marché et ne veulent pas risquer d'obtenir une quantité moindre (i.e. qui leur apportera peu de gains). L'évolution reste à peu près la même dans le cas des expérimentations à trois, quatre ou cinq rondes. Les agents font beaucoup de réductions aux rondes précédant la dernière. À la ronde finale, ils misent beaucoup plus près de leur vecteur privé et on peut observer graphiquement un saut vers l'équilibre optimal. On a pu constater qu'aucun agent n'a intérêt à révéler ses vraies préférences avant la dernière ronde car ceci donnerait un avantage stratégique aux autres participants. Par contre plus le nombre de rondes est élevé, plus ils peuvent observer le marché et essayer de le manipuler. On approfondira cet aspect dans l'analyse des comportements stratégiques.

Graphique 12 : Évolution et saut (séance 5, expérimentation I, rondes 1 à 4).

4.2 Manipulation des prix et évolution des quantités échangées

Dans le cadre de nos expérimentations où quatre acheteurs font face à quatre vendeurs, il est facilement observable que chacun a un impact réel sur le niveau des prix. Par exemple, lors de la séance 6 expérience K, seulement un acheteur et un vendeur optent pour une stratégie de réduction, les autres participants misent leur vecteur privé. On peut observer l'impact sur la demande et l'offre agrégée et sur le prix d'équilibre. On a bien un dilemme du prisonnier pour ces deux joueurs, les autres participants subissent peu de perte, le prix étant très près de l'optimum. On peut cependant remarquer que le prix aurait été très éloigné de l'optimum si un des deux joueurs avait misé son vecteur privé et le second maintenu sa réduction.

Graphique 13 : Séance 6, expérimentation K.

Attention : Un prix d'équilibre différant peu de l'optimum n'est pas garant d'allocations efficaces. En effet on peut avoir un dilemme du prisonnier entre le groupe des acheteurs et des vendeurs, le prix d'équilibre serait très près du prix d'équilibre optimal mais les quantités pourraient être réduites de moitié, ce qui entraînerait des pertes sèches colossales (voir graphique séance 2). D'un autre côté l'évolution des quantités vers l'optimum implique des pertes sèches

de moins en moins élevées.

En moyenne la variation des prix a été de 9,18% des prix optimaux pour la totalité des expérimentations : pour la séance 2 (16,96%), pour la séance 3 (12,66%), pour la séance 4 (8,66%), pour la séance 5 (5,72%) et (2,93%) pour la séance 6. La réduction des quantités échangées a été de 20,91% en moyenne pour la totalité des expérimentations : soit (47,53%) pour la séance 2, (16,40%) pour la séance 3, (18,95%) pour la séance 4, (16,80%) pour la séance 5, et (10,11%) pour la séance 6. Par contre il est important de mettre un bémol à cette statistique. Comme précisé précédemment les agents évoluent et modifient leurs comportements selon leurs expériences du système, il est donc important d'analyser chacune des expérimentations selon la variation prix quantité.

Tout d'abord à la séance 2 les agents font énormément de réduction, ce qui engendre des comportements similaires au dilemme du prisonnier lorsque les deux groupes font de la réduction et un des groupes va s'accaparer une grande partie des surplus de l'autre groupe lorsque ceux-ci misent leur vecteur privé. Les agents réalisent les pertes encourues et modifient leurs comportements à la séance suivante (séance 3) après deux expérimentations de forte réduction au tout début de celle-ci. Ils optent alors pour une réduction "plus optimale" individuellement. À la séance 4, les participants poursuivent avec les mêmes stratégies, par contre la réduction est moins fructueuse en présence de contrats compensatoires. À la séance 5 (avec contrats compensatoires), ceux-ci s'adaptent et modifient leurs stratégies. À la séance 6, les agents font beaucoup moins de réduction en présence d'intégration verticale où ils ne veulent pas défavoriser leur coéquipier.

Il est intéressant de constater que les agents essaient de moins en moins de manipuler le marché comparativement à la séance 2. Les participants ont fini par adopter une stratégie qui se rapproche beaucoup de la mise du vecteur privé à la dernière ronde. Il est difficile pour chaque agent, individuellement, de mesurer son impact vis-à-vis du prix. Avec l'expérience du marché, les agents croient que cet impact est négligeable et à prix donné il est toujours plus efficace de miser son vecteur privé puisque c'est la mise qui assure un maximum de quantités. Les pertes sèches sont générées habituellement par un ou deux individus qui font beaucoup de réduction.

4.3 Comportements stratégiques

Le comportement stratégique des agents face au système constitue un facteur déterminant de l'analyse de l'efficacité de celui-ci. Il va de soi qu'on doit tenir compte de l'évolution de ces comportements face aux différentes caractéristiques intégrées dans le système.

A) Marché sans contrats compensatoires

Rappel : Une stratégie de réduction consiste pour un acheteur à restreindre la quantité demandée afin de diminuer le prix à payer sur les quantités obtenues et pour un vendeur à restreindre la quantité offerte afin d'augmenter le prix reçu sur les unités vendues. Lorsque le prix est manipulé par un agent en faveur de celui-ci, le gain par unité achetée ou vendue augmente, par contre le nombre d'unités achetées ou vendues diminue. Ceci peut avoir comme impact d'augmenter le surplus d'un agent. Une réduction trop prononcée implique une grande réduction des quantités et bien souvent un gain inférieur à celui obtenu en misant son vecteur privé.

Tout d'abord, il est important de définir le concept de réduction optimale. On a vu dans section 1.3.A qu'en présence d'un marché concurrentiel, i.e. où les agents n'ont aucun impact sur le prix, il est optimal individuellement de miser son vecteur privé. C'est la stratégie qui maximise le surplus d'un acheteur ou d'un vendeur à prix donné. Par contre si un agent possède une influence sur le prix d'équilibre, alors il peut être optimal d'utiliser celle-ci. Plusieurs facteurs influencent l'optimalité d'une stratégie de réduction : la demande ou l'offre à laquelle un agent fait face, le comportement des autres agents de son groupe et les caractéristiques du marché (avec ou sans contrat, intégrés,...). Évidemment, la réduction optimale varie pour chaque participant étant donné la différence des vecteurs privés et selon les caractéristiques du marché (avec contrats compensatoires, intégration verticale).

Les agents utilisent le processus de rondes successives comme un outil stratégique. Ce type d'enchère où chaque agent a la possibilité de miser plus d'une fois implique que chacune des mises dépende de ce qui s'est passé à la ronde précédente. Les vendeurs peuvent par exemple opter pour beaucoup de réduction, rester approximativement sur leurs positions lors des rondes précédant la dernière et pousser les acheteurs à miser leur vecteur privé. Les vendeurs bénéficient par la suite de l'avantage de la mise s'ils savent tirer parti de celle-ci en optant pour une réduction optimale.

Les rondes précédant la ronde finale sont utilisées afin de sonder l'autre côté du marché mais aussi afin d'évaluer la stratégie de ses propres coéquipiers. Si les autres vendeurs font de la réduction pour mon compte, alors peut-être suis-je aussi bien (en tant que vendeur) de miser mon vecteur privé à la dernière ronde. En effet, la stratégie à l'intérieur d'un même groupe peut différer car le prix est unique. Je bénéficie de la hausse des prix par ceux qui font beaucoup de réduction et d'une hausse des quantités en misant mon vecteur privé. Rappelons que dans le cas d'un dilemme du prisonnier entre les acheteurs et les vendeurs, lorsque chaque groupe poursuit son intérêt individuel, ceux-ci optent pour une stratégie de réduction. Si tous les acheteurs font de la réduction, un des acheteurs peut décider de miser son vecteur privé, l'avantage marginal de la hausse substantielle des quantités obtenues est bien souvent plus élevé que celle des prix.

Ce genre de comportements stratégiques a souvent eu cours lors des expérimentations. Un ou deux vendeurs optent pour une réduction très forte, les autres vendeurs bénéficient de la hausse des prix, d'un maximum de quantités vendues et de gains relativement beaucoup plus élevés que ceux ayant opté pour une stratégie de réduction. Ainsi le comportement des agents misant leur vecteur privé incite les autres agents à miser leur vecteur privé puisque ce sont les premiers qui en bénéficient le plus. Certains participants ont réalisé à plus ou moins long terme cette conséquence et ont modifié leurs comportements. L'expérience modifie grandement le type de stratégies adoptées, celles-ci étant bien souvent aléatoires au début des expérimentations pour devenir assez prévisibles vers la fin. C'est-à-dire la plupart des participants s'en tiennent à la mise du vecteur privé à chaque expérimentation.

Notons qu'en l'absence de contrats compensatoires les pertes sèches ont été de 25,14% et les quantités échangées ont été réduites de 29,88%. Par contre ces expériences ont été faites au tout début des séances. Il serait donc important de refaire d'autres expériences sans contrats compensatoires, ce qui permettrait d'apprécier l'évolution des comportements stratégiques des agents à court et à long terme et de valider ceux-ci.

