

2005

Le rôle stratégique des systèmes de tarification dynamique sur l'Internet

Laurent Deveaux

Docteur en sciences économiques et de gestion, laurent.deveaux@grid.ens-cachan.fr

Follow this and additional works at: <http://aisel.aisnet.org/sim>

Recommended Citation

Deveaux, Laurent (2005) "Le rôle stratégique des systèmes de tarification dynamique sur l'Internet," *Systèmes d'Information et Management*: Vol. 10 : Iss. 2 , Article 4.

Available at: <http://aisel.aisnet.org/sim/vol10/iss2/4>

This material is brought to you by the Journals at AIS Electronic Library (AISeL). It has been accepted for inclusion in Systèmes d'Information et Management by an authorized administrator of AIS Electronic Library (AISeL). For more information, please contact elibrary@aisnet.org.

Le rôle stratégique des systèmes de tarification dynamique sur l'Internet

*Laurent DEVEAUX**

Docteur en sciences économiques et gestion

RÉSUMÉ

Sur l'Internet, la concurrence est à un clic. Face à cette pression concurrentielle, les magasins en ligne pourront être incités à implémenter des systèmes de tarification dynamique qui contribueront à maintenir des prix élevés sur le marché. Dans cet article, nous analysons la concurrence sur l'Internet ainsi que différentes stratégies de tarification pouvant être mise en place par les vendeurs pour la limiter.

Mots-clés : Commerce électronique, Concurrence, Tarification, Systèmes d'information.

ABSTRACT

On the Internet, competition is a click away. Vis-a-vis the competitive pressure, the Web-stores could be encouraged to implement dynamic pricing systems that will contribute to maintain high prices on the market. In this paper, we analyze the competition on the Internet and the different pricing strategies to limit it.

Key-words: E-business, Competition, Pricing, Information Systems.

* L'auteur remercie le comité de rédaction ainsi que les rapporteurs pour leurs commentaires qui ont contribué à améliorer cet article.

INTRODUCTION

Sur l'Internet, il est peu vraisemblable qu'un site marchand qui vend un bien de grande consommation soit l'unique distributeur de ce produit. Dans le cadre d'un marché électronique où plusieurs sites marchands vendent un bien identique (i.e., ils vendent un bien homogène), ces derniers doivent donc fixer leur prix en prenant en considération le comportement des consommateurs ainsi que la tarification de leurs concurrents. Dans le commerce traditionnel, l'un des facteurs principaux contribuant au succès commercial d'un magasin est sa localisation. En effet, la localisation d'un magasin détermine en grande partie le nombre de clients susceptibles d'être informés de sa présence, et ainsi d'aller y faire leurs achats. Sur l'Internet, la dispersion spatiale perd de son importance car un marché électronique permet de réduire considérablement le coût d'acquisition d'informations des consommateurs sur les prix et les produits offerts par différents vendeurs. Dans la littérature sur le commerce électronique, la baisse des coûts de recherche d'information des consommateurs est considérée comme la plus importante caractéristique pour différencier un marché électronique d'un marché traditionnel (Alba *et al.*, 1997 ; Bakos, 1997 ; Bakos, 1998 ; DeLong et Fromkin, 1998 ; Brynjolfsson

et Smith, 2000b). Dans ce contexte, les marchés électroniques sont susceptibles d'être plus efficaces que les marchés traditionnels car la baisse des coûts de recherche des consommateurs va augmenter la concurrence par les prix entre les vendeurs¹. Sur l'Internet, les vendeurs devront donc mettre en œuvre de nouvelles stratégies pour limiter la concurrence. Pour les magasins en ligne, l'une de ces stratégies consiste à implémenter des agents² qui automatiseront leur processus de fixation des prix en fonction des prix pratiqués par leurs concurrents ou en fonction de l'historique de leurs ventes au cours de leur activité. En permettant de gérer et de traiter quasi-instantanément une importante quantité d'information, en facilitant la prise de décision en temps réel, les agents représentent des outils incontournables pour maximiser le profit des vendeurs sur l'Internet. Dans ce cadre, même dans un scénario d'augmentation de l'utilisation d'agents de recherche par les consommateurs, les vendeurs peuvent être incités à implémenter certaines stratégies de tarification dynamique qui faciliteront la collusion tacite et leur permettront d'augmenter mutuellement leur profit.

Cet article est organisé comme suit. Dans une première section, nous nous intéressons à la recherche d'informations commerciales sur le réseau et aux conséquences qu'une amélioration de

1. La crainte d'une augmentation de la concurrence par les prix a été notée à de nombreuses reprises dans la littérature sur le commerce électronique. Par exemple, pour Alba *et al.* (1997 ; p. 45), "*for many retailers the most significant threat posed by IHS (Interactive Home Shopping) is that profits will be eroded drastically by intensified price competition that will ensue as consumers' search costs are lowered*" ou pour Bakos (1998 ; p. 40), "*Lower buyer search costs in electronic marketplaces promote price competition among sellers. This effect will be most dramatic in commodity markets, where intensive price competition can eliminate all seller profits*".

2. Un agent électronique peut être définie comme une entité logicielle capable d'agir de manière autonome dans le but d'accomplir un certain nombre de tâches au nom de son utilisateur et en fonction de ses intérêts (Deveaux et Paraschiv, 2004).

cette recherche implique sur la structure du marché. En particulier, nous présentons différents agents de recherche que les consommateurs peuvent utiliser sur l'Internet avant de faire leurs achats et nous développons un modèle théorique afin d'étudier la modification de la dispersion des prix sur un marché Internet où une partie des consommateurs peuvent être parfaitement informés de l'ensemble des prix pratiqués par les magasins en ligne. Dans une seconde section, nous présentons différentes stratégies de tarification pouvant être implémentées par les sites marchands sur le marché. Pour illustrer les équilibres possibles, nous simulons ces stratégies de tarification dans le cadre de différentes structures de marché et nous analysons l'incitation des vendeurs à adopter certaines d'entre elles.

2. RECHERCHE D'INFORMATION ET CONCURRENCE SUR LE RÉSEAU

Au cours de ces dernières années, le développement de l'Internet a entraîné une demande de plus en plus importante pour des outils sophistiqués capables d'assister les Internautes dans leur recherche d'information. Dans le domaine commercial, cette demande s'est traduite par l'apparition d'agents de recherche permettant aux consommateurs de collecter des informations sur les produits disponibles dans les catalogues électroniques de différents sites marchands. Les agents de recherche présents sur l'Internet peuvent avoir différents degrés de spécialisation mais également différentes capaci-

tés à traiter l'information. En les utilisant, les consommateurs peuvent améliorer de manière significative leur satisfaction car ils leur permettent d'identifier aisément les opportunités les plus avantageuses. Ainsi, en collectant et en disséminant l'information, les agents de recherche permettent une réduction considérable du coût d'obtention et de distribution de l'information sur l'Internet.

Dans la littérature économique, il est désormais bien connu que le libre accès à l'information affecte l'efficacité d'un marché car les frictions économiques sont considérablement réduites. Pour étudier l'impact des coûts de recherche des consommateurs (i.e., coûts pour localiser les vendeurs avant de procéder à un achat) sur l'équilibre des prix d'un marché un grand nombre de modèles théoriques ont été développés (Salop et Stiglitz, 1977 ; Braverman, 1980 ; Varian, 1980 ; Burdett et Judd, 1983 ; Stahl, 1989). Pour analyser la modification de la dispersion des prix sur un marché Internet lorsqu'une proportion plus ou moins importante de consommateurs utilise un agent de recherche avant de procéder à un achat, nous développons un modèle basé sur celui de Varian (1980). Ce modèle permet de mettre en évidence, de manière formelle, la relation existante entre le niveau d'information des consommateurs et le degré de concurrence qui s'exerce entre les sites marchands présents sur le marché. A la lumière de ce modèle théorique, nous présentons ensuite différentes études qui ont analysé, de manière empirique, la concurrence sur l'Internet.

2.1. La recherche d'informations commerciales sur le réseau

Lorsqu'un consommateur est intéressé par l'achat d'un bien quelconque, l'utilisation d'un agent de recherche lui permet de collecter, en quelques minutes³, les offres tarifaires de différents sites marchands. En 1995, l'agent de recherche BargainFinder [bf.cstar.ac.com/bf/] a été le premier à être mis en place sur le réseau. Il a été développé par la société de conseil Accenture [www.accenture.com] et il permettait à des consommateurs de comparer le prix d'un CD sur neuf sites marchands. Bien que cet agent ait été particulièrement innovant, il a eu beaucoup de mal à fonctionner efficacement. En effet, un tiers des sites lui ont bloqué l'accès à leur catalogue ou ont rendu son travail impossible en donnant le même nom à tous leurs produits (Yovovich, 1995 ; De-Long et Froomkin, 1998). Depuis, de nombreux autres agents ont été développés en bénéficiant de différents perfectionnements.

Tous les agents de recherche actuels ont adopté une méthode de collecte d'information qui empêche les sites marchands de bloquer l'accès à leur catalogue. Désormais, les requêtes d'information se font par l'intermédiaire de l'ordinateur des consommateurs et non plus à partir d'un serveur centralisé comme cela était le cas avec BargainFinder. Ainsi, les accès au cata-

logue électronique d'un site marchand ont l'air d'émaner de « vrais » consommateurs et il est extrêmement difficile pour le vendeur de déjouer ce système⁴ (Moukas *et al.*, 1998). On peut remarquer que cette impossibilité à discerner les consommateurs utilisant un agent de recherche de ceux qui n'en utilisent pas empêche les vendeurs de pratiquer une tarification différente pour chaque type de consommateur. Par là même, les prix collectés par un agent de recherche sont identiques à ceux proposés aux consommateurs se connectant directement au catalogue électronique d'un site marchand.

Des améliorations ont également été apportées à la capacité de traitement de l'information des agents de recherche. Par exemple, l'agent Shopper [www.shopper.com] peut comparer plus de un million de prix concernant plus de 100 000 produits informatiques (Greenwald et Kephart, 1999) tandis que d'autres agents de recherche déclarent pouvoir identifier le prix « le plus bas sur terre » de ces mêmes produits (Smith *et al.*, 2000). D'autres agents sont spécialisés sur différentes catégories de produits et/ou permettent d'établir une recherche avec un plus grand nombre de critères. Par exemple, l'agent EvenBetter [www.evenbetter.com] permet de collecter les prix, les frais de ports et les délais de livraison d'un grand nombre de livres vendus chez différents libraires en ligne, tandis que des agents de recherche

3. Pour collecter 30 prix, Brynjolfsson et Smith (2000b) ont montré qu'il fallait 3 minutes en utilisant un agent de recherche, 30 minutes en utilisant un moteur de recherche classique et 90 minutes en téléphonant directement aux vendeurs. Cet exemple illustre bien la diminution des coûts de recherche des consommateurs sur l'Internet lorsque ceux-ci utilisent un agent de recherche.

4. Par ailleurs, on peut également noter que l'adoption du XML (*Extensible Markup Language*) pour remplacer le HTML (*Hypertext Markup Language*) va dans le sens d'une plus grande accessibilité des catalogues des sites marchands par les agents de recherche. En effet, ce nouveau langage de programmation des pages Web est beaucoup plus facilement lisible par un agent (Greenwald et Kephart, 1999).

comme Jango [www.jango.com], CNET [www.cnet.com] ou Kelkoo [www.kelkoo.com] couvrent une très large gamme de produits (ordinateurs, logiciels, cosmétiques, jouets, vins, etc.). De nos jours, les agents de recherche sont donc capables de collecter et d'agrèger automatiquement une quantité considérable d'informations issues d'une multitude de magasins en ligne. Actuellement, ils utilisent une règle de recherche avec une taille d'échantillon fixe. L'information retournée aux consommateurs prend la forme d'un tableau qui leur permet d'identifier facilement, pour une offre de produit donnée, le site marchand proposant l'offre la plus intéressante.

2.2. Analyse théorique d'un marché électronique

Nous considérons un marché Internet sur lequel N ($N \geq 2$) sites marchands vendent un bien homogène à une population de M consommateurs. Le nombre de consommateurs présents sur le marché est significativement plus important que le nombre de vendeurs ($M \gg N$). Les consommateurs ont une demande unitaire, ils ont tous la même valeur de réservation v et la même fonction d'utilité $u(P) = v - P$ si $P \leq v$ et 0 sinon (P correspond au prix d'achat du produit). Compte tenu de cette fonction d'utilité, on peut noter qu'un consommateur est susceptible d'acheter le bien sur un site marchand uniquement si celui-ci affiche un prix P inférieur ou égal à sa valeur de réservation. Sur le marché, les consommateurs peuvent être décomposés en deux catégories :

- *Consommateurs non informés* : Un consommateur appartenant à cette catégorie choisit de manière aléatoire un site marchand présent sur le marché et il procède à un achat si le prix proposé est inférieur ou égal à sa valeur de réservation. Les consommateurs non informés (ou de type 1) sont en proportion w_1 sur le marché. L'existence de cette catégorie de consommateurs peut simplement se justifier par le fait qu'une partie des Internautes ignore la présence d'agents de recherche sur le réseau.
- *Consommateurs informés* : Un consommateur appartenant à cette catégorie utilise un agent de recherche qui l'informe des prix pratiqués par les N sites marchands. Dans ce cadre, le consommateur va effectuer son achat sur le site qui lui propose le prix le plus bas (à la condition que ce prix soit inférieur ou égal à sa valeur de réservation). Les consommateurs informés (ou de type 2) sont en proportion w_2 sur le marché.

La population de consommateurs présente sur le marché est composée d'un mélange de ces deux types d'acheteurs (i.e., $w_1 + w_2 = 1$ avec $w_1 > 0$ et $w_2 < 1$). Comme les sites vendent un bien homogène, nous pouvons considérer qu'ils ont tous le même coût d'achat unitaire c ($c < v$). Pour simplifier notre analyse, nous supposons que tous les sites marchands ont des coûts fixes nuls.

Lorsque le marché est composé d'un mélange de ces deux types de consommateurs (i.e., $w_1 + w_2 = 1$ avec w_1 et $w_2 \in]0, 1[$), il n'existe pas d'équilibre de Nash en stratégie pure mais uniquement un équilibre de Nash symétrique en stratégie mixte (Varian, 1980). La fonction de densité à partir de laquelle les sites marchands déterminent leur prix d'équilibre est définie sur un intervalle de prix allant de P_{\min} à v . Cette dernière est égale à,

$$f(P) = \frac{(v - c)}{(N - 1)(P - c)^2} \left(\frac{w_1}{w_2 N} \right)^{\frac{1}{N-1}} \left(\frac{v - P}{P - c} \right)^{\frac{-N}{N-1}}$$

La démonstration de ce résultat est présentée en annexe. Nous avons ainsi une caractérisation complète de la dispersion des prix à l'équilibre lorsqu'il existe sur le marché une proportion variable de consommateurs utilisant un agent de recherche avant de procéder à leur achat. De façon à étudier la modification de la dispersion des prix en fonction du nombre de consomma-

teurs utilisant un agent de recherche, nous avons représenté sur les figures 1 et 2 les fonctions de répartition et de densité obtenues à partir du modèle précédemment défini. Pour calculer ces deux fonctions, nous avons considéré les valeurs suivantes : $N = 5$, $v = 100$ euros, $c = 20$ euros et $w_2 = \{0,1 ; 0,25 ; 0,5 ; 0,75 ; 0,9\}$.

Comme on peut le voir sur les graphiques ci-dessus, lorsque la proportion de consommateurs utilisant un agent de recherche augmente, la dispersion des prix d'équilibre tend à se concentrer en dessous de v et au dessus de P_{\min} . Dans ce cadre, les sites marchands ont tendance à fixer leur prix de manière à discriminer les consommateurs. Soit ils affichent un prix faible susceptible de drainer tous les consommateurs qui utilisent un agent de recherche, soit ils affichent un prix élevé pour exploiter le surplus des consommateurs non informés. Dans le premier cas, les sites marchands ont un volume de vente im-

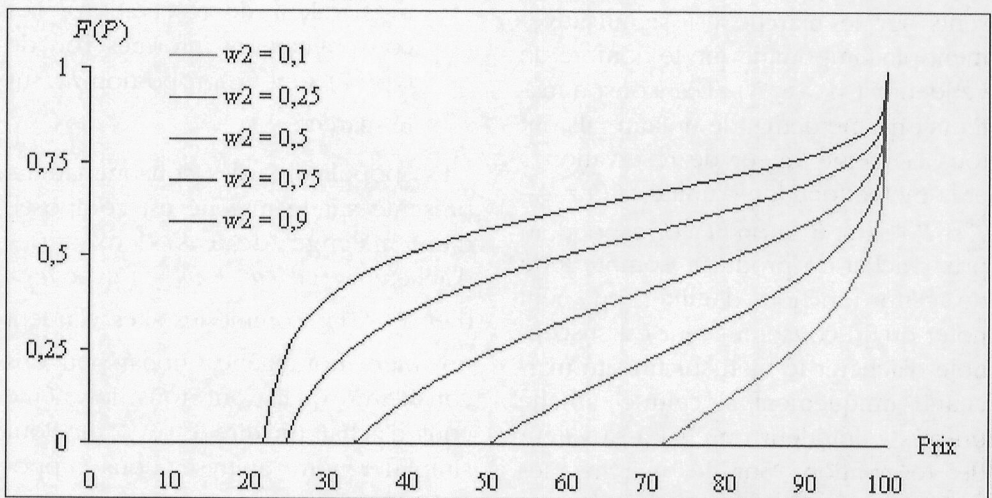


Figure 1 : Représentation de la fonction de répartition.

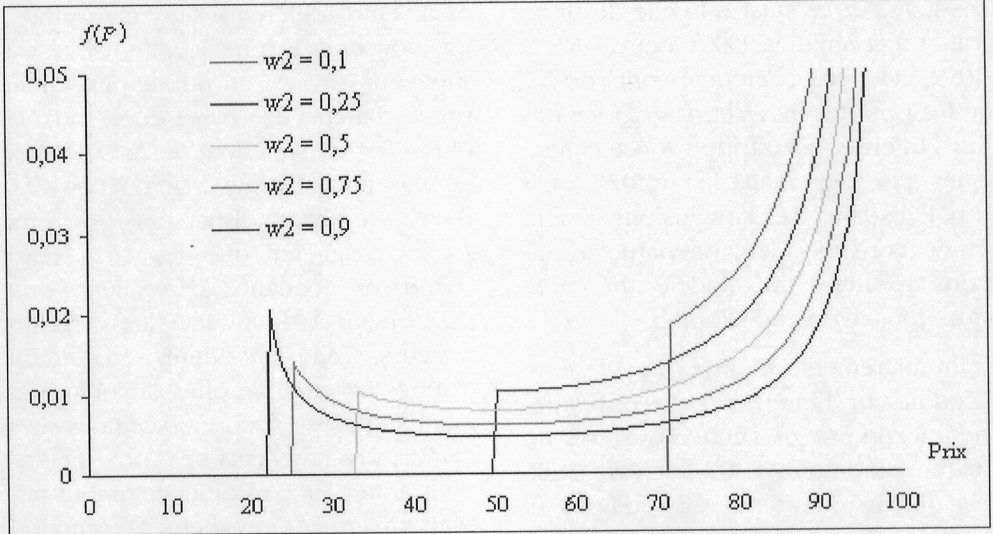


Figure 2 : Représentation de la fonction de densité.

portant mais une marge unitaire faible, et dans le second cas, ils ont un volume de vente faible mais une marge unitaire élevée.

Par ailleurs, comme P_{\min} décroît avec l'augmentation de w_2 (cf. équation 8 en annexe), les sites marchands vont proposer plus fréquemment des prix faibles. A partir de la fonction de densité d'équilibre, nous pouvons déterminer le prix moyen \bar{P} pratiqué sur le marché. Compte tenu de la valeur des paramètres que nous avons considérée pour c , v et N , le prix moyen du marché, en fonction de la proportion de consommateurs informés, est approximativement le suivant (tableau 1).

Lorsque des agents de recherche sont utilisés par une proportion suffisamment importante de la population

de consommateurs, le prix moyen du marché et le profit moyen gagné par des vendeurs diminuent. Ainsi, en facilitant les possibilités de comparaisons tarifaires, la présence d'agents de recherche sur les marchés Internet accroît la concurrence entre les sites marchands. D'un point de vue théorique, les marchés électroniques sont donc susceptibles d'être plus efficaces que les marchés traditionnels car la recherche comparative y est beaucoup plus facile.

2.3. Les résultats empiriques concernant la concurrence sur l'Internet

Jusqu'à présent, peu d'études empiriques ont été réalisées sur l'efficacité des marchés Internet. Une étude inté-

Proportion de consommateurs informés	$w_2 = 0,1$	$w_2 = 0,25$	$w_2 = 0,5$	$w_2 = 0,75$	$w_2 = 0,9$
Prix moyen	$\bar{P} = 94$	$\bar{P} = 87$	$\bar{P} = 77$	$\bar{P} = 66$	$\bar{P} = 47$

Tableau 1 : Prix moyens du marché (exprimés en euros).

ressante sur ce sujet est celle de Brynjolfsson et Smith (2000a). Entre 1998 et 1999, ces deux chercheurs ont comparé les prix des livres et des CD vendus sur l'Internet par rapport à ceux pratiqués par des magasins traditionnels aux Etats-Unis. Les conclusions de leur étude correspondent en partie à certains résultats du modèle théorique que nous avons développé.

Premièrement, le prix moyen d'un produit sur l'Internet peut être inférieur à son prix de vente moyen sur un marché traditionnel. Toute chose égale par ailleurs, l'étude de Brynjolfsson et Smith (2000a) montre que le prix moyen d'un livre ou d'un CD est inférieur de 9 % à 16 % sur l'Internet. Selon eux, cette baisse du niveau moyen des prix sur le réseau peut être attribuée à deux facteurs. Tout d'abord, en vendant sur l'Internet, les vendeurs bénéficient d'une diminution de leurs coûts qu'ils répercutent en partie sur leurs prix de vente pour ne pas inciter d'autres sites à entrer sur le marché (Milgrom et Roberts, 1982). Par ailleurs, en améliorant l'accès à l'information des consommateurs, les marchés Internet exercent une pression concurrentielle sur les vendeurs ce qui entraîne une baisse du niveau moyen des prix. Conformément au modèle théorique présenté précédemment, cette seconde conclusion montre que les marchés électroniques des livres et des CD sont plus efficaces que les marchés traditionnels.

Deuxièmement, la dispersion des prix persiste sur les marchés électroniques. L'étude de Brynjolfsson et Smith (2000a) montre que le prix d'un livre ou d'un CD identique varie considérable-

ment entre différents sites marchands. En moyenne, le prix le plus élevé est supérieur de 33 % au prix le plus faible sur le marché des livres et, le prix le plus élevé est supérieur de 25 % au prix le plus faible sur le marché des CD. Bien que cette dispersion des prix semble suggérer que les sites marchands ont tendance à fixer leurs prix de manière à discriminer les consommateurs, elle provient également d'autres facteurs. En effet, si conformément au modèle théorique certains sites marchands affichent des prix faibles pour attirer les consommateurs qui utilisent un agent de recherche, contrairement à ce dernier, ce ne sont pas ces mêmes sites qui détiennent les parts de marché les plus importantes. Par exemple, Brynjolfsson et Smith (2000a) ont montré que deux sites marchands comme Amazon [www.amazon.com] et CDnow [www.cdnow.com] qui détiennent une part de marché importante de la vente de CD sur le réseau proposent en moyenne des prix plus élevés de 7 % à 12 % par rapport à d'autres vendeurs comme Books.com [www.books.com] ou CD Universe [www.cduniverse.com] qui eux détiennent une faible part de marché. Par là même, cette hétérogénéité dans les parts de marché suggère qu'il existe des caractéristiques non observables entre les sites qui jouent un rôle important dans la dispersion des prix observée. Dans ce cadre, la connaissance *a priori* qu'ont les consommateurs de l'enseigne d'un magasin en ligne est un premier facteur pouvant expliquer la dispersion des prix sur l'Internet. En effet, s'agissant de l'achat d'un livre ou d'un CD sur l'Internet, un grand nombre de consommateurs ne connaissent que le site Ama-

zon et ne font aucune recherche comparative. Cette connaissance a priori explique en partie pourquoi Amazon peut pratiquer des prix plus élevés que ses concurrents, tout en maintenant sa part de marché. La confiance des consommateurs dans certaines enseignes est un autre facteur pouvant expliquer la dispersion des prix sur l'Internet. Actuellement, du fait de la séparation physique entre les vendeurs et les consommateurs sur l'Internet, la confiance est une variable qui influence fortement le comportement d'achat des consommateurs (Urban *et al.*, 1999). Beaucoup de consommateurs sont encore peu familiers avec l'Internet, ces derniers préfèrent donc effectuer leurs achats sur un site marchand dont l'enseigne est connue ou réputée car ils craignent, par exemple, que le produit ne leur soit pas livré ou que le site n'utilise pas un système de sécurisation des paiements suffisamment performant. Un site marchand comme Amazon ayant depuis longtemps établi une forte présence médiatique (publicité directe et indirecte) bénéficie alors largement de la confiance des consommateurs⁵ et peut ainsi pratiquer des prix plus élevés.

Les résultats empiriques sur l'efficacité des marchés Internet sont encore assez parcellaires. Néanmoins, l'étude de Brynjolfsson et Smith (2000a) souligne que l'efficacité va dépendre en grande partie du comportement d'achat

des consommateurs. Dans le futur, on peut penser que le comportement des consommateurs va évoluer avec l'augmentation de leurs expériences d'achats sur l'Internet. Cette évolution va certainement augmenter la pression concurrentielle sur les vendeurs en permettant à la concurrence par les prix de s'exercer plus efficacement. D'une part, on peut s'attendre à ce qu'une proportion plus importante de consommateurs découvre l'existence des agents de recherche et les utilise plus fréquemment (Bakos, 1997 ; Brynjolfsson et Smith, 2000b). D'autre part, une étude de Ward et Lee (2000) montre que des consommateurs expérimentés auront de moins en moins tendance à baser leur décision d'achat sur la confiance et seront de plus en plus incités à faire des recherches comparatives avant d'acheter⁶. Compte tenu de cette évolution possible dans le comportement d'achat des consommateurs, la section suivante est consacrée aux stratégies de tarification pouvant être mises en place par les sites marchands pour limiter la concurrence.

3. LES STRATÉGIES DE TARIFICATION DES SITES MARCHANDS

Sur l'Internet, la présence d'agents de recherche permet aux consommateurs de comparer facilement les prix,

5. Cette remarque est en adéquation avec certains modèles économiques qui montrent que la publicité peut permettre à une entreprise de signaler la qualité de ses produits aux consommateurs (Milgrom & Roberts, 1986).

6. Plus précisément, Ward et Lee (2000) montrent que la réputation d'enseignes virtuelles peut faciliter l'adoption du commerce électronique auprès des consommateurs. Néanmoins, lorsque les consommateurs auront acquis une expérience d'achat suffisante sur l'Internet (2 à 3 ans), ils vont augmenter de manière significative leur recherche comparative en étant de moins en moins sensibles à la réputation d'une enseigne. L'étude empirique de Ward et Lee (2000) est en adéquation avec l'hypothèse selon laquelle le comportement (futur) des consommateurs sur l'Internet peut permettre aux marchés électroniques d'être plus efficaces que les marchés traditionnels. On peut également noter que Lohse *et al.* (2000) en utilisant une base de données différente arrivent à la même conclusion.

ce qui induit ainsi potentiellement une plus grande concurrence entre les vendeurs présents sur un marché. Néanmoins, comme le note Hal Varian (2000), si « *everybody thinks more information is better for consumers. That's not necessarily true* » (Varian, 2000 ; p. 146). En effet, les agents de recherche peuvent également être utilisés par les vendeurs pour observer les prix de leurs concurrents ce qui peut avoir pour conséquence de limiter, voire de diminuer la concurrence. Sur l'Internet, un site marchand peut coupler à son catalogue électronique un agent qui va ajuster automatiquement et quasi-instantanément ses prix en fonction de ceux pratiqués par ses concurrents. En fonction de la stratégie de tarification utilisée par les agents vendeurs, des phénomènes de collusion tacite⁷ sont susceptibles de survenir sur le marché, entraînant ainsi une augmentation du prix moyen payé par les consommateurs et une augmentation du profit des vendeurs.

Dans cette section, nous présentons tout d'abord différents mécanismes de fixation des prix observés sur l'Internet. Nous étudions ensuite un marché sur lequel des agents vendeurs cherchent à maximiser leur profit en utilisant une stratégie de tarification adaptative qui ne nécessite que peu d'information pour être mise en œuvre. Dans notre étude, nous considérons que les agents vendeurs peuvent utiliser trois stratégies de tarification différentes. Ces stratégies

retranscrivent des stratégies de fixation des prix observées sur les marchés traditionnels et/ou les marchés Internet. Nous comparons alors leurs performances respectives en simulant un marché où un nombre plus ou moins important de consommateurs utilise un agent de recherche avant de procéder à un achat. Ces simulations nous permettent d'illustrer l'incitation des vendeurs à pratiquer certaines stratégies de tarification en fonction du caractère plus ou moins concurrentiel du marché.

3.1. Les mécanismes de fixation des prix observés sur l'Internet

Les stratégies de tarification à prix fixe observables sur l'Internet peuvent être classées en trois grandes catégories. La première catégorie regroupe à des stratégies de tarification que l'on peut qualifier de « concurrentielles ». En adoptant ce type de stratégie, les magasins en ligne ont une politique de fixation des prix relativement agressive. Ils observent régulièrement les prix de leurs concurrents et proposent un prix de vente inférieur au prix de vente minimal pratiqué sur le marché⁸. En d'autres termes, cette stratégie de tarification consiste simplement pour un vendeur à effectuer des rabais par rapport aux prix affichés par ses concurrents. Sur les marchés traditionnels, cette pratique est relativement courante. En effet, des vendeurs s'engagent souvent à diminuer leur prix d'un certain pourcentage ou

7. Le terme de « *collusion tacite* » a été introduit par Chamberlain (1929). La collusion tacite désigne une dynamique de marché particulière au cours de laquelle les vendeurs maintiennent des prix élevés (sans accord explicite) pour limiter la concurrence et maximiser leur profit.

8. Bien entendu, à la condition que le vendeur considéré ne soit pas déjà le seul à proposer le prix le plus bas du marché ou qu'il puisse effectivement diminuer son prix par rapport à celui de ses concurrents (i.e., il ne peut pas fixer un prix de vente à perte).

d'un montant fixe par rapport au prix le plus bas du marché (Arbatskaya *et al.*, 1999). Sur l'Internet, cette stratégie de tarification a été mise en place par le site Books.com [www.books.com] (Smith *et al.*, 2000). Lorsqu'un consommateur est intéressé par l'achat d'un livre, ce site marchand détermine sa tarification en deux étapes. Dans un premier temps, il collecte les prix pratiqués par trois de ses principaux concurrents (Amazon [www.amazon.com], Borders [www.borders.com] et Barnes and Nobles [www.bn.com]) et dans un second temps, il propose au consommateur un prix d'achat inférieur de 1 % au prix le plus bas trouvé. L'étude de Kauffman et Wood (2000a) sur la dynamique des prix des marchés Internet met également en évidence l'utilisation de cette stratégie par certains sites marchands.

La deuxième catégorie regroupe des stratégies de tarification que l'on peut qualifier de « collusives ». En adoptant ce type de stratégie, le vendeur cherche constamment à apparier son prix au prix le plus bas du marché. Dans de nombreuses situations, cette pratique peut faciliter la collusion tacite entre les vendeurs et ainsi limiter la concurrence (Png et Hirshleifer, 1987 ; Corts, 1997). Sur les marchés traditionnels, l'appariement des prix des vendeurs a été observé à de nombreuses reprises. Par exemple, l'étude de Hess et Gerstner (1991) montre que des supermarchés coordonnent leur politique tarifaire sur différents produits et qu'ils arrivent ainsi à maintenir des prix largement supérieurs au niveau concurrentiel. Néanmoins, Hviid et Shaffer (1999) ont souligné que la collusion tacite pouvait être impossible sur un marché traditionnel si les coûts

associés à la recherche d'information ou aux changements de prix étaient trop élevés. Sur l'Internet, comme ces deux types de coût peuvent être considérés comme négligeables, une stratégie d'appariement est donc d'autant plus susceptible de faciliter la collusion tacite entre les vendeurs. Dès à présent, un certain nombre de sites marchands proposent d'apparier le prix de vente de leur produit au prix le plus bas du marché. Par exemple, la politique de vente d'un site marchand comme Armstronquequine [www.armstronquequine.com] est explicite : « *We're confident in our products, and our prices! So confident, we will match any competitor's prices. If you see an item we carry offered at a lower retail price by another store, we'll match their price. We credit your bill even 30 days after you purchased it! Just let us know where you saw it advertised* ». Sur un autre site marchand comme Buy.com [www.buy.com] on peut lire : « *At buy.com, we offer a low price guarantee in our Computer, Software, and Electronics stores. If you find a price lower than ours on the Internet, you may qualify for a price match* ». Pour respecter cette garantie, le site Buy.com collecte régulièrement les prix d'un grand nombre de ses concurrents et apparie le prix de ses produits au prix le plus bas du marché (Smith, *et al.*, 2000). Par ailleurs, différentes études qui ont analysé de manière descriptive la dynamique des prix sur l'Internet ont également montré que les sites marchands réagissaient très rapidement aux variations de prix de leurs concurrents et que des collusions tacites pouvaient être fréquemment observées sur un marché (Kauffman et

Wood, 2000b). L'étude empirique de Larribeau et Pénard (2003) souligne ce phénomène sur le marché Français de la vente de CD en ligne. Les sites Alapage, Amazon et Fnac suivent une stratégie de tarification parallèle qui vise à relâcher la concurrence en prix sur les albums les moins demandés.

La troisième catégorie regroupe des stratégies de tarification que l'on peut qualifier de « discriminantes ». En adoptant ce type de stratégie, le vendeur fixe son prix en tenant compte de la propension marginale à payer des consommateurs. Dans ce cadre, le magasin en ligne tarifie un même produit à un prix différent selon la propension marginale à payer des consommateurs qui se présentent sur son site. Une première possibilité offerte au vendeur pour optimiser ses prix consiste à les expérimenter de manière à apprendre quel est le plus profitable (Leloup et Deveaux, 2001). Une autre possibilité consiste à déterminer le profil du consommateur, soit en observant son comportement de navigation, soit en utilisant les informations fournies lorsque celui-ci utilise l'agent de recommandation proposé par le magasin en ligne. A partir des informations obtenues et en les comparant à des données concernant des consommateurs présentant des préférences similaires, le prix le plus profitable pour le vendeur peut être déterminé. Dès à présent, une société comme Calico propose un agent de tarification capable d'adapter le prix des produits en fonction du comportement de navigation du consommateur. D'autres sociétés comme iChoose, Dash ou zBuddles proposent aux magasins en ligne des agents capables de proposer des ré-

ductions personnalisées aux consommateurs (via une fenêtre pop-up sur leur écran) en tenant compte des caractéristiques de ces derniers (Ghoudhary *et al.*, 2002).

3.2. Simulation de différentes stratégies de tarification sur un marché électronique

3.2.1. Description du marché

Pour étudier la dynamique des prix des vendeurs sur l'Internet, nous considérons l'évolution d'un marché sur un horizon de temps de T périodes. A chaque période, la structure du marché est identique à celle que nous avons considérée précédemment pour étudier de manière théorique la dispersion des prix. Le marché est composé de M consommateurs ayant la même valeur de réservation v et de N sites marchands ayant le même coût d'achat unitaire c . Les consommateurs présents sur le marché peuvent appartenir à deux catégories différentes. Les consommateurs de type 1 sont en proportion w_1 sur le marché. Ils effectuent un achat en sélectionnant de manière aléatoire l'un des N sites marchands. Les consommateurs de type 2 sont en proportion $w_2 = 1 - w_1$ sur le marché. Ces derniers utilisent un agent de recherche et ils procèdent à leur achat sur le site qui affiche le prix le plus faible (i.e., l'utilisation d'un agent de recherche permet à un consommateur d'être informé de l'ensemble des prix pratiqués par les N vendeurs). Si plusieurs sites marchands proposent le prix le plus bas du marché, un consommateur de type 2 sélectionne

de manière aléatoire l'un d'entre eux. Tous les vendeurs présents sur le marché ont implémenté un agent pour automatiser leur processus de fixation des prix. Les agents vendeurs peuvent afficher des prix appartenant à un intervalle $]P_{\min}, P_{\max}]$ discrétisé suivant un pas de α . Nous considérons que les bornes minimale et maximale de cet intervalle correspondent respectivement au coût d'achat unitaire c du produit vendu et à la valeur de réservation v des consommateurs. Sur le marché, tous les agents vendeurs modifient le prix des sites marchands à un taux de λ par période. Au cours d'une période, ce taux représente la probabilité pour qu'un agent vendeur quelconque décide de changer son prix.

Dans le cadre de cette structure de marché, nous avons précédemment déterminé l'équilibre en stratégie mixte des vendeurs. Néanmoins, il est peu vraisemblable, dans la pratique, que des sites marchands aient une connaissance parfaite de la structure du marché et que les agents vendeurs soient donc capables de déterminer le prix de leurs produits conformément à une distribution de probabilité d'équilibre. Dans notre étude, nous considérons trois algorithmes de tarification adaptatifs qui ne nécessitent que peu d'information pour être mis en œuvre et qui pourraient permettre à des sites marchands de maximiser leur profit dans le cadre d'un marché concurrentiel. Les trois algorithmes retenus retranscrivent des mécanismes de fixation des prix observés sur l'Internet :

- *Stratégie de rabais* : Au cours d'une période donnée, un agent vendeur qui utilise une stratégie de rabais va décider de réduire son prix en fonction des prix pratiqués par ses concurrents sur le marché. Nous considérons qu'un agent vendeur doté de cette stratégie de tarification pratique toujours un rabais égal à $\Psi = 1$. Lorsqu'un agent vendeur décide de changer son prix à une période T quelconque, il observe (en utilisant un agent de recherche) les prix pratiqués par ses concurrents⁹ à la période $T-1$, détermine le prix minimal du marché P^{\min} et affiche un prix $P^{\min} - \Psi$ si les deux conditions suivantes sont remplies :

- En $T-1$, aucun de ses concurrents ne propose un prix de vente égal à $c + \Psi$.
- En $T-1$, il ne pratique pas déjà seul le prix de vente le plus bas du marché.

Si la première condition n'est pas respectée, l'agent vendeur affiche le prix de vente maximal. Si la deuxième condition n'est pas respectée, il affiche un prix inférieur de Ψ au second prix le plus faible du marché. On peut noter que cette stratégie de tarification est relativement simple à mettre en œuvre car l'agent vendeur doit simplement observer les prix de ses concurrents pour prendre ses propres décisions.

9. Le vendeur ne prend pas en compte la réaction de ses concurrents consécutive au changement de son propre prix.

- *Stratégie d'appariement* : Au cours d'une période donnée, un agent vendeur qui utilise une stratégie d'appariement va fixer son prix en fonction des prix pratiqués par ses concurrents sur le marché. Lorsqu'un agent vendeur décide d'apparier son prix à une période T quelconque, il observe les prix pratiqués par ses concurrents à la période $T - 1$, détermine le prix minimal du marché P^{\min} et affiche ce prix s'il n'est pas déjà le seul à le pratiquer. Si l'agent vendeur propose le prix le plus bas du marché à la période précédente, il apparie son prix au second prix le plus faible du marché. Comme pour la stratégie de rabais, cette stratégie de tarification nécessite uniquement que l'agent vendeur observe les prix de ses concurrents pour prendre ses décisions.
- *Stratégie myope*¹⁰ : Au cours d'une période donnée, un agent vendeur qui utilise cette stratégie va décider de réduire ou d'augmenter son prix de vente en fonction des variations observées de ses profits. Par exemple, si la décision précédente de l'agent vendeur a été d'augmenter son prix et qu'il a observé une augmentation de ses profits, il va reproduire la même action. Dans le cas inverse, si la modification du prix a conduit à une diminution de ses profits, il va

décider l'action opposée, à savoir une diminution de son prix. A chaque modification de prix, l'incrément ou le décrétement Δ est choisi de manière aléatoire et équiprobable entre les valeurs 1, 2, 3, 4 ou 5 dans le cas où l'agent vendeur décide d'augmenter son prix et entre les valeurs -1, -2, -3, -4 ou -5 dans le cas où l'agent vendeur décide de baisser son prix. On peut noter que cette stratégie de tarification est relativement simple à mettre en œuvre car elle ne nécessite aucune information préalable, ni sur les prix de vente affichés par les concurrents, ni sur la demande.

En résumé, ces trois stratégies de tarification dynamique se différencient en fonction de l'information qu'elles utilisent (observation des prix des concurrents ou des profits passés) et du comportement sous-jacent qu'elles retranscrivent (comportement concurrentiel ou collusif).

Afin d'évaluer les performances respectives de ces différents algorithmes

Stratégies de tarification	Informations utilisées	Comportements sous-jacents
Rabais	Prix des concurrents	Concurrentiel
Appariement	Prix des concurrents	Collusif
Myope	Profits passés	Collusif

Tableau 1 : Typologie des stratégies de tarification.

10. Cette stratégie de tarification est basée sur l'heuristique du gradient. Dans la littérature sur le commerce électronique, elle a été proposée pour la première fois par Greenwald et Kephart (1999). Dans le cadre d'un marché Internet dont la structure est proche de celle que nous avons considérée ici, ces derniers ont montré qu'une telle stratégie pouvait permettre aux vendeurs d'augmenter leur profit en facilitant la collusion tacite. Des résultats similaires ont également été observés par Paraschiv *et al.* (2000) sur un marché où deux types d'agent de recherche coexistent (certains agents de recherche utilisent une règle de recherche avec une taille d'échantillon fixe, tandis que d'autres utilisent une règle de recherche séquentielle optimale).

de tarification en fonction de la structure plus ou moins concurrentielle d'un marché, nous analysons plusieurs configurations dans lesquelles les sites marchands choisissent d'utiliser l'une de ces trois stratégies de tarification. Avant de présenter les résultats de nos simulations, nous décrivons tout d'abord les stratégies de tarification qui peuvent être implémentées par les vendeurs.

3.2.2. *Equilibres possibles sur un marché simulé*

Dans nos simulations, nous fixons le nombre de consommateurs à $M = 1000$ et le nombre d'agents vendeurs à $N = 5$. Nous considérons deux structures de marché en fonction de la proportion de consommateurs qui utilisent un agent de recherche. Ces deux structures de marché sont les suivantes : $w_1 = 0,75$ et $w_2 = 0,25$ (marché faiblement concurrentiel) et, $w_1 = 0,25$ et $w_2 = 0,75$ (marché fortement concurrentiel). La valeur de réservation des consommateurs est égale à $v = 100$ euros et le coût d'achat unitaire des vendeurs est égal à $c = 20$ euros. Dans ce cadre, les agents vendeurs peuvent donc afficher des prix appartenant à l'intervalle]20 euros, 100 euros]. Quelle que soit la stratégie de tarification d'un agent, le prix annoncé au début de son activité est choisi aléatoirement et de manière équiprobable dans l'intervalle] c , v]. Nous supposons que l'intervalle de prix est discrétisé par pas de $\alpha = 1$ euro. Au cours de leur activité, les agents vendeurs peuvent donc proposer des prix appartenant à l'ensemble {21 euros, 22 euros, ..., 99 euros, 100 euros}. Sur le marché, tous les

agents vendeurs modifient le prix des sites marchands à un taux de $\lambda = 0,3$ par période.

Pour étudier la dynamique des prix des agents vendeurs, nous considérons l'évolution d'un marché sur un horizon de temps de $T = 100\ 000$ périodes. Quelle que soit la structure du marché étudié (faiblement concurrentiel ou fortement concurrentiel), nous analysons différentes configurations de marché dans lesquelles un agent vendeur (vendeur i) est en concurrence avec 4 autres agents vendeurs (vendeurs - i) utilisant tous la même stratégie de tarification. Compte tenu du nombre de stratégies de tarification pouvant être mises en œuvre par les sites marchands (stratégie de rabais, stratégie d'appariement ou stratégie myope), le nombre de configurations de marché étudié est donc égal à 9. Plus précisément, il y a 3 configurations de marché dans lesquelles les agents vendeurs utilisent tous la même stratégie de tarification (marché homogène) et 6 configurations de marché dans lesquelles l'un d'entre eux utilise une stratégie de tarification différente de celle utilisée par ses concurrents (marché hétérogène).

Avant d'analyser les résultats de nos simulations, il est tout d'abord nécessaire d'étudier certaines configurations de marché particulières. En effet, lorsque tous les sites marchands ont implémenté une stratégie d'appariement, la dynamique des prix observée, le prix moyen du marché, le prix d'achat moyen des consommateurs informés et le profit moyen des vendeurs dépendent du prix minimal affiché initialement par l'un des agents vendeurs. Comme nous avons consi-

déré que les agents vendeurs tirent aléatoirement et de manière équiprobable leur prix initial, la probabilité pour que N agents vendeurs s'apparient au prix $P_j, j = 1, \dots, k$ avec $P_j < P_{j'}$, $\forall j < j'$ est égale à :

$$p(P_j) = \begin{cases} \frac{1}{k} \sum_{i=1}^N \binom{k-j}{k}^{i-1} \binom{k-j+1}{k}^{N-i} & \text{pour } j < k \\ \left(\frac{1}{k}\right)^N & \text{pour } j = k \end{cases}$$

Au cours de T périodes, le temps nécessaire à l'appariement des prix des vendeurs peut être considéré comme négligeable. Dans ce cadre, le prix

moyen du marché et le profit moyen des vendeurs sont déterminés de la manière suivante :

$$\bar{P}_A = \sum_{j=1}^k p(P_j) P_j$$

$$\bar{\pi}_A = \frac{M}{N} \sum_{j=1}^k p(P_j) (P_j - c)$$

Pour obtenir des résultats représentatifs, nous avons fait 10 000 fois la même simulation et nous avons reporté les résultats moyens (prix moyen du marché, prix d'achat moyen des consommateurs informés et profit moyen des sites marchands) obtenus dans les tableaux 2, 3 et 4.

Vendeur i Vendeur - i	Marché faiblement concurrentiel			Marché fortement concurrentiel		
	Stratégie de rabais	Stratégie d'appariement	Stratégie myope	Stratégie de rabais	Stratégie d'appariement	Stratégie myope
Stratégie de rabais	62	62	67	62	62	66
Stratégie d'appariement	37	34	49	37	34	49
Stratégie myope	79	71	93	73	68	90

Tableau 2 : Prix moyen du marché en fonction des stratégies de tarification employées par les agents vendeurs.

Vendeur i Vendeur - i	Marché faiblement concurrentiel			Marché fortement concurrentiel		
	Stratégie de rabais	Stratégie d'appariement	Stratégie myope	Stratégie de rabais	Stratégie d'appariement	Stratégie myope
Stratégie de rabais	57	57	55	57	57	54
Stratégie d'appariement	21	34	37	21	34	37
Stratégie myope	52	36	84	37	27	79

Tableau 3 : Prix d'achat moyen pour les consommateurs utilisant un agent de recherche.

Vendeur i Vendeur - i	Marché faiblement concurrentiel			Marché fortement concurrentiel		
	Stratégie de rabais	Stratégie d'appariement	Stratégie myope	Stratégie de rabais	Stratégie d'appariement	Stratégie myope
Stratégie de rabais	8 191	6 215	11 500	7 644	3 360	4 188
Stratégie d'appariement	11 970	2 768	11 465	3 996	2 768	3 770
Stratégie myope	10 978	3 572	14 150	11 005	3 006	12 155
	8 191	8 642	8 067	7 644	8 750	8 156
	213	2 768	3 507	238	2 768	3 920
	10 468	9 541	14 150	3 987	3 587	12 155

Tableau 4 : Matrice des profits moyens.

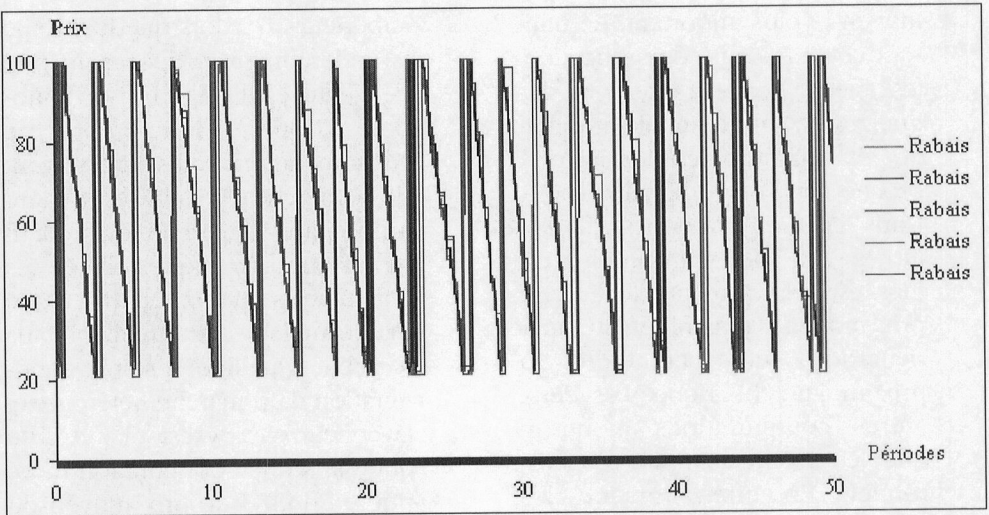


Figure 3 : Dynamique des prix de 5 agents vendeurs utilisant une stratégie de rabais (les périodes sont exprimées en centaines).

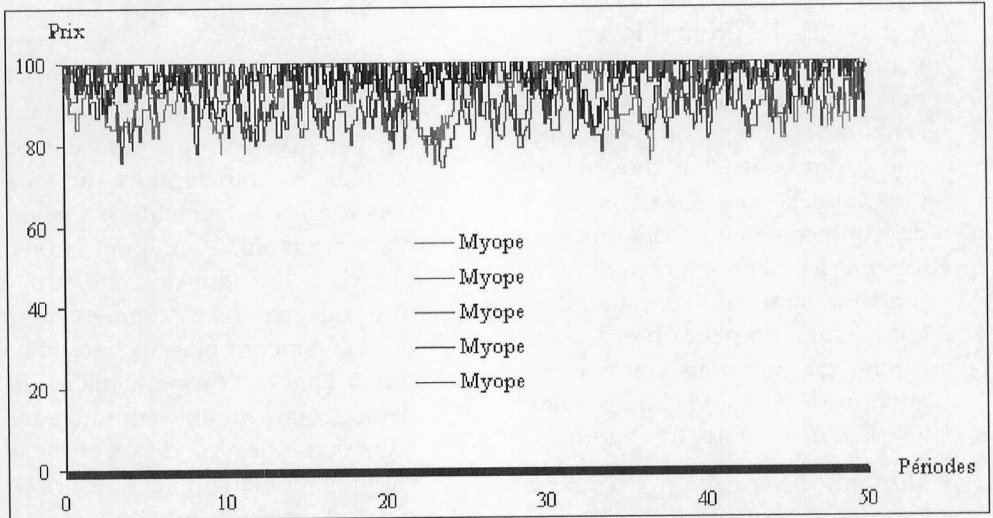


Figure 4 : Dynamique des prix de 5 agents vendeurs utilisant une stratégie myope (les périodes sont exprimées en centaines).

Dans le cadre d'une structure de marché faiblement concurrentiel ($w_1 = 0,75$ et $w_2 = 0,25$), le prix moyen du marché et le profit moyen des vendeurs obtenus à l'aide du modèle de théorie des jeux sont respectivement égaux à $\bar{P}_{ij} = 87$ euros et $\bar{\pi}_{ij} = 12\,000$ euros. Nous utiliserons ces valeurs théoriques pour

analyser les résultats de nos simulations dans le cadre d'un marché homogène et d'un marché hétérogène.

- *Marchés homogènes* : Lorsque les sites marchands adoptent tous la même stratégie de tarification, la stratégie myope est celle qui leur permet d'engranger le profit

moyen le plus important. En utilisant cette stratégie de tarification, les agents vendeurs se font des *guerres des prix* de faible amplitude et maintiennent leur prix proche du prix de monopole. Dans ce cadre, le prix d'achat moyen des consommateurs informés est relativement élevé et le prix moyen du marché est supérieur de 6 euros par rapport au prix moyen théorique. Les deux autres configurations montrent que le marché est plus concurrentiel. En effet, lorsque les agents vendeurs utilisent une stratégie de rabais ou une stratégie d'appariement, le prix moyen du marché et le profit moyen des vendeurs sont largement inférieurs à leur niveau théorique. Dans ce contexte, on peut noter que les prix d'achat moyens les plus faibles pour les deux types de consommateurs sont obtenus lorsque les sites marchands utilisent une stratégie d'appariement. Par ailleurs, on peut observer que la stratégie de rabais entraîne des *guerres des prix* cycliques entre les sites marchands (cf. figure 3).

- *Marchés hétérogènes* : Lorsque l'un des agents vendeurs est doté d'une stratégie de tarification différente de celle de ses concurrents, le profit moyen le plus important est obtenu en utilisant une stratégie de rabais alors que les 4 autres agents sont dotés d'une stratégie d'appariement. En effet, l'agent vendeur qui utilise cette stratégie de tarification va conduire ses concurrents à pratiquer un prix de vente légèrement

supérieur à c , alors que lui-même va indéfiniment proposer un prix de vente égal au prix de monopole. Comme le nombre de consommateurs utilisant un agent de recherche est faible, cet agent a une part de marché légèrement moins importante que celle de ses concurrents en contrepartie d'une marge unitaire extrêmement plus rentable. Quelle que soit la configuration d'un marché hétérogène, la concurrence y est plus accrue que dans une configuration théorique. En effet, le prix moyen du marché et le profit moyen des vendeurs sont toujours inférieurs à leur niveau théorique. Concernant le prix moyen, l'écart observé le plus important (50 euros) est dans une configuration où l'un des agents vendeurs utilise une stratégie de rabais alors que ses concurrents suivent une stratégie d'appariement. On peut noter que dans le cadre de cette structure de marché, l'augmentation de la concurrence est souvent due à l'interaction particulière de deux agents qui utilisent une stratégie de tarification différente. Par exemple, lorsqu'un agent est doté d'une stratégie de rabais alors que tous ses concurrents utilisent une stratégie myope, l'un d'entre eux va s'engager dans une *guerre des prix* avec l'agent qui utilise la stratégie de rabais. Cette remarque reste valable dans une configuration de marché où l'un des vendeurs utilise une stratégie d'appariement, alors que ses concurrents sont dotés d'une stratégie myope. Dans ce cadre, le

site qui a implémenté une stratégie différente s'engage également dans une guerre des prix.

L'analyse de la matrice des profits moyens des vendeurs (cf. tableau 4) montre qu'il existe un seul équilibre de Nash correspondant à une configuration de marché dans laquelle tous les sites marchands implémentent un agent vendeur doté d'une stratégie de tarification myope. Cette stratégie de tarification dynamique permet aux agents vendeurs de maintenir des prix élevés en facilitant la collusion tacite (cf. figure 4). Dans cette configuration de marché, les agents convergent rapidement vers une situation d'équilibre relativement stable. Les sites marchands obtiennent ainsi un profit moyen supérieur de 2 150 euros par rapport au profit moyen théorique. Lorsque la proportion de consommateurs utilisant un agent de recherche est peu importante, les sites marchands ont donc une incitation stratégique à implémenter des agents dotés d'une stratégie de tarification dynamique qui facilite la collusion tacite.

Dans le cadre d'une structure de marché fortement concurrentiel ($w_1 = 0,25$ et $w_2 = 0,75$), le prix moyen du marché et le profit moyen des vendeurs obtenus à l'aide du modèle de théorie des jeux sont respectivement égaux à $\bar{P}_{ij} = 66$ euros et $\bar{\pi}_{ij} = 4\ 000$ euros. Par rapport à la structure du marché précédente, l'augmentation du nombre de consommateurs informés ne modifie que très légèrement les résultats de nos simulations concernant le prix d'achat moyen payé par les deux types de consommateurs. Tout d'abord, comme la stratégie de rabais

et la stratégie d'appariement ne dépendent pas de la structure du marché, le prix moyen du marché et le prix d'achat moyen des consommateurs informés sont identiques lorsque les sites marchands utilisent l'une d'entre elles. Les différences les plus importantes sont observées dans des configurations où au moins un vendeur utilise une stratégie myope. En effet, comme les gains de déviance sont plus importants, les agents vendeurs sont incités à s'engager dans des guerres des prix de plus grandes amplitudes.

L'analyse de la matrice des profits moyens des vendeurs (cf. tableau 4) montre qu'il existe désormais deux équilibres de Nash correspondant, soit à une configuration de marché dans laquelle tous les sites marchands implémentent un agent vendeur doté d'une stratégie de tarification myope, soit à une configuration de marché dans laquelle tous les sites marchands implémentent un agent vendeur doté d'une stratégie de rabais. Dans ces deux configurations, les agents convergent rapidement vers une situation d'équilibre mais le prix du marché est plus instable lorsque les agents adoptent une stratégie de rabais que lorsqu'ils utilisent une stratégie myope. Néanmoins, quelle que soit la stratégie de tarification dynamique adoptée par les sites marchands, ces derniers vont obtenir un profit moyen largement supérieur au profit moyen théorique. Le profit moyen est supérieur de 3 640 euros à son niveau théorique lorsque les sites marchands utilisent une stratégie de rabais et il est supérieur de 8 155 euros lorsque les vendeurs adoptent une stratégie myope. Bien que le niveau moyen des profits soit inférieur

au niveau qu'il pouvait atteindre dans le cas précédent, les vendeurs arrivent à augmenter substantiellement celui-ci par rapport à son niveau théorique. Lorsque la proportion de consommateurs utilisant un agent de recherche devient importante, les vendeurs peuvent donc encore réaliser des profits élevés en ayant une incitation stratégique à implémenter un agent doté d'une certaine stratégie de tarification dynamique, à savoir une stratégie de rabais ou une stratégie myope.

4. CONCLUSION

Sur les marchés traditionnels, les vendeurs qui proposent un bien identique se trouvent en situation de concurrence par les prix mais ils peuvent toutefois continuer à pratiquer des prix élevés et différenciés en raison de coûts de recherche importants pour les consommateurs. En effet, la forte dispersion spatiale des magasins fait qu'il est extrêmement coûteux d'effectuer une comparaison exhaustive de l'ensemble des prix du marché. Sur l'Internet, la dispersion spatiale perd de son importance car il existe des agents de recherche d'information qui centralisent les prix affichés par les sites marchands. En effet, l'utilisation d'agents de recherche peut permettre aux consommateurs d'être informés quasi-instantanément des prix proposés par différents sites marchands et leur présence place potentiellement ces derniers dans une situation de forte concurrence par les prix. A l'heure actuelle, le potentiel des agents de recherche est encore largement sous exploité car beaucoup de consomma-

teurs ne sont pas informés de leur existence ou encore réticents à les utiliser. Dans le futur, certains chercheurs prédisent que « *electronic marketplaces are likely to move commodity markets closer to the classical ideal of the Walrasian auctioneer where buyers are costlessly and fully informed about seller prices. ... We expect that electronic marketplaces will typically sway equilibria in commodity markets to favor the buyers, will promote price competition among sellers, and will reduce sellers' market power* » (Bakos, 1997 ; p. 1667). On peut dès à présent penser que les vendeurs vont mettre en place de nouvelles stratégies pour limiter ou diminuer la concurrence sur un marché électronique. Dans cet article, nous avons répertorié certaines stratégies de tarification dynamique en environnement concurrentiel qui pourraient permettre aux sites marchands d'atteindre cet objectif (stratégie de rabais, stratégie d'appariement, stratégie myope). Notre analyse montre que les vendeurs pourraient profiter d'un environnement électronique pour automatiser leur processus de fixation des prix par l'intermédiaire d'agents de tarification virtuels. Dans ce cadre, même si le nombre de consommateurs utilisant un agent de recherche augmente de manière significative, les vendeurs peuvent avoir une incitation stratégique à implémenter certaines stratégies de tarification dynamique qui faciliteraient la collusion tacite et diminueraient de manière substantielle la concurrence par les prix. La rapidité avec laquelle des changements de prix peuvent être effectués, la possibilité d'accéder facilement aux prix des concurrents et une meilleure mesure de la demande, tous

ces facteurs sont susceptibles de contribuer à l'émergence et la prolifération de nouvelles stratégies de tarification sur l'Internet. Notre étude souligne l'importance stratégique liée à la conception de nouveaux systèmes de tarification qui automatiseront le processus de fixation des prix des vendeurs et leur permettront d'augmenter mutuellement leur profit dans un environnement concurrentiel.

BIBLIOGRAPHIE

- Alba, J., Lynch, J., Weitz, B., Janiszewski, C., Lutz, R., Sawyer, A., et Wood, S. (1997), « Interactive Home Shopping: Consumer, Retailer, and Manufacturer Incentives to Participate in Electronic Marketplaces, » *Journal of Marketing*, Vol. 61, p. 38-53.
- Arbatskaya, M., Hviid, M. et Shaffer, G. (1999), « On the Incidence and Variety of Low-price Guarantees », Working Paper, Simon Graduate School of Business, University of Rochester.
- Bakos, J.Y. (1997), « Reducing Buyer Search Costs: Implications for Electronic Marketplaces », *Management Science*, Vol. 43, n° 12, p. 1676-1692.
- Bakos, Y. (1998), « Towards Friction-Free Markets: The Emerging Role of Electronic Marketplaces on the Internet », *Communications of the ACM*, Vol. 41, n° 8, p. 35-42.
- Bertrand, J. (1883), « Théories mathématiques de la richesse sociale », *Journal des savants*, p. 499-508.
- Braverman, A. (1980), « Consumer Search and Alternative Market Equilibria », *The Review of Economic Studies*, Vol. 47, n° 3, p. 487-502.
- Brynjolfsson, E. et Smith, M.D. (2000a), « Frictionless Commerce? A Comparison of Internet and Conventional Retailers », *Management Science*, Vol. 46, n° 4, p. 563-585.
- Brynjolfsson, E. et Smith, M.D. (2000b), « The Great Equalizer? Consumer Choice Behavior at Internet Shophots », Working Paper, Sloan School of Management, MIT.
- Burdett, K. et Judd, K.L. (1983), « Equilibrium Price Dispersion », *Econometrica*, Vol. 51, n° 4, p. 995-969.
- Chamberlain, E. (1929), « Duopoly: Value Where Seller are Few », *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 43, p. 63-100.
- Cortese, A.E. et Stepanek, M. (1998), « E-Commerce: Good-bye to Fixed Pricing? », *Business Week*, p. 71-80.
- Corts, K.S. (1997), « On the Competitive Effects of Price-Matching Policies », *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 15, n° 3, p. 283-299.
- Cournot, A.G. (1838), *Recherches sur les principes mathématiques de la théorie de la richesse*, Hachette, Paris.
- Deck, C.A. et Wilson, B.J. (2000), « Implications for Automating Posted Prices on the Internet », *Proceedings of the Second ACM Conference on Electronic Commerce*, Minneapolis, Minnesota (USA).
- de Figueiredo, J. (2000), « Using Strategic Tools to Generate Profits in E-commerce », *Sloan Management Review* (forthcoming).
- DeLong, J.B. et Froomkin, A.M. (1998), « The Next Economy? » in Hurley D., Kahin B. et H. Varian (eds.), *Internet Publishing and Beyond: The Economics of Digital Information and Intellectual Property*, MIT Press, Cambridge.
- Deveaux, L., Paraschiv, P. et Latourrette, M. (2001), « Bargaining on an Internet Agent-based Market: Behavioral vs. Optimizing Agent », *Electronic Commerce Research*, Vol. 1, n° 4, p. 371-401.
- Deveaux, L. (2003), « L'automatisation des processus de négociation sur l'Internet », *Systèmes d'Information et Management*, Vol. 8, n° 3, p. 5-28.

Deveaux, L. (2003), « Les enchères en ligne », *Revue Française du Marketing*, Vol. 1, n° 191, p. 63-80.

Deveaux, L. et Paraschiv, P. (2004), « Le rôle des agents intelligents sur l'Internet : Révolution ou évolution commerciale ? », *Revue Française de Gestion*, Vol. 30, n° 152, p. 7-34.

Diamond, P.A. (1971), « A Model of Price Adjustment », *Journal of Economic Theory*, Vol. 3, p. 156-168.

Ghoushy, V., Ghose, A., Mukhopadhyay, T. et Rajan, U. (2002), « Personalized Pricing and Quality Differentiation on the Internet », Working Paper, Carnegie Mellon University.

Greenwald, A.R. et Kephart, J.O. (1999), « Shopbots and Pricebots », Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence, Stockholm, Sweden.

Hess, J. et Gerstner, E. (1991), « Price-Matching, Policies: An Empirical Case », *Managerial and Decision Economics*, Vol. 12, n° 5, p. 305-315.

Hviid, J. et Shaffer, G. (1999), « Hassle Costs: the Achilles' Heel of Price-Matching Guarantees », *Journal of Economics and Management Strategy*, Vol. 8, n° 4, p. 489-521.

Kannan, P.K. et Kopalle, P.K. (2001), « Dynamic Pricing on the Internet: Importance and Implications for Consumer Behavior », *International Journal of Electronic Commerce*, Vol. 5, n° 3, p. 63-85.

Kauffman, R.J. et Wood, C.A. (2000a), « Analyzing Competition and Collusion Strategies in Electronic Marketplace with Information Asymmetry », Working Paper, Carlson School of Business, University of Minnesota.

Kauffman, R.J. et Wood, C.A. (2000b), « Follow the Leader? Strategic Pricing in E-commerce », Proceedings of the 2000 Inter-

national Conference on Information Systems, Brisbane, Australia.

Larribeau, S. et Pénard, T. (2003), « Que peut-on dire des stratégies tarifaires sur Internet ? Une étude économétrique sur la vente en ligne de CD en France », *Systèmes d'Information et Management*, Vol. 8, n° 3, p. 29-54.

Leloup, B. et Deveaux, L. (2001), « Dynamic Pricing on the Internet: Theory and Simulations », *Electronic Commerce Research Journal*, Vol. 1, n° 3, p. 265-276.

Lohse, J., Bellman, S. et Johnson, E. (2000), « Consumer Buying Behavior on the Internet: Findings from Panel Data », *Journal of Interactive Marketing*, Vol. 14, n° 1, p. 15-29.

Milgrom, P.R. et Roberts, J. (1986), « Price and Advertising Signals of Product quality », *Journal of Political Economy*, Vol. 78, n° 2, p. 796-821.

Moukas, A., Guttman, R. et Maes, P. (1998), « Agent-mediated Electronic Commerce: an MIT Media Laboratory Perspective », Proceedings of the First International Conference on Electronic Commerce, Seoul, Korea.

Pan, X., Ratchford, B. et Shankar, V. (2001), « Why aren't the Prices of the Same Item the Same at Me.com and You.com », Working Paper, Sloan School of Management.

Paraschiv, C., Deveaux, L. et Latourrette, M. (2000), « Search Costs and Pricing Strategies on an Internet Agent-Based Market », Proceedings of the Sixth International Conference on Computing in Economics and Finance, Barcelona, Spain.

Png, I. et Hirshleifer, D. (1987), « Price Discrimination Through Offers to Match Price », *Journal of Business*, Vol. 60, n° 3, p. 365-383.

Salop, S. et Stiglitz, J. (1977), « Bargains and Rip-offs: A Model of Monopolistically

Competitive Dispersion », *Review of Economic Studies*, Vol. 44, n° 2, p. 493-510.

Smith, M.D., Bailey, J. et Brynjolfsson, E. (2000), « Understanding Digital Markets: Review and Assessment », in Brynjolfsson E. et B. Kahin (eds.), *Understanding the Digital Economy*, MIT Press, Cambridge, p. 99-137.

Stahl, D.O. (1989), « Oligopolistic Pricing with Sequential Consumer Search », *American Economic Review*, Vol. 79, n° 4, p. 700-712.

Urban, G.L., Sultan, F. et Qualls, W. (1999), « Trust Based Marketing on the Internet », Working Paper, Sloan School of Management, MIT.

Varian, H.R. (1980), « A Model of Sales », *American Economic Review*, Vol. 70, n° 4, p. 651-659.

Varian, H.R. (2000), « Market Structure in the Network Age », in Brynjolfsson E. et B. Kahin (eds.), *Understanding the Digital Economy*, MIT, Cambridge, p. 137-151.

Ward, M.R. et Lee, M.J. (2000), « Internet Shopping, Consumer Search and Product Branding », *Journal of Product and Brand Management*, Vol. 9, n° 1, p. 6-18.

Yovovich, B.G. (1995), « Smart Agents Do the Shopping: Sophisticated Tools Wending the Web in Search of Bargains », *Advertising Age*, p. 8.

ANNEXE : DÉTERMINATION DE L'ÉQUILIBRE THÉORIQUE DU MARCHÉ

Le profit π_i d'un site marchand i ($i = 1, \dots, N$) dépend du vecteur des prix P pratiqués sur le marché :

$$\pi_i(\vec{P}) = (P_i - c)D_i(\vec{P}) \quad (1)$$

où $D_i(\vec{P})$ est la demande espérée du site marchand i . Dans ce cadre, on peut immédiatement noter que $D_i(\vec{P}) = 0$ si $P_i > v$. Par là même, aucun magasin en ligne ne va pratiquer des prix supérieurs à la valeur de réservation des consommateurs. Lorsque $P_i \leq v$, la demande espérée du site i dépend des proportions de consommateurs présents sur le marché ($w_1 ; w_2$) mais également de la probabilité qu'un consommateur appartenant à l'une des deux catégories le choisisse spécifiquement pour effectuer son achat :

$$D_i(\vec{P}) = w_1 p_{i,1}(\vec{P}) + w_2 p_{i,2}(\vec{P}) \quad (2)$$

où $p_{i,1}(\vec{P})$ et $p_{i,2}(\vec{P})$ sont les probabilités pour que le site i soit choisi respectivement par un consommateur de type 1 ou un consommateur de type 2.

Comme les consommateurs non informés choisissent aléatoirement un site marchand, la probabilité pour qu'un consommateur appartenant à cette catégorie effectue son achat sur le site i est indépendante du prix qu'il pratique et des prix affichés par ses concurrents : $p_{i,1}(\vec{P}) = 1 / N$. Afin de définir la seconde probabilité, il est tout d'abord nécessaire de remarquer que la stratégie d'achat d'un acheteur informé dépend de l'ordre relatif des prix sur le marché et que le vendeur i sera choisi par un consommateur appartenant à cette catégorie uniquement s'il affiche le prix le plus faible. Pour déterminer cette probabilité, il faut introduire les deux variables suivantes :

- $\varphi_i(\vec{P})$ est le nombre de sites marchands proposant un prix inférieur à celui affiché par le site i .
- $\psi_i(\vec{P})$ est le nombre de sites marchands proposant le même prix que le site i (i étant inclus).

Dans ce cadre, un consommateur utilisant un agent de recherche est susceptible de procéder à un achat auprès du site i si, et seulement si, $\varphi_i(\vec{P}) = 0$. La probabilité d'achat de cet acheteur est égale à $p_{i,2}(\vec{P}) = 1/\psi_i(\vec{P})$. Ainsi, la probabilