

**Allocative Efficiency of Markets with Zero-Intelligence Traders : Le marché com  
substitut partiel à la rationalité individuelle**



Dhananjay K. Gode ; Shyam Sunder

*The Journal of Political Economy*, Vol. 101, No. 1 (Feb., 1993), 119-137.

URL stable :

[http://links.jstor.org/sici?sici=0022-380890281993029029101903A1903C1199\\*3AAEOMWZ903E2.0.CO9\\*3B2-3](http://links.jstor.org/sici?sici=0022-380890281993029029101903A1903C1199*3AAEOMWZ903E2.0.CO9*3B2-3)

*Le Journal of Political Economy* est actuellement publié par The University of Chicago Press.

---

Votre utilisation des archives JSTOR indique que vous acceptez les conditions d'utilisation de JSTOR, disponibles à l'adresse <http://www.jstor.org/about/terms.html>. Les conditions d'utilisation de JSTOR prévoient notamment que, sauf autorisation préalable, vous ne pouvez pas télécharger un numéro entier d'une revue ou plusieurs copies d'articles, et que vous ne pouvez utiliser le contenu des archives JSTOR que pour votre usage personnel et non commercial.

Veillez contacter l'éditeur pour toute utilisation ultérieure de cet ouvrage. Les coordonnées de l'éditeur peuvent être obtenues à l'adresse suivante : <http://www.jstor.org/journals/ucpress.html>.

Chaque copie d'une partie d'une transmission JSTOR doit contenir la même mention de copyright que celle qui apparaît sur l'écran ou la page imprimée de cette transmission.

---

JSTOR est une organisation indépendante à but non lucratif qui se consacre à la création et à la préservation d'archives numériques de revues savantes. Pour plus d'informations sur JSTOR, veuillez contacter [support@jstor.org](mailto:support@jstor.org).

# Efficacité allocative des marchés avec Les traders à intelligence zéro : Le marché comme substitut partiel à la rationalité individuelle

---

Dhananjay K. Gode et Shyam Sunder

*Université Carnegie Mellon*

Nous présentons des expériences de marché dans lesquelles les négociants humains sont remplacés par des programmes à "intelligence zéro" qui soumettent des offres aléatoires. L'imposition d'une contrainte budgétaire (c'est-à-dire l'interdiction pour les négociants de vendre en dessous de leurs coûts ou d'acheter au-dessus de leurs valeurs) suffit à porter l'efficacité allocative de ces enchères à près de 100 %. L'efficacité allocative d'une double enchère découle en grande partie de sa structure, indépendamment de la motivation, de l'intelligence ou de l'apprentissage des opérateurs. La main invisible d'Adam Smith est peut-être plus puissante que certains ne le pensaient ; elle peut générer une rationalité globale non seulement à partir d'une rationalité individuelle, mais aussi à partir d'une irrationalité individuelle.

Becker (1962) a prouvé que plusieurs caractéristiques fondamentales de l'économie, telles que les fonctions de demande à pente descendante et les fonctions d'offre à pente ascendante, peuvent être dérivées comme des conséquences *au niveau du marché* du comportement de choix des agents soumis à une contrainte budgétaire. Il a souligné que "les ménages peuvent être irrationnels et les marchés tout à fait rationnels"

Une version antérieure de cet article, "Human and Artificially Intelligent Traders in Computer Double Auctions", a été présentée lors des réunions de l'Economic Science Association à Tucson, Arizona, le 29 octobre 1989. Nous avons bénéficié des commentaires reçus lors de cette réunion et des ateliers organisés au Santa Fe Institute, à l'université de Yale, à l'université de Bonn, à l'université de Kobe, à l'Indian Institute of Management à Ahmedabad, à l'Universitat Pompeu Fabra, à l'université du Minnesota et à l'université Carnegie Mellon. Nous avons également reçu des commentaires utiles de Colin Camerer, Robyn Dawes, Stacey Jacobs, John Ledyard, Ramon Marimon, John Miller, Tom Palfrey, Charles Plott, José Scheinkman, Manjula

Shyam, Vernon Smith et d'un arbitre anonyme. Cette recherche a bénéficié du soutien financier du Margaret and Richard M. Cyert Family Funds, de la Deloitte & Touche Foundation et de la National Science Foundation dans le cadre du contrat SES89-12552.

(Journal de l'économie politique, 1993, vol. 101, no. 1)

© 1993 par l'Université de Chicago. Tous droits réservés. 0022-3808/95/0101-0003\$0 1.50

(p. 8) et que nous ne devrions pas imputer toutes les irrationalités observées chez les individus aux marchés ou imputer toute la rationalité des marchés à leurs participants.

Smith (1962) a démontré que le tâtonnement walrasien, dirigé par un commissaire-priseur central, n'est pas nécessaire pour que les résultats du marché se rapprochent de l'équilibre économique, même avec une poignée d'opérateurs. Smith a modélisé ses marchés de classe simples en s'inspirant de la double enchère des bourses de valeurs et de marchandises. Ces marchés sont des systèmes décentralisés dans lesquels chaque contrat est contraignant. Ces marchés permettaient aux négociants - pour la plupart des étudiants motivés par l'argent ou les crédits de cours - d'extraire pratiquement 100 % du surplus maximum exploitable (c'est-à-dire de l'équilibre). Les prédictions d'équilibre de la théorie économique peuvent décrire avec précision les résultats de nombreux mécanismes d'échange, et pas seulement le tâtonnement walrasien, dans une variété d'environnements (voir Plott [1982] pour une étude).

La performance d'une économie est le résultat conjoint de sa structure institutionnelle, de son environnement de marché et du comportement de ses agents. La structure institutionnelle est définie par les règles qui régissent les échanges, l'environnement du marché par les goûts des agents et leurs dotations en informations et en sources, et le comportement des agents par leur stratégie commerciale (voir Smith 1982). La théorie économique standard repose sur deux hypothèses spécifiques : le comportement de maximisation de l'utilité et l'institution du tâtonnement walrasien. Becker a montré que les prévisions de la théorie économique au niveau du marché sont compatibles avec des comportements individuels plus généraux que la maximisation de l'utilité, tandis que Smith a montré que ces prévisions sont compatibles avec des mécanismes d'échange plus généraux que le tâtonnement walrasien.

Le présent document est une tentative de synthèse de ces généralisations fondamentales

Becker et Smith. Becker supposait que les fonctions d'offre et de demande produisaient des résultats d'équilibre par le biais du mécanisme traditionnel de tâtonnement ; les sujets de Smith étaient motivés par la recherche de profits commerciaux. Nous montrons qu'une double enchère, un mécanisme de marché non walrasien, peut maintenir des niveaux élevés d'efficacité allocative même si les agents ne maximisent pas ou ne recherchent pas les profits. Dans sa magnitude de premier ordre, l'efficacité allocative semble être une caractéristique de la structure du marché et de l'environnement ; la rationalité des négociants individuels ne représente qu'une fraction relativement faible (magnitude de deuxième ou troisième ordre) de l'efficacité.

Il n'est pas possible de contrôler le comportement commercial des individus. Les traders humains diffèrent dans leurs attentes, leurs

attitudes face au risque, leurs préférences pour l'argent par rapport à l'appréciation du trading en tant que jeu, et bien d'autres aspects. Le problème de la séparation des effets conjoints de ces variations, non observables par le chercheur, peut être atténué par l'étude des résultats du marché avec des participants qui suivent des règles spécifiques.

des règles de comportement. Nous avons donc remplacé les traders humains par des programmes informatiques.

Pour isoler l'effet des règles du marché et du comportement des agents sur la performance du marché, nous procédons en trois étapes. Tout d'abord, dans la section I, nous sélectionnons deux types de participants au marché : les négociants humains motivés par le profit et les négociants mécaniques à "intelligence zéro" (ZI). Ensuite, dans la section II, nous observons les performances d'une double enchère avec des négociants humains et avec des négociants à intelligence zéro. Dans un ensemble de marchés ZI, les négociants sont soumis à la contrainte budgétaire ; dans le second ensemble de marchés ZI, la contrainte budgétaire est absente. Troisièmement, dans les sections III et IV, nous comparons ces observations afin d'isoler les caractéristiques de performance des marchés, qui peuvent être attribuées à leur structure. La section V contient un résumé et quelques remarques finales.

## I. Commerçants

La performance des marchés avec des traders humains (étudiants diplômés en commerce) est comparée à la performance des marchés avec des traders automatiques. Chaque négociant ZI a généré des offres aléatoires (selon qu'il était acheteur ou vendeur) distribuées de manière indépendante, identique et uniforme sur l'ensemble de la gamme réalisable des prix de négociation de 1 à 200 : [probabilité(offre =  $i$ ) =  $1/200$  ;  $i = 1, 2, \dots, 200$ ] et [probabilité(offre =  $j$ ) =  $1/200$  ;  $y = 1, 2, \dots, 200$ ]. Il n'a pas d'intelligence, ne cherche pas à maximiser ses profits et n'observe pas, ne se souvient pas et n'apprend pas. Il semble approprié de le qualifier de "trader à intelligence zéro".

Alors que les traders humains étaient uniques, 12 traders ZI identiques ont participé à chaque marché. Les expériences ont été menées au Carnegie Mellon's Laboratory for Market Design à l'aide du logiciel Market-2001, qui permet aux traders humains et aux machines d'opérer dans le même environnement.

## II. Mécanisme de marché

Une double enchère est un processus multilatéral dans lequel les acheteurs et les vendeurs peuvent librement entrer des ordres à cours limité (offres ou demandes) et accepter des offres ou des demandes.

Ces traders ZI ne sont pas conçus comme des modèles descriptifs du comportement individuel. Pour les modèles stratégiques de comportement individuel, voir Garcia (1980), Garcia et Zangwill (1981) et Wilson (1987) ; pour les modèles non stratégiques, voir Easley et Ledyard (1992) et Friedman (1984, 1991) ; et pour les algorithmes de négociation à double enchère, voir Rust, Palmer et Miller (1992). Dans

le sens où Friedman (1991) et Easley et Ledyard (1992) se sont éloignés de la modélisation stratégique du comportement individuel, le modèle ZI peut être considéré comme une extension de leur idée jusqu'à une limite extrême. Voir également Cason et Friedman (1992) pour une comparaison empirique des prédictions des modèles de Wilson (1987) et Friedman (1991) par rapport au modèle ZI.

les offres introduites par d'autres. Nous avons choisi ce mécanisme pour deux raisons. Premièrement, les principaux marchés d'actions, de matières premières, de devises et de nombreux autres marchés sont organisés sous forme d'enchères doubles. Deuxièmement, on sait que les doubles enchères en laboratoire avec des négociants humains produisent des données qui se rapprochent des prévisions d'équilibre de la théorie économique dans une variété d'environnements.

Dans une double enchère, tout acheteur peut faire une offre en indiquant son identité, le prix unitaire et la quantité. Le même acheteur ou d'autres acheteurs peuvent ensuite augmenter leur offre. De même, tout vendeur peut faire une offre en indiquant la quantité et le prix. Si les offres et les demandes coïncident ou se croisent, une transaction contraignante a lieu. Tout acheteur est libre d'accepter la demande en suspens et tout vendeur est libre d'accepter l'offre en suspens à tout moment pour conclure une transaction.

Il existe plusieurs variantes de la double enchère. Nous avons fait trois choix pour simplifier notre mise en œuvre de la double enchère. Chaque offre, demande et transaction est valable pour une seule unité. Une transaction annule les offres d'achat et de vente non acceptées. Enfin, lorsqu'une offre et une demande se croisent, le prix de la transaction est égal au premier des deux.

Chaque double enchère était composée de 12 opérateurs, également répartis en deux groupes : les acheteurs et les vendeurs. Le mécanisme de valeur induite de Smith (1976) a été utilisé pour mettre en œuvre la demande et l'offre sur ces marchés. Chaque marché s'est déroulé sur six périodes d'une durée déterminée (4 minutes pour les négociants humains et 30 secondes pour les négociants automatiques). Nous avons choisi la durée de chaque période afin de laisser suffisamment de temps pour les échanges. Au début de chaque période, chaque acheteur a reçu le droit d'acheter une ou plusieurs unités d'un produit non spécifié. L'acheteur était informé en privé de la valeur de rachat  $r_i$  de chaque unité  $i$ , et le profit de l'acheteur pour l'achat de cette unité au prix  $p$ , était donné par  $o_i - p_i$ . Les valeurs de rachat  $u_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, 12$ , définissent la fonction de demande de l'acheteur individuel pour le produit. Les valeurs de rachat de chaque acheteur étant privées, la fonction de demande du marché était inconnue des acheteurs. Au début de chaque période, les vendeurs étaient dotés du droit de vendre une ou plusieurs unités de la marchandise,  $c$  ; étant le coût de la  $i$ ème unité pour le vendeur. Le profit du vendeur sur la vente de la  $i$ ème unité au prix  $p$  est  $p_i - c_i$ . Les vendeurs n'ont pas de coûts fixes et n'encourent des coûts que pour les unités vendues. La fonction d'offre du marché était inconnue des vendeurs. Chaque négociant devait négocier la  $i$ ème unité avant de négocier la  $(z + 1)$ ème unité.<sup>9</sup> Les points gagnés par les négociants humains étaient inclus dans le système de notation d'un cours crédité.

Les règles du marché imposent une contrainte budgétaire aux



participants en

Les marchés à double enchère avec une seule unité par opérateur donnent également des résultats similaires à ceux rapportés ici (voir Gode et Sunder 1992f).

en exigeant des commerçants qu'ils règlent leurs comptes. Comme l'a montré Becker (1962), le simple fait d'imposer une contrainte budgétaire au comportement d'un agent aléatoire induit suffisamment de régularité dans le comportement global du marché pour produire des fonctions de demande à pente descendante et des fonctions d'offre à pente ascendante. Pour étudier les conséquences de la contrainte budgétaire ou de la discipline de marché, nous avons placé les négociants ZI dans deux versions de la double enchère.

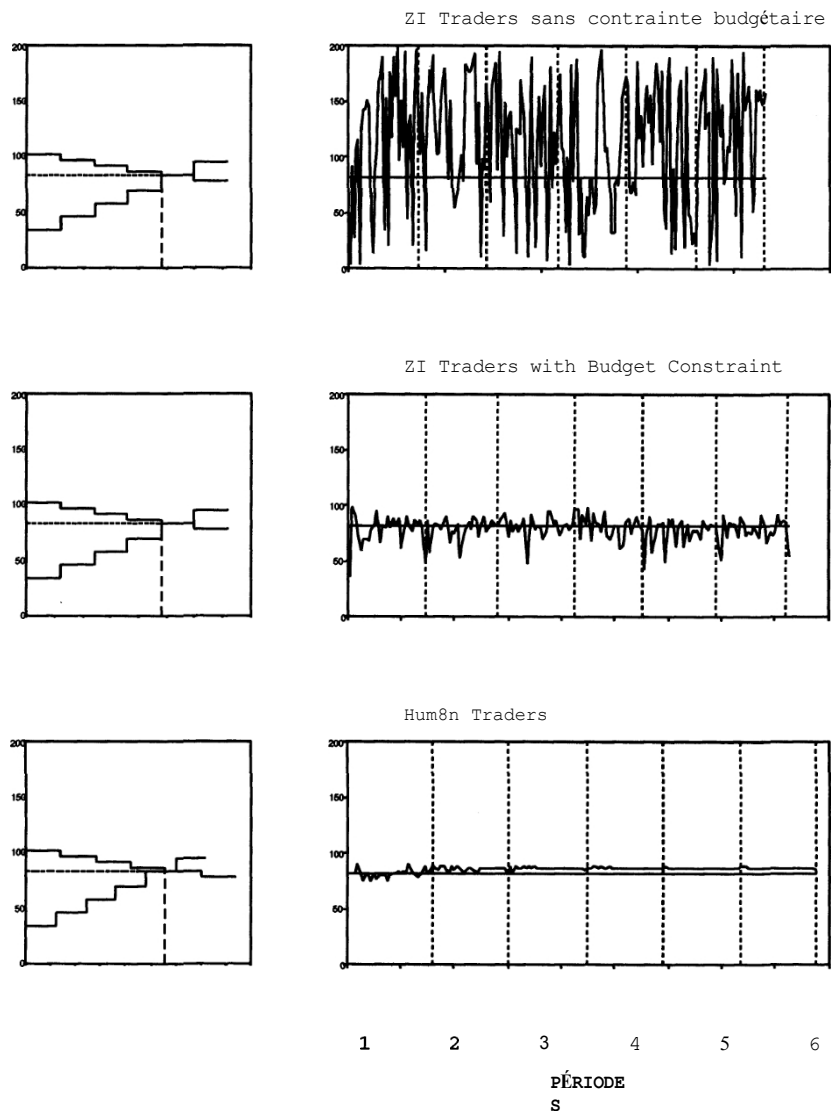
Dans la première version, les traders ZI étaient soumis à la contrainte budgétaire : s'ils généraient une offre d'achat supérieure à leur valeur de remboursement ou une offre de vente inférieure à leur coût, ces actions étaient considérées comme non valables et étaient ignorées par le marché. En d'autres termes, le marché interdisait aux opérateurs d'acheter ou de vendre à perte, car ils n'auraient alors pas été en mesure de régler leurs comptes. Par conséquent, le support de la distribution qui a généré les offres aléatoires uniformes était limité entre un et la valeur de rachat de l'enchérisseur. De même, la distribution uniforme des demandes aléatoires a été limitée à la fourchette comprise entre le coût du vendeur et 200. Ces marchés sont appelés "ZI avec contrainte" (ZI-C). Dans la deuxième version, les négociants ZI ont été libérés de la discipline de marché. La contrainte budgétaire a été supprimée et des offres d'achat et de vente aléatoires ont été autorisées sur l'ensemble de la fourchette (1-200) sans tenir compte des valeurs de rachat des acheteurs et des coûts des vendeurs.

Les acheteurs et les vendeurs étaient libres de s'engager dans des transactions perdant de l'argent qu'ils ne pouvaient pas régler. Cette version des marchés est appelée "ZI sans contrainte" (ZI-U). La différence entre les performances des marchés humains et celles des marchés ZI-C est imputable aux caractéristiques systématiques des opérateurs humains. Si les opérateurs ZI-C peuvent être considérés comme ayant une rationalité nulle, cette différence de performance serait une mesure de la contribution de la rationalité humaine à la performance du marché. D'autre part, la différence entre la performance des marchés qui imposent une contrainte budgétaire aux opérateurs ZI et la performance de ceux qui ne l'imposent pas est imputable à la discipline de marché. Les opérateurs n'ont pas d'intelligence ni sur le marché ZI-U ni sur le marché ZI-C ; le marché ZI-C empêche les opérateurs de s'engager dans des transactions qu'ils ne peuvent pas régler. Par conséquent, nous pouvons attribuer les différences dans les résultats du marché à la discipline imposée par la double enchère sur le marché ZI-U. commerçants.

### III. Paramètres du marché

Les calendriers de l'offre et de la demande figurent à gauche des figures 1

à 5, à côté des graphiques des prix de transaction. Les sujets ont reçu la même dotation en valeurs de rachat ou en coûts pour toutes les périodes d'un marché. Nous avons choisi les cinq séries de calendriers de l'offre et de la demande pour obtenir un large éventail de prix d'équilibre (de 69 en



Fic. I.-Fonctions d'offre et de demande et séries chronologiques de prix de transaction (marché 1)

marché 2 à 170 sur le marché 4) et les volumes (de 6 sur le marché 3 à 24 sur le marché 1)". Dans tous les cas, il existe un prix d'équilibre unique. Dans les mar-

Les sessions de négociants humains avaient un acheteur supplémentaire sur les marchés 1 et 2 et un vendeur supplémentaire sur les marchés 3 et 4. Par conséquent, le calendrier de la demande pour les sessions de négociants en services humains des marchés 1 et 2 et les calendriers de l'offre pour les sessions de négociants en services humains des

marchés 3 et 4 sont légèrement différents des calendriers de l'offre pour les autres sessions, comme le montrent les figures 1 à 4. 1-4.

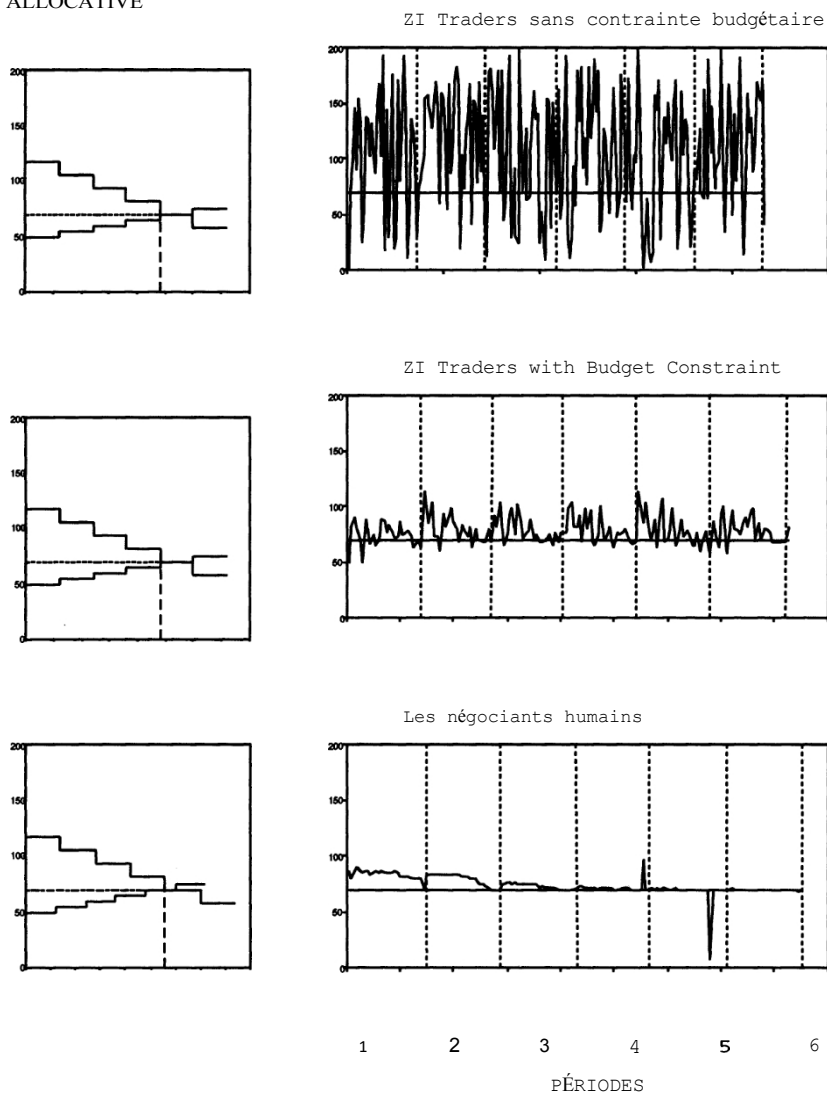
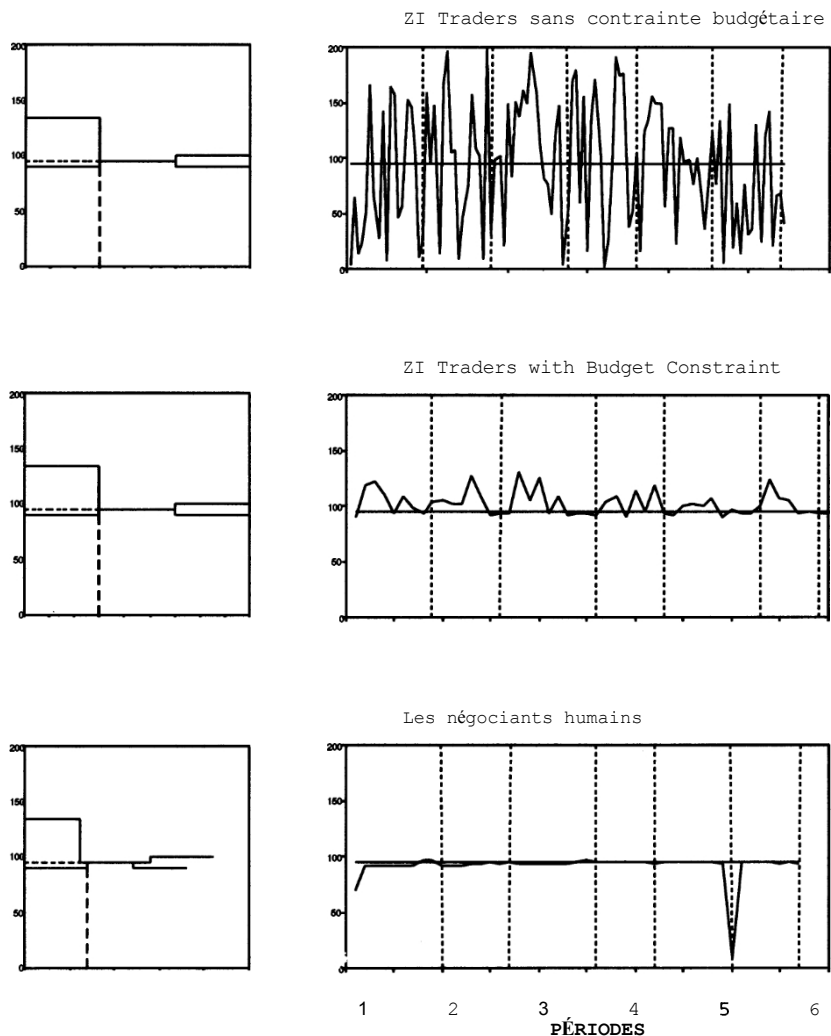


Fig. 2.-Fonctions d'offre et de demande et séries chronologiques de prix de transaction (marché 2)

ket 5, les coûts et les valeurs de rachat de toutes les unités de plusieurs acheteurs et vendeurs ont été placés juste au-delà du point d'équilibre, ce qui rend difficile l'atteinte d'une efficacité de 100 % dans la double enchère.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Nous sommes reconnaissants à C.harles Plott de nous avoir suggéré ce modèle. Les opérateurs dont les premières unités se situent juste au-delà de la marge ont plus de chances de pouvoir déplacer certaines unités intramarginales par des transactions

agressives dans une double enchère.



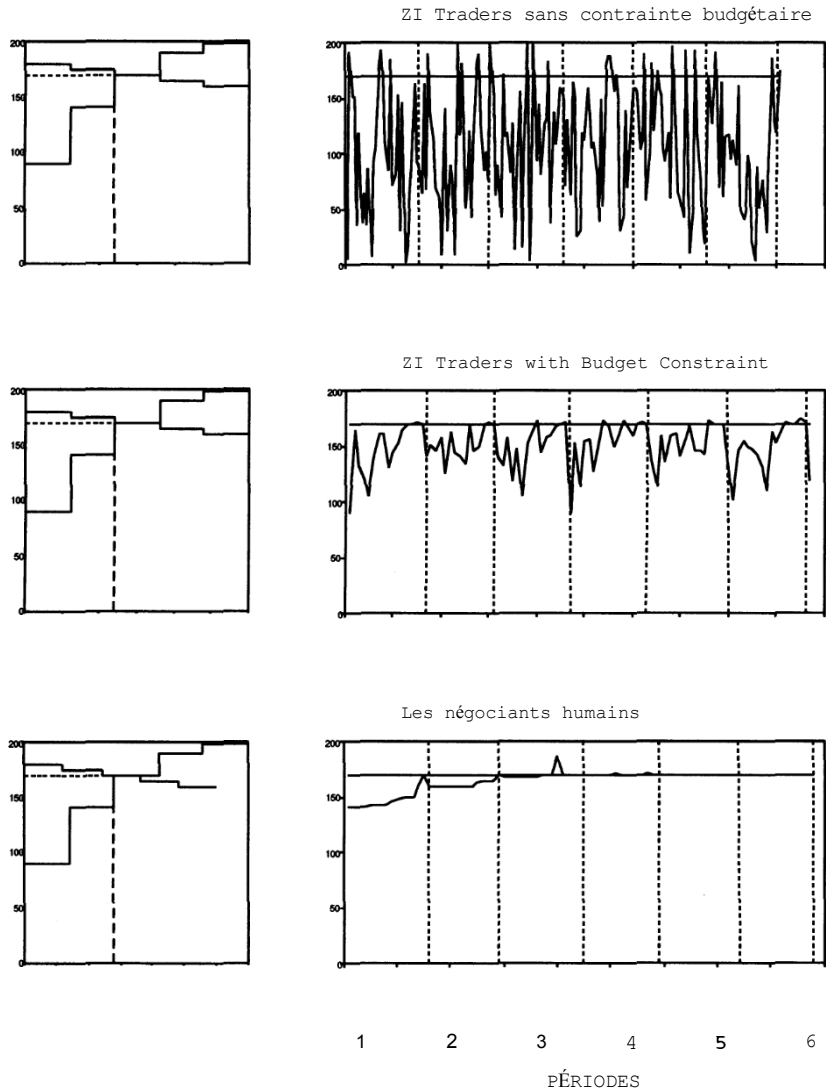
Fic. 3.-Fonctions d'offre et de demande et séries chronologiques de prix de transaction (marché 3)

#### IV. Résultats

##### *Prix*

Le premier panneau de la figure 1 montre les prix des transactions sur le marché 1 avec les opérateurs ZI-U (les figures 2 à 5 présentent des graphiques similaires pour les quatre autres marchés). Les prix sur ce marché ne présentent pas de schéma systématique et n'ont pas tendance à converger vers un niveau spécifique. Cette série de prix est la conséquence d'un comportement individuel aléatoire en l'absence de discipline de marché.





Fic. 4.-Fonctions d'offre et de demande et séries chronologiques de prix de transaction (marché 4)

En revanche, le troisième panneau de la figure 1 montre les prix de transaction pour le marché 1 avec des négociants humains. Après quelques ajustements initiaux, les prix sur les marchés de négociants humains s'établissent à proximité du prix d'équilibre (indiqué par une ligne horizontale continue dans tous les panneaux de la figure 1). Ces marchés se caractérisent par la stabilité des prix et des volumes. Tant le prix que le volume sont proches du point d'intersection des fonctions d'offre et de demande. Cette série de prix est la conséquence

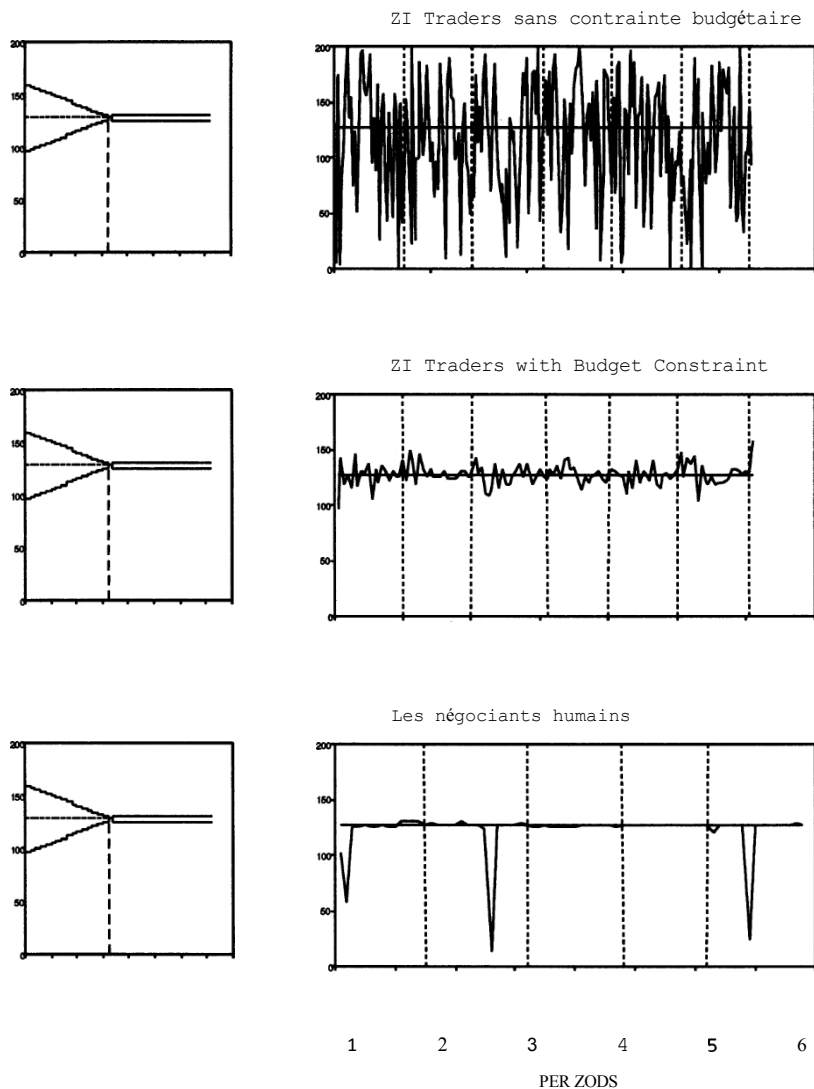


Fig. 5.-Fonctions d'offre et de demande et séries chronologiques de prix de transaction (marché 5)

de soumettre à la discipline du marché des opérateurs humains intelligents et motivés par le profit.

La principale question abordée dans l'article est la suivante : quelle part de la différence entre les résultats du marché avec des traders ZI-U et ceux avec des traders humains est attribuable à l'intelligence et à la motivation du profit, et quelle part est attribuable à la discipline du marché (voir panneaux) ?

1 et 3 des fig. 1-5) ? Les panneaux du milieu des figures 1 à 5 montrent les séries temporelles des prix sur les marchés 1 à 5 lorsqu'ils étaient peuplés par les négociants ZI-C.

Trois caractéristiques de la série de prix ZI-C méritent d'être soulignées. Premièrement, contrairement aux données des traders humains du panneau 3 et aux données des traders ZI-U du panneau 1, cette série ne montre aucun signe d'apprentissage d'une période à l'autre ; les séries de chaque période sont statistiquement identiques. Il faut s'y attendre car les traders du ZI ne peuvent ni se souvenir ni s'adapter. Deuxièmement, la volatilité de cette série de prix est supérieure à la volatilité de la série de prix des marchés humains, mais inférieure à la volatilité des marchés ZI-U. Il suffit d'imposer une contrainte budgétaire aux opérateurs ZI pour que la performance du marché se rapproche de celle des marchés humains. Troisièmement, la série de prix ZI-C, bien que plus volatile que la série de prix des marchés humains, converge lentement vers l'équilibre au cours de chaque période. Cela peut être confirmé par la figure 6, qui représente l'écart quadratique moyen des prix de transaction par rapport au prix d'équilibre, moyenné sur les six périodes d'un marché. Les marchés avec des traders ZI-U ne convergent pas, les marchés avec des traders humains convergent rapidement et les marchés avec des traders ZI-C convergent lentement vers le prix d'équilibre. La régression de l'écart quadratique moyen sur le numéro de séquence de la transaction donne des pentes significativement négatives pour les marchés ZI-C mais pas pour les marchés ZI-U. À la fin d'une période, la série de prix sur les marchés ZI-C converge vers le niveau d'équilibre presque aussi précisément que la série de prix des marchés humains. Les résultats de la régression pour ZI-C sont présentés dans le tableau 1.

Étant donné que les traders ZI ne se souviennent pas des événements survenus au cours de la période actuelle ou des périodes antérieures, cette convergence ne peut être attribuée à l'apprentissage tiré de la participation au marché. Au contraire, la différence entre les panneaux du haut et du milieu des figures 1 à 5 est due uniquement au rétrécissement progressif des ensembles d'opportunités des opérateurs ZI-C. L'extrémité gauche de la fonction de demande du marché représente les unités ayant des valeurs de rachat plus élevées. L'extrémité gauche de la fonction de demande du marché représente les unités dont les valeurs de rachat sont plus élevées. Les valeurs attendues des offres générées pour ces unités par les négociants ZI-C sont également plus élevées. Par conséquent, ces unités sont susceptibles d'être échangées plus tôt que les unités situées plus bas dans la fonction de demande de marché. Au fur et à mesure que les unités de plus grande valeur sont échangées, l'extrémité supérieure du support des offres ZI-C se déplace vers le bas. De même, lorsque les unités à faible coût sont vendues plus tôt au cours d'une période, l'extrémité inférieure du support des offres ZI-C se déplace vers le haut.

Cela signifie que l'éventail des prix de transaction possibles se rétrécit au fur et à mesure que le nombre d'unités échangées augmente. Bien que les unités individuelles puissent ne pas être échangées dans l'ordre dans lequel elles apparaissent dans les fonctions d'offre et de demande du marché, il y a une plus grande probabilité que la dernière transaction représente le prix de l'unité.

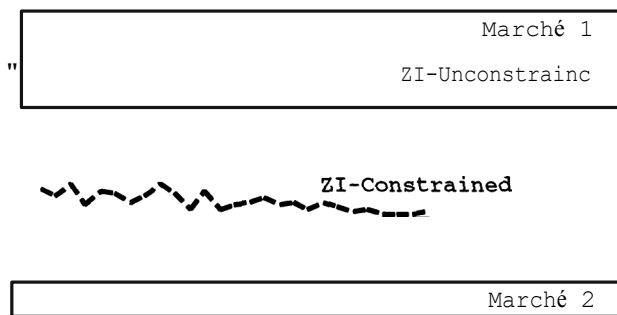


Fig. 6.-Écart quadratique moyen des prix par rapport à l'équilibre

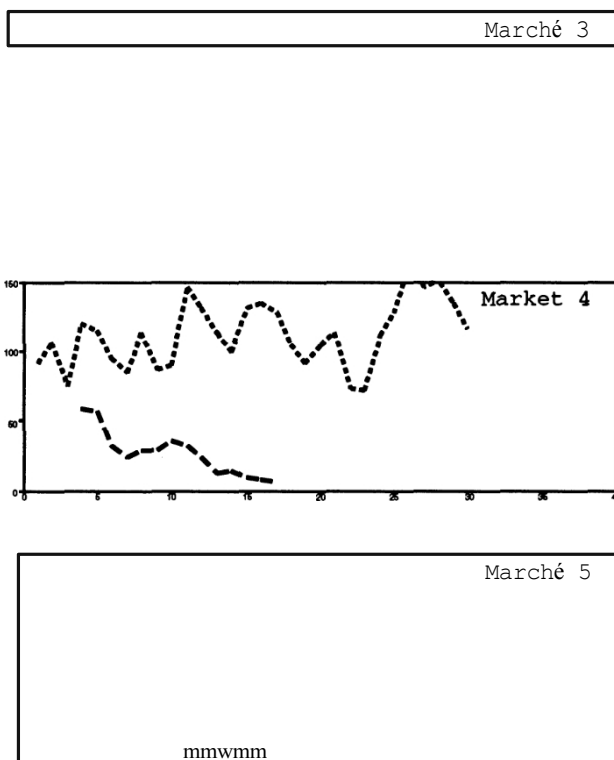


TABLEAU 1  
RÉSULTATS DE LA RÉFÉRENCE POUR LA  
ZI-C (Fig. 6)

Marché	Beta (Standard Error)	R <sup>2</sup>
1	-.64 (.10)	.60
2	-.61 (.08)	.66
3	- 1.23 (.60)	.41
4	-3.59 (.52)	.79
5	-.83 (.14)	.65

L'écart quadratique moyen de la racine est égal à la constante plus bêta multiplié par le numéro de séquence de la transaction.

Le prix d'équilibre est un échange entre l'acheteur marginal et le vendeur marginal.<sup>5</sup> Si le surplus associé aux unités marginales est plus faible, l'éventail des prix de transaction réalisables est également plus étroit, ce qui augmente la probabilité que les prix du marché convergent vers le prix d'équilibre. Si les unités marginales impliquent un surplus plus important, la convergence sera en conséquence moins précise. Dans les deux cas, la convergence des prix de transaction vers la proximité du prix d'équilibre théorique sur les marchés ZI-C est une conséquence de la discipline de marché ; les tentatives des opérateurs de maximiser leurs profits, ou même leur capacité à se souvenir ou à s'informer des événements du marché, ne sont pas nécessaires à c e t t e convergence.

### *Efficacité*

A l'instar de Smith (1962), on peut définir l'efficience allocative des marchés comme le bénéfice total effectivement réalisé par l'ensemble des opérateurs divisé par le bénéfice total maximum qui aurait pu être réalisé par l'ensemble d e s opérateurs (c'est-à-dire la somme des surplus du producteur et du consommateur). La figure 7 et le tableau 2 montrent l'efficacité des cinq marchés, période par période, selon les trois modes de fonctionnement. L'efficacité des marchés avec des commerçants ZI-U est constante d'une période à l'autre (voir la ligne pointillée dans la figure 7). En l'absence de contrainte budgétaire, le nombre maximum possible d'unités (égal au plus petit du nombre total d'unités que les vendeurs sont autorisés à vendre et du nombre total d'unités que les acheteurs sont autorisés à acheter) est toujours échangé.

<sup>5</sup> La corrélation de Spearman entre l'ordre réel et l' ordre efficace des sur-plus extraits est, en moyenne, la plus élevée pour les opérateurs ZI-C (0,74), la plus faible pour les opérateurs ZI-U (0,42) et se situe entre les deux pour les opérateurs humains (0,52). La corrélation pour les opérateurs ZI-U (qui découle de la règle selon laquelle les unités de plus grande valeur/de moindre coût d'un opérateur donné doivent être échangées en premier) peut être considérée comme la corrélation de base pour ces marchés. Des corrélations plus élevées pour les marchés ZI-C suggèrent qu'une plus grande partie de leur efficacité peut être attribuée aux conséquences statistiques des règles du marché.

Les opérateurs humains, agissant de manière stratégique, peuvent être en mesure d'extraire le même surplus en dépit d'une corrélation plus faible entre l'ordre réel et l'ordre efficace des transactions.

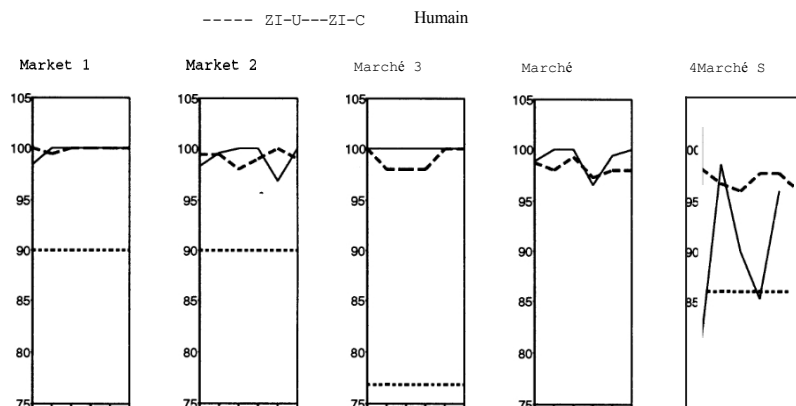


FIG. 7 - Efficacité par période (pourcentage du surplus total extrait) de cinq marchés. Contrairement aux marchés humains, l'efficacité des marchés ZI-U et ZI-C à chaque période est une variable aléatoire distribuée de manière indépendante et identique, sans changement d'une période à l'autre puisque ces négociants n'apprennent pas.

Non seulement le surplus positif total est extrait, mais le surplus négatif maximal possible l'est également. Le surplus négatif est extrait parce que les unités extramarginales sont échangées à perte. Par conséquent, l'efficacité de ces marchés dépend de la forme des fonctions de demande et d'offre à gauche et à droite du point d'équilibre.<sup>6</sup> Comme le montre le tableau 2, cette efficacité de base a été choisie pour se situer entre 48,8 % (pour le marché 4) et 90 % (pour les marchés 1 et 2). Lorsque l'on permet aux fonctions d'offre et de demande de s'étendre suffisamment loin à droite du point d'équilibre, il est possible d'abaisser cette efficacité sans limite (y compris à des niveaux négatifs).

L'efficacité des marchés humains est de 100 % dans la plupart des périodes, avec un déficit occasionnel de quelques points de pourcentage dans tous les marchés sauf le marché 5 (voir la ligne continue dans la figure 7). Dans la plupart de ces marchés,

Gode et Sunder (19926) présentent des résultats expliquant pourquoi et comment la forme des fonctions de demande et d'offre à droite du point d'équilibre affecte l'efficacité attendue des enchères doubles.

TABLEAU 2

EFFICACITÉ MOYENNE DES MARCHÉS EN FIGURE 7

Commerce ants	Marché 1	Marché 2	Marché 3	Marché 4	Marché 5
ZI-U	90.0	90.0	76.7	48.8	86.0
ZI-C	99.9	99.2	99.0	98.2	97.1
Humain	99.7	99.1	100.0	99.1	90.2



L'efficacité a été inférieure à 100 pour cent au cours de la première période et a atteint presque 100 pour cent au cours des périodes suivantes. L'efficacité moyenne sur les 29 périodes des marchés humains 1-5 est de 97,9 %. Ce niveau d'efficacité est cohérent avec d'autres recherches sur les doubles enchères humaines. Les traders humains apprennent rapidement (en l'espace d'une ou deux périodes de trading) et restent ensuite pratiquement efficaces à 100 % pour les périodes restantes. L'efficacité des marchés humains n'est pas sensible à l'efficacité de base atteinte par les négociants ZI-U car les négociants humains à la recherche de profit refusent d'échanger des unités extra-marginales à perte.

Il est surprenant de constater que l'efficacité des marchés ZI-C ne se distingue guère de celle des marchés humains (voir la ligne en pointillé de la figure 7). La discipline de marché semble faire passer l'efficacité du niveau de base à une fourchette de 96 à 100 % (l'efficacité moyenne pour les cinq marchés est de 98,7 %). En l'absence de ces résultats, on aurait pu attribuer l'efficacité élevée des marchés avec des négociants humains à leur rationalité, leur motivation, leur mémoire ou leur apprentissage. Étant donné que nos traders ZI, dépourvus de ces facultés, affichent des performances comparables, la validité d'une telle attribution est douteuse. Il convient de noter que nous ne souhaitons pas affirmer que les traders humains se sont comportés comme nos traders ZI sur le marché". Ce que nous voulons dire, c'est que l'imposition d'une discipline de marché sur un comportement aléatoire et inintelligent suffit à faire passer l'efficacité du niveau de base à près de 100 % dans le cadre d'une double enchère. L'effet des motivations et des capacités cognitives humaines n'a au mieux qu'une magnitude de second ordre.

### *Répartition des bénéfices entre les individus*

La figure 8 et le tableau 3 montrent l'écart quadratique moyen transversal entre les bénéfices réels et les bénéfices d'équilibre des négociants individuels. Alors qu'il n'y a pas de différences significatives dans la capacité des opérateurs humains et ZI-C à extraire le surplus total sur ces marchés à double enchère, il y a des différences significatives dans la façon dont ce surplus total est distribué entre les opérateurs individuels. La dispersion des profits est la plus grande sur les marchés ZI-U (voir la ligne en pointillé sur la figure 8) et la plus faible sur les marchés humains (voir la ligne continue).<sup>0</sup> Profit

Au cours de la période 5 du marché 2, un opérateur a commis une erreur de clavier d'un ordre de grandeur dans son offre, ce qui a entraîné l'échange d'unités extra-marginales réduisant l'efficacité.

Ce n'est manifestement pas le cas. Les marchés humains présentent un schéma de moindre efficacité au cours de la première période, suivi d'une plus grande efficacité au cours des périodes ultérieures ; la performance des traders ZI est, par construction,

statistiquement identique au cours de toutes les périodes.

Soit  $a_i$  et  $o_i$ , les profits d'équilibre réel et théorique de l'opérateur  $i$ ,  $i = 1, \dots, n$ . La dispersion des bénéfices est alors donnée par  $(\sum_{i=1}^n Z_i(a_i - o_i))^2$ .

<sup>0</sup> Une valeur occasionnellement élevée de ce coefficient sur les marchés humains s'est produite parce qu'une erreur de clavier d'un opérateur a entraîné une transaction à un prix très éloigné du prix d'équilibre et des prix des transactions adjacentes.

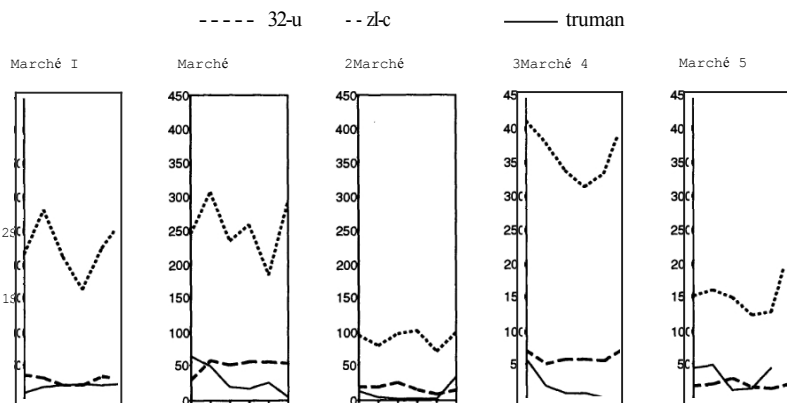


Fig. 8 - Différence quadratique moyenne par période entre les bénéfices réels et les bénéfices d'équilibre.

sur les marchés ZI-C (voir la ligne en pointillé) est proche de celle des marchés humains, mais son ampleur est plus grande. La dispersion des bénéfices diminue au cours des périodes ultérieures sur deux des cinq marchés humains. En l'absence de mémoire ou d'apprentissage, les marchés ZI ne présentent aucune tendance de ce type. Ces résultats suggèrent que, contrairement à l'efficacité globale, les aspects distributifs de la performance des marchés peuvent être sensibles à la motivation humaine et à l'apprentissage.

## V. Remarques finales

La principale cause de la grande efficacité allocative des doubles enchères est la discipline de marché imposée aux opérateurs ; l'apprentissage, l'intelligence ou la motivation du profit ne sont pas nécessaires. Cette même discipline de marché joue également un rôle important dans la convergence des prix de transaction vers les niveaux d'équilibre.

Nous avons examiné le comportement des marchés avec des négociants à intelligence zéro qui soumettent des offres aléatoires. Contrairement aux modèles évolutionnistes d'Alchian (1950) et de Nelson et Winter (1982), la sélection naturelle ne joue aucun rôle dans nos conclusions.

TABLEAU 3

MOYENNE DE L'ÉCARTEMENT MOYEN DES BÉNÉFICES EN BLGUAC 8

Commerçants	Marché 1	Marché 2	Marché 3	Marché 4	lvfarket 5
ZI-U	225.48	253.12	90.54	363.80	156.28

ZI-C	28.53	49.81	15.90	60.47	19.07
Humain	18.67	28.74	8.23	15.37	30.69

---

population des commerçants de ZI. L'absence de rationalité et de motivation des négociants semble être compensée par la structure du marché d'enchères sur lequel ils négocient. Les règles de cette vente aux enchères exercent une forte contrainte sur le comportement individuel.

Becker (1962) a montré que les changements de prix modifient l'ensemble des opportunités des consommateurs de telle sorte que, même s'ils choisissent au hasard dans cet ensemble, la fonction de demande attendue est inclinée vers le bas ; l'hypothèse de maximisation de l'utilité n'est pas nécessaire pour générer une pente vers le bas. Nos résultats sont analogues à ceux de Becker en ce sens que la convergence des prix vers l'équilibre et l'extraction de la quasi-totalité du surplus total semblent être des conséquences des règles de double enchère.

Nos résultats ont plusieurs implications intéressantes. Premièrement, l'extraction de surplus semble être une caractéristique de cette vente aux enchères et de l'environnement dans lequel elle se déroule ; il n'est pas nécessaire que les participants individuels s'efforcent de maximiser leurs profits pour extraire le surplus.<sup>1</sup>

Deuxièmement, étant donné que des formes plus fortes de rationalité individuelle réduisent la dispersion transversale des profits des commerçants, l'hypothèse de maximisation peut encore être tout à fait pertinente pour les considérations d'équité. Paradoxalement, la maximisation du profit semble être associée à une réduction, et non à une augmentation, de la dispersion des profits entre les individus. En outre, une plus faible variabilité des prix sur les marchés peuplés de négociants humains (qui tentent d'augmenter leurs profits) suggère que d'autres aspects du comportement du marché peuvent être sensibles au comportement de maximisation des profits.

Troisièmement, dans la littérature économique expérimentale, le pourcentage du surplus maximum possible extrait a souvent été utilisé comme un indice d'apprentissage et de rationalité et du contrôle atteint dans une économie expérimentale. De telles conclusions peuvent ne pas être appropriées pour les mécanismes de marché qui cèdent la totalité de leur surplus aux négociants ZI.

Quatrièmement, nous savons déjà que lorsque les marchés à double enchère se regroupent et diffusent des informations sur l'état du monde, les négociants humains peuvent améliorer de manière significative leur capacité à extraire un surplus grâce à l'apprentissage (voir Plott et Sunder 1982, 1988). Lorsqu'ils sont peuplés de négociants ZI, ces marchés peuvent être moins efficaces. D'autres travaux sont nécessaires pour distinguer les effets de la structure du comportement des négociants orientés vers le profit sur la performance du marché.

Enfin, nos résultats peuvent contribuer à réconcilier les prédictions de la théorie économique néoclassique avec sa critique

comportementale. Les modèles économiques supposent que les agents maximisent l'utilité pour dériver les équilibres du marché et les

" Gode et Sunder (1992c) examinent une catégorie plus large d'institutions économiques (divers types d'enchères scellées et d'enchères doubles) et montrent que même les marchés à enchères scellées peuvent être très efficaces avec des traders ZI au budget limité.

leurs implications en termes de bien-être. Comme cette maximisation n'est pas toujours cohérente avec les observations directes du comportement individuel, certains chercheurs en sciences sociales doutent de la validité des implications au niveau du marché des modèles fondés sur l'hypothèse de maximisation. Nos résultats suggèrent qu'une telle maximisation au niveau individuel n'est pas nécessaire pour l'extraction de surplus dans l'ensemble.<sup>10</sup> La main invisible d'Adam Smith est peut-être plus puissante que certains ne le pensaient : lorsqu'elle est incorporée dans des mécanismes de marché tels qu'une double enchère, elle peut générer une rationalité globale non seulement à partir de la rationalité individuelle, mais aussi à partir de l'irrationalité individuelle.

### Références

- Alchian, Armen A. "Incertitude, évolution et théorie économique". *J.P.E.* 58 (juin 1950) : 211-21.
- Becker, Gary S. "Irrational Behavior and Economic Theory", *J.P.E.* 70 (février 1962) : 1-13.
- Cason, Timothy N., et Friedman, Daniel. "An Empirical Analysis of Price Formation in Double Auction Markets". In *The Double Auction Market : Institutions, Theories, and Evidence*, édité par Daniel Friedman et John Rust. Santa Fe Inst. Studies in the Sciences of the Complexity. New York : Addison-Wesley, **1992**.
- Easley, David, et Ledyard, John. "Theories of Price Formation and Exchange in Double Oral Auctions". In *The Double Auction Market : Institutions, Theories, and Evidence*, édité par Daniel Friedman et John Rust. Santa Fe Inst. Studies in the Sciences of the Complexity. New York : Addison-Wesley, 1992.
- Friedman Daniel. "On the Efficiency of Experimental Double Auction Markets". *A.E.R.* 14 (mars 1984) : 60-72.
- . "A Simple Testable Model of Double Auction Markets". *J. Econ. Behavior and Organization* 15 (janvier **1991**) : 47-70.
- Garcia, Crisostomo B. "On the Dynamics of Prices to Equilibrium in a Double Auction Market". Document de travail. Chicago : Univ. Chicago, 1980.
- Garcia, Crisostomo B., et Zangwill, Willard I. "Price Convergence in a Dynamic Model of Securities". Document de travail. Chicago : Univ. Chicago, 1981.
- Gode, Dhananjay K., et Sunder, Shyam. "A Comparative Analysis of Efficiency of Economic Institutions with Zero Intelligence Traders". Working Document n°. **1992-23**. Pittsburgh : Université Carnegie Mellon, **1992**. (a)
- . "Lower Bounds for Efficiency of Surplus Extraction in Double Auctions". In *The Double Auction Market - Institutions, Theories, and Evidence*, édité par Daniel Friedman et John Rust. Santa Fe Inst. Studies in the Sciences of the Complexity. New York : Addison-Wesley, **1992**. (b)
- Nelson, Richard R., et Winter, Sidney G. *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, Mass. : Harvard Univ. Press, 1982.
- Plott, Charles R. "Industrial Organization Theory and Experimental Economics". *J. Econ. Literature* 20 (décembre 1982) : 1485-1527.
- Plott, Charles R., et Sunder, Shyam. "Efficacité de la sécurité expérimentale

<sup>10</sup> Voir Simon (1981, chap. 2) pour une discussion sur les niveaux d'analyse de l'individu, du marché et de l'économie en économie.

- Markets with Insider Information : An Application of Rational-Expectations Models". *J.P.E.* 90 (août 1982) : 663-98.
- . "Rational Expectations and the Aggregation of Diverse Information in Laboratory Security Markets". *Econometrica* 56 (septembre 1988) : 1085-1118.
- Rust, John ; Palmer, R. ; et Miller John. "Behavior of Trading Automata in a Computerized Double Auction Market". In *The Double Auction Market : Institutions, Theories, and Evidence*, édité par Daniel Friedman et John Rouille. Santa Fe Inst. Studies in the Sciences of the Complexity. New York : Addison-Wesley, **1992**.
- Simon, Herbert A. *Les sciences de l'artificiel*. 2e éd. Cambridge, Mass. : MIT Press, 1981.
- Smith, Vernon L. "An Experimental Study of Competitive Market Behavior". *J.P.E.* 70 (avril 1962) : 111-37.
- . "Économie expérimentale : théorie de la valeur induite". *A.E.R. Papers and Proc.* 66 (mai 1976) : 274-79.
- . "Les systèmes macroéconomiques en tant que science expérimentale". *A.E.R.* 72 (décembre **1982**) : **923-55**.
- Wilson, Robert B. "On Equilibria of Bid-Ask Markets". Dans *Arroni and the Ascent of Modern Economic Theory*, édité par George R. Feiwel. Houndmills : Mac-Millan, 1987.