B) Marché avec contrats compensatoires

Notons qu'en présence de contrats les agents n'ont plus aussi intérêt à opter pour une stratégie de réduction. L'objectif n'est plus de maximiser les gains bruts (calculé à partir du vecteur privé et de l'allocation) mais de maximiser la somme des gains bruts et des sommes à verser ou à recevoir en compensation. La stratégie de réduction fait en sorte qu'il est possible de s'accaparer un gain brut plus élevé, mais lorsque le prix d'équilibre s'éloigne du prix négocié les agents doivent verser une compensation, le gain net n'étant pas nécessairement plus élevé. Il y a donc un "trade-off" entre gain brut et compensation à verser, en augmentant les premiers (augmente les gains nets) ceci augmente les second (diminuent les gains nets). Rappelons que les contrats compensatoires ne sont que des transferts de richesse entre deux partis. Ainsi, lorsque certains agents font trop de réductions, ceci bénéficie à l'autre côté du marché qui reçoit des compensations très élevées. Les contrats compensatoires agissent bien à titre d'assurance et de plus, leurs présences sur le marché incitent les agents à modérer leurs réductions. Les pertes sèches ont été en moyenne de 13,19% et les quantités échangées réduites de 16,45%.

C) Marché avec intégration verticale

L'intégration verticale est utilisée comme moyen afin de s'assurer une sécurité d'approvisionnement. Si l'acheteur ne possède pas de source d'approvisionnement externe, il est généralement soucieux d'éviter que le fournisseur exerce au moment de la livraison un chantage sur le prix. Une façon d'éviter ce problème est d'écrire un contrat stipulant à l'avance le prix final. Une telle politique cependant ne peut offrir aux deux entreprises la flexibilité requise pour s'adapter à des environnements très incertains et capricieux (modifications coûts de transport, possibilité de substitution de qualité selon les besoins du moment,...) même en y intégrant de nombreuses clauses de contingences. L'intégration verticale est une alternative à ces contrats.

- **L'intégration verticale entre une papetière et une scierie a été simulé de la façon suivante : Les participants intégrés deux à deux (un acheteur et un vendeur) se partagent à part égale la somme des gains bruts obtenus par chacun.**

On peut constater que la manipulation d'un marché favorise soit les vendeurs, soit les acheteurs ou soit aucun des deux (comme dans le cas de dilemme du prisonnier). Mais les participants intégrés sont à la fois acheteur et vendeur sur le marché. En tentant de faire augmenter le prix ou de le diminuer, cette stratégie défavorisera nécessairement un des côtés du marché. Donc les stratégies de réduction sont moins prisées par les participants intégrés, et ceux-ci jouent leur vecteur privé. Les pertes sèches ont été en moyenne de 4,77% et les quantités échangées réduites de 7,39%. Ainsi dans la mesure où l'intégration ne conduit pas à un cas de pouvoir de marché, l'efficacité augmentera grâce à l'internalisation des imperfections transactionnelles.

D)Conclusion

Tous les agents ont essayé de "battre" le marché, i.e. d'obtenir un prix favorable en optant pour une stratégie de réduction. Certains y ont gagnés, certains y ont perdus. Après plusieurs expérimentations, 75% des agents ont opté pour une mise simple qui consiste à miser très près de son vecteur privé. Ceux-ci ont réalisé qu'en plus d'avoir à anticiper la stratégie des autres vendeurs, ils doivent anticiper la stratégie des acheteurs. Ce qui impliquent beaucoup de stratégies et d'allocations possibles, i.e. les agents font face à un risque élevé en essayant de "battre" le marché. De plus, les vecteurs privés sont différents d'une expérience à l'autre, il est donc impossible de situer le prix d'équilibre optimal, d'analyser si certains agents optent pour les mêmes stratégies et de modifier ses stratégies en conséquence. Il est très difficile de cerner exactement la stratégie optimale, chaque agent misent donc de plus en plus souvent son vecteur privé lors de la dernière ronde. En fait, c'est le peu d'informations qu'ils peuvent tirer des stratégies des autres agents qui représente la majeure partie des difficultés des participants à manipuler le marché. De plus, la présence de contrats compensatoires et d'intégration verticale incitent chaque agent à miser près de son vecteur privé (i.e. à faire moins de réduction). Malgré tout, certains participants sont restés persuader de l'intérêt d'une stratégie de réduction et il faudrait faire beaucoup plus d'expérimentations avant de pouvoir tirer des conclusions plus solides sur les comportements stratégiques des agents et la persistance des comportements de réduction.

Section 5 : Rencontre des objectifs

5.1 Fiabilité du système :

- **Détection de failles informatiques.**
- **Performance du modèle d'optimisation.**

La fiabilité d'un système se vérifie en grande partie lors de l'utilisation de celui-ci, d'où la nécessité des séances d'expérimentations. Plusieurs coquilles informatiques ont été décelées et rapidement corrigées. Le système informatique s'est révélé très fiable à l'usage, seulement quatre expérimentations ont été annulées (sur un total de cinquante-six) dues à certaines coquilles informatiques concernant le délai des mises et à leurs soumissions. La correction de ces aspects informatiques a permis de renforcer la fiabilité du système et d'en diminuer les failles. Le système informatique a été performant, celui-ci génère bien les allocations (prix, quantité) qui maximisent l'efficacité d'un marché étant donnée la soumission des mises. Les séances d'expérimentations valident le modèle théorique d'optimisation sous-jacent au système informatique. Le système utilisé assure une participation avantageuse pour tous étant donné les mises. En observant les graphiques des courbes de demande et d'offre agrégée, on voit que l'allocation (prix, quantités totales échangées) se détermine à l'intersection de ces deux courbes, signe de la performance du système informatique.

5.2 Facilité d'adaptation des participants

- **Difficulté de compréhension concernant la règle d'éligibilité.**
- **Stratégie de participation adéquate (rationnel ?).**

Le fonctionnement du marché électronique intelligent est assez complexe pour un agent débutant dans cet environnement. Une séance d'explications et de familiarisation est nécessaire au développement et à la mise en place de ce marché. À cette fin une annexe brève mais précise (style "help" interactif) portant sur les différentes règles de fonctionnement du système mais aussi sur les principales marches à suivre pour participer au marché. Ceci devrait être mise à la disposition des agents lors de leur participation au marché. Il serait intéressant également de mettre à leur disposition un outil simulant un marché fictif, ceci permettrait aux participants d'évaluer leur compréhension du système à leur début sur le marché.

Les séances ont permis de cerner les principales difficultés de compréhension (notamment la règle d'éligibilité) des agents et les erreurs les plus fréquemment commises. Ces prises en compte facilitent l'élaboration d'outils pédagogiques plus complets.

Les participants qui ont bien voulu collaborer sont des étudiants du Département de sciences économiques de l'Université de Montréal. Pour ceux-ci plusieurs notions (courbe d'offre et de demande,...) sont utilisées fréquemment dans le cadre de leurs cours, ce qui facilite de beaucoup l'adaptation.

L'inexpérience des participants demeure également une source d'inefficacité. Ceci peut être dû aux incompréhensions du système ou à la difficulté de motiver les participants de façon adéquate. Dans un contexte réel, un agent doit obtenir ou vendre des quantités suffisantes au fonctionnement d'une entreprise. Le coût d'utilisation des stratégies de réduction est d'autant plus élevé.

En termes pratiques, il nous semble essentiel de bien former les futures participants sur un tel marché.

5.3 Évaluation de l'efficacité du système

- **Moyenne d'efficacité : 82,89%.**
- **Efficacité accrue avec l'expérience.**
- **Efficacité accrue en présence de contrats compensatoires ou d'intégration verticale.**

La performance du système informatique est vérifiée peu importe les mises proposées, les allocations vont bien sûr en être influencées mais le système générera toujours les allocations les plus efficaces étant données chacune des mises. Mais, est-ce que les mises des vendeurs représentent réellement les coûts de ceux-ci ? Est-ce que les mises des acheteurs représentent réellement la valeur accordée au bien par ceux-ci ? Est-ce que les allocations obtenues sont telles qu'aucun des agents ne pourrait procéder à un échange avantageux pour tous ? C'est à dire est-ce qu'il n'existe aucune autre allocation qui améliore le surplus d'un agent sans détériorer le surplus d'un autre agent ? Si ce n'est pas le cas alors le mécanisme est inefficace.

Un mécanisme où la poursuite de l'intérêt individuel génère un optimum social est un mécanisme efficace. Dans ce cas, ceux qui valorisent le plus un bien sont ceux qui l'obtiennent. Il n'y a qu'une seule allocation qui est efficace sur notre marché, c'est celle qui égalise l'offre et la demande réelle (les vecteurs privés) de tous les agents. Graphiquement celle-ci est donnée à l'intersection de la courbe d'offre et de demande agrégée des vecteurs privés.

Mécanisme efficace : voir séance 6, expérimentation I dans exemples p16.

À la séance 6 expérimentation I, il y a eu 0,00 % de perte sèche à la ronde finale, c'est la représentation d'une allocation efficace.

Il est important de garder en perspective le peu d'expérimentations effectuées et le nombre d'agent sur le marché. Avant d'obtenir des données vraiment pertinentes, il est nécessaire d'effectuer beaucoup plus d'expérimentations que ce qui a été effectué jusqu'à présent. Les agents doivent avoir suffisamment de temps pour expérimenter différentes stratégies et réaliser l'impact, s'il y a lieu, de celles-ci. Par ailleurs seulement neuf participants ont pris part aux expérimentations, ceux-ci ne sont donc pas assez nombreux pour valider les comportements stratégiques observés. Ainsi les séances d'expérimentations ont servi à donner un bref aperçu de l'efficacité du mécanisme et les résultats obtenus ne peuvent mener à une conclusion définitive.

La moyenne de perte sèche de la totalité des séances d'expérimentations est de 17,11% et les

quantités échangées sont en moyenne réduite de 20,91%. En enlevant la première séance où les agents expérimentent différentes stratégies, ces statistiques sont respectivement de 12,21 % et de 15,73%.

Évidemment chaque individu n'est préoccupé que par la quantité qu'il reçoit ou vend, il veut s'accaparer le plus de gains possibles peu importe si c'est au détriment d'un autre individu. La question à se poser est la suivante : Comment devrait se comporter un individu rationnel cherchant à maximiser son surplus dans une situation où ceux-ci dépendent des choix d'autres agents poursuivant le même objectif ? On a vu que lorsque le prix est facilement manipulable (cas dilemme du prisonnier) par un agent, celui-ci est incité à tricher et à faire de la réduction pour ramener le prix à son avantage (plus bas pour un acheteur ou plus haut pour un vendeur), peu importe si cette stratégie se fait au détriment des autres. En effet, si un agent demande (offre) plus d'unités, ceci a comme impact d'augmenter (diminuer) le prix payé (reçues) sur les unités déjà acquises. Dans ce cas, si au moins un joueur a intérêt à dévier de la mise du vecteur privé alors ce n'est pas un équilibre stratégique. Ceci entraîne des pertes d'efficacité (des pertes sèches) et une réduction des quantités échangées d'autant plus grande qu'un agent a de l'influence sur les prix.

Par ailleurs, on a vu que de plus en plus d'agents misaient leur vecteur privé. En effet, une difficulté demeure et ce autant pour les acheteurs que pour les vendeurs : il est très difficile d'isoler l'effet individuel de divers comportements stratégiques. Si un agent modifie sa mise et veut évaluer l'impact sur ses gains, cette analyse doit être faite *ceteris paribus*. C'est à dire en supposant que tous les agents conservent la même mise. Mais le marché utilisé est un marché dynamique, il y a tellement de stratégies différentes et de modifications de mises d'une ronde à l'autre qu'il n'est jamais certain d'avoir isolé l'impact de sa stratégie individuelle. Ceci décourage donc la manipulation du marché et les agents ont l'impression de n'avoir aucun impact sur le prix.

Pourquoi le mécanisme ne suscite-t-il pas les bonnes incitations chez ses utilisateurs ?

Tant que le mécanisme génère un prix unique pour toute les quantités achetées ou vendues et que les agents possèdent un impact sur le niveau des prix, ceux-ci seront incités à manipuler le marché, ce qui diminuera l'efficacité du mécanisme. Le mécanisme utilisé n'incite pas toujours les agents à miser leurs vraies valeurs. Si un agent demande (offre) plus d'unités, ceci a comme impact d'augmenter (diminuer) le prix payé (reçues) sur les unités déjà acquises.

Pour contrer cet effet, plusieurs moyens peuvent être mis en place. Évidemment avec un plus grand nombre de joueurs, l'impact stratégique sera de moins en moins grand sur les prix et ceux-ci seront de moins en moins incités à manipuler le marché. La présence de contrats compensatoires et d'intégration verticale augmente l'efficacité du marché, ainsi que la formation des participants (en leur montrant à utiliser des stratégies de participation adéquates). Nous reviendrons là-dessus dans nos recommandations.

5.4 Mécanisme flexible et transparent?

La maximisation des profits de l'industrie est facilitée par certaines caractéristiques du mécanisme : le système est flexible et transparent.

Le mécanisme de détermination des prix est flexible : Le prix est flexible par le haut et par le bas, celui-ci s'ajustant selon les conditions de l'offre et de la demande. Selon les mises révélées, le système renvoie un prix qui égalise l'offre et la demande du marché. Il serait intéressant d'étudier l'impact de conjonctures (hausse ou baisse de la demande ou de l'offre) sur les comportements stratégiques des agents et observer comment le prix s'ajuste pour égaliser l'offre et la demande.

Le mécanisme de rondes proposé par le système vise à assurer suffisamment de flexibilité pour les participants. Nous permettons à un participant qui n'est pas satisfait par les quantités qu'il a obtenues (ou vendues) de réviser sa mise pour obtenir (ou vendre) des unités supplémentaires. Nous croyons que de permettre plus qu'une ronde est essentiel pour assurer la flexibilité du système.

Le système est transparent : les règles du marché sont appliquées également à tous les agents. Le mécanisme ne peut favoriser aucun individu en particulier par son mécanisme de prix unique et aucun groupe (acheteurs ou vendeurs) n'a d'avantage sur le niveau des prix. Le mécanisme est donc équitable. Le processus de rondes permet d'avoir une idée de l'état du marché, mais le système génère peu d'informations aux agents. Un agent ne connaît que l'allocation (prix, quantité) qu'il a obtenu. Ainsi, il ne connaît pas les mises des autres agents et la quantité qu'ils ont obtenue. D'un côté ceci peut inciter les agents à miser près de leur vecteur privé, étant donné la difficulté d'isoler l'impact d'une stratégie en particulier. Par contre, ceci peut aussi inciter les agents à faire trop de réductions, ce qui diminue l'efficacité du marché. Dans les deux cas, les agents font face à beaucoup d'incertitudes quant au résultat de leur mise à la dernière ronde.

5.5 Quel est le niveau d'efficacité acceptable ?

L'objectif du mécanisme utilisé est de maximiser les profits de l'ensemble de l'industrie. Pour ce faire le mécanisme doit donner les bonnes incitations aux agents pour qu'ils misent leur vraie valeur.

Mais en réalité peu de marchés sont aussi compétitifs que les marchés concurrentiels et le marché des copeaux de bois ne fait pas partie de ceux-ci. Il ne faut pas oublier qu'en moyenne 79,89% de la quantité optimale (quantité maximale qui peut être échangée) a été échangée lors des expérimentations et que l'efficacité de celles-ci sont de 82,89% (surplus total accaparé par les acheteurs et les vendeurs). Ce sont donc de très bons résultats pour une première série d'expérimentations.

Il y aura souvent sur ce type de marché où peu d'agents y participent un problème de surplus de stocks ou de production insuffisante. Par contre, avec le système utilisé dans le cadre du projet GAMME, les agents profitent d'un système sûrement plus compétitif ne favorisant aucun parti. La présence d'intégration verticale et de contrats à long terme permettrait également d'augmenter

l'efficacité du système.

Finalement, notons que le mécanisme de marché proposé pourrait être complété par un marché spot. Ce dernier pourrait aussi être utilisé pour écouler des surplus de production ou pour combler des manques en quantités. La performance du marché ne devrait pas être considérée isolément. En définitive, nous devons nous demander si le marché permet d'augmenter l'efficacité du marché par rapport à une situation initiale. En particulier, est-ce que ce mécanisme de marché permet de renégociation favorablement des contrats à long terme?

5.6 Capacité de renégociation des contrats à long terme

- **Réduit les incitations à manipuler les prix.**
- **Les participants obtiennent autant de gains avec le marché électronique intelligent qu'avec le contrat seulement (après adaptation).**

Pour offrir un système représentatif du marché ciblé celui-ci doit tenir compte de certaines caractéristiques de ce marché. Les contrats à long terme assurant sécurité d'approvisionnement sont intégrés par le système sous forme de contrats compensatoires. Il a été maintes fois affirmées que les contrats compensatoires permettaient d'obtenir au moins l'équivalent de ce qui a été négocié dans le contrat. Est-ce que cette affirmation est vérifiée en pratique ?

En fait, il existe une mise telle que cette affirmation est vérifiée et cette mise est supposée être, en théorie, une stratégie dominante (i.e. aucun agent n'a intérêt à dévier de cette stratégie). Cette stratégie consiste à miser son vecteur privé pour les quantités négociées et faire un peu de réduction pour les quantités non négociées. Le système de compensation permet à un agent de s'assurer la quantité négociée dans le contrat à long terme et ce peu importe le prix à payer. Si le prix obtenu avec le système est désavantageux alors une compensation lui sera versée, s'il est avantageux alors il devra verser une compensation. Un agent qui participe au marché électronique et qui mise exactement son vecteur privé est assuré d'obtenir au moins les mêmes gains que ceux obtenus à l'aide du contrat seulement. Ainsi le mécanisme de compensation constitue une garantie puisque chacun (dans ce cas) est assuré de ce qui est négocié dans le contrat à long terme. De plus, les agents peuvent exploiter de nouveaux gains à l'échange grâce au mécanisme de renégociation. Par contre, un agent qui fait de la réduction, n'est pas compensé pour une perte en terme de quantité, le cas échéant. En misant son vecteur privé, un agent s'assure de la quantité maximale qu'il lui est possible d'obtenir (étant donné son vecteur privé). Par cette stratégie il ne peut être perdant sur les quantités obtenues et il sera compensé s'il y a une perte de prix.

À l'aide des statistiques effectuées pour la séance quatre, cinq et six (séances avec contrats compensatoires), on peut voir que tous les agents qui misent leur vecteur privé font mieux (ou l'équivalent) que leur contrat en utilisant le marché électronique. Ainsi les contrats compensatoires permettent bien d'obtenir au moins l'équivalent de ce qui a été négocié dans un contrat.

Il y a eu dix-huit expérimentations de renégociations électroniques où quatre acheteurs faisaient face à quatre vendeurs. Au cours de celles-ci, ceux qui ont moins bien fait que leur contrat sont

ceux qui ont fait beaucoup trop de réductions. Bien souvent, c'est le même participant qui fait des pertes, mais celui-ci n'agit pas très rationnellement. En effet, un agent connaît d'avance les gains qu'il peut aller chercher avec le contrat seulement puisqu'il connaît son vecteur privé et son contrat. Il a donc une idée des gains qu'il aurait pu obtenir sans l'utilisation du marché électronique. Lorsqu'il opte pour une stratégie de réduction et qu'il s'aperçoit que ses gains sont inférieurs à ceux qu'il aurait obtenus, il devrait modifier sa stratégie à plus ou moins long terme et se rapprocher de la mise de son vecteur privé. C'est-à-dire que si cet agent fait des pertes consciemment à plusieurs reprises, il n'est donc pas rationnel.

Au cours de la séance quatre (sur huit expérimentations) 78% des agents ont fait l'équivalent ou mieux que leur contrat, au cours de la séance cinq 93% des agents (sur sept expérimentations) et à la séance six 100% des agents (sur trois expérimentations). Donc même s'il y a des pertes sèches encourues par rapport à l'équilibre optimal au cours des séances avec contrats compensatoires, les agents obtiennent tout de même, en général, plus de gains par rapport au contrat en utilisant le marché électronique. Par ailleurs, de moins en moins de participants font des pertes par rapport à leur contrat, les agents réalisent à moyen terme leur perte et modifient leur comportement.

De plus, la présence de contrats compensatoires permet de niveler le rapport de force entre les acheteurs et les vendeurs, ceux-ci n'ont pas intérêt à faire trop de réduction et à verser de grandes compensations. Ainsi les agents seraient plus incités à révéler leurs vraies préférences. Il faudrait bien sûr faire plus d'expérimentations pour pouvoir conclure. Par contre, on a pu montrer que les contrats compensatoires, en plus d'assurer une garantie à plus longue échéance, permettent d'obtenir au moins les mêmes gains et même plus qu'avec le contrat.

Partie 3 : Recommandations

Les séances d'expérimentations effectuées dans le cadre du marché électronique intelligent des copeaux de bois ne peuvent apporter des conclusions solides sur le mécanisme utilisé. Un plus grand nombre de séances est nécessaire afin de confirmer toute analyse. Néanmoins, il est possible d'exploiter l'apprentissage tiré des expérimentations pour mieux élaborer les suivantes. Plusieurs axes d'expérimentations méritent d'être approfondis. Notamment en créant des expérimentations au cours desquelles le nombre de rondes serait illimité (taux de convergence à l'optimum), en y intégrant les concepts de collusion, de pouvoirs de marchés inégaux ou de modification du nombre de participants. Finalement, nous avons effleuré qu'une partie de la panoplie de sujets mis à notre disposition et beaucoup d'autres expérimentations peuvent être effectuées. Pouvons néanmoins tirer une série de leçons des nos séances d'expérimentations.

Commentaires généraux et conclusion générale

Tous les agents ont essayé de "battre" le marché, i.e. d'obtenir un prix favorable en optant pour une stratégie de réduction. Une stratégie de réduction consiste pour un acheteur à restreindre la quantité demandée afin de diminuer le prix à payer sur les quantités obtenues. Pour un vendeur, ceci consiste à restreindre la quantité offerte afin d'augmenter le prix reçu sur les unités vendues. Lorsque le prix est manipulé par un agent en faveur de celui-ci, le gain par unité achetée ou vendue augmente, par contre le nombre d'unités achetées ou vendues diminue. Ceci peut avoir comme impact d'augmenter le surplus d'un agent. Cependant une réduction trop prononcée implique une grande réduction des quantités et bien souvent un gain inférieur à celui obtenu en misant ses véritables préférences. Ces comportements stratégiques ont eu pour effet de générer des pertes sèches assez forte au début des séances. Certains y ont gagnés, certains y ont perdus. Après plusieurs expérimentations, 75% des agents ont opté pour une mise simple qui consiste à miser très près de ses véritables préférences.

Plusieurs aspects du marché utilisé incitent les agents à opter pour cette mise simple :

Dans le cas d'enchère double, les acheteurs et les vendeurs sont actifs sur le marché. Ceux-ci ont réalisé qu'en plus d'avoir à anticiper la stratégie des autres vendeurs, ils doivent anticiper la stratégie des acheteurs. Ce qui impliquent beaucoup de stratégies et d'allocations possibles, i.e. les agents font face à un risque élevé en essayant de "battre" le marché. Il est très difficile de cerner exactement la stratégie optimale, chaque agent misent donc de plus en plus souvent près de ses vraies préférences lors de la dernière ronde. De plus, à prix donné, c'est la mise qui assure un maximum de quantité.

La présence de contrats compensatoires et d'intégration verticale sur le marché électronique rend la stratégie de réduction moins fructueuse. On peut constater que la manipulation du marché favorise soit les vendeurs, soit les acheteurs ou soit aucun des deux (dans le cas de dilemme du prisonnier). Mais les participants intégrés sont à la fois acheteur et vendeur sur le marché. En tentant de faire augmenter le prix ou de le diminuer, cette stratégie défavorisera nécessairement un des côtés du marché. Dans le cas des contrats compensatoires, en tentant de manipuler le marché à son avantage, ceci augmente la compensation à verser ou diminue la compensation à recevoir, il y a donc un transfert de richesse entre les deux partis. Donc les stratégies de

réduction sont moins prisées par les participants dans ces deux cas, et ceux-ci jouent plus près de leur vecteur privé.

Les objectifs d'expérimentations ont été atteints en grande partie au cours des séances :

On a montré sans équivoque la performance du modèle d'optimisation sous-jacent au système informatique. Le logiciel-prototype du marché électronique des copeaux de bois s'est révélé fiable à l'usage. Les agents s'adaptent facilement à celui-ci après de bonnes explications et quelques heures d'utilisation. De plus, l'utilisation du système a permis d'améliorer les gains (par rapport à ceux obtenus par le contrat à long terme) dans 88% des cas. Le mécanisme de tâtonnement utilisé a été mis à l'épreuve au cours des séances d'expérimentations. L'efficacité de ce mécanisme a été de 82,89% en moyenne pour la totalité des expérimentations. C'est-à-dire que 17,11 % de perte sèche a été généré avec l'utilisation du marché électronique intelligent, les acheteurs et les vendeurs s'accaparant 82,89% du surplus total (i.e. du surplus maximal échangeable). On peut tirer une conclusion à partir de toutes ces expérimentations : les agents ont modifié leurs comportements stratégiques, alors qu'au départ la méconnaissance du système et de l'impact sur les gains de diverses stratégies a entraîné des pertes sèches importantes, l'efficacité du système s'est considérablement améliorée.

On peut tirer certaines recommandations de cette série d'expérimentations :

- **Densité du marché.**

Dans le cadre des expérimentations, le marché n'est pas suffisamment compétitif avec le nombre de participants choisis (4 acheteurs et 4 vendeurs). Les agents interagissent constamment et le mécanisme de rondes successives fait en sorte que ceux-ci surenchérissent pour obtenir de plus en plus de quantités, mais les agents attendent qu'à la toute dernière ronde pour révéler leur vraie préférence. Un agent possède beaucoup d'impact sur le prix, ce qui les incite d'autant plus à manipuler le marché. Il serait nécessaire d'avoir un nombre suffisant de participants pour que le marché soit efficace.

Nous concluons que ce marché doit être mise en œuvre seulement lorsqu'un nombre suffisant de participants y participent. Le nombre de participants requis varie s'il s'agit de négociation avec ou sans contrats compensatoires et le degré d'intégration des firmes. Deux firmes

- **Instaurer une règle d'arrêt (autre que le nombre de rondes)**

Le processus de rondes permet aux participants d'avoir une idée de l'état du marché et de s'adapter en conséquence. Ce processus nous semble essentiel. Néanmoins ceci a des désavantages. Un des problèmes est que les agents attendent souvent à la dernière ronde pour « ouvrir leur jeu ». Nous devons encourager les participants à miser plus, plus tôt. La règle d'éligibilité vise ceci. Une autre manière consiste à instaurer une règle d'arrêt sans un nombre fixe de rondes, i.e. la dernière ronde serait déterminée par les agissements des agents du marché. Par exemple, s'il n'y a aucune modification sensible du niveau des prix entre deux rondes, ceci entraînerait la fermeture du marché. Les agents seraient donc incités à miser plutôt leur vraie

valeur.

- **Modification de la règle d'éligibilité.**

Les règles d'éligibilité (ou d'activité) fonctionnent relativement bien. Néanmoins dans les premières séances, certains participants ont mal compris le système et on fait des erreurs; la règle d'éligibilité les a empêché d'obtenir les quantités désirées.

- **Formation des participants.**

À la lumière des expérimentations, la formation des participants nous semble essentielle. L'efficacité du marché s'est considérablement améliorée lorsque les participants sont devenus plus expérimentés. Nous attribuons ceci au fait que les participants faisaient trop de réduction et qu'avec l'expérience ils ont appris les limites de cette stratégie. Les participants ont aussi pris du temps à comprendre comment la présence de contrats compensatoires devaient modifier leur stratégie. Ceci illustre le rôle de la formation pour encourager l'efficacité du marché.

- **Prix unique.**

Tant qu'un agent possède une influence sur le niveau des prix, certains seront incités à faire de la réduction, ce qui diminuera l'efficacité du mécanisme. En effet, le mécanisme utilisé n'incite pas toujours les agents à miser leurs vraies valeurs. Ceci découle du principe d'un prix unique pour toute les quantités achetées ou vendues d'un participant.

Pour limiter les incitations à faire de la réduction, le marché optimisé proposé doit être insérer parmi un ensemble d'outil de négociation : contrat compensatoire et marché spot. Ainsi les copeaux négociés ne seront pas nécessairement négociés aux même prix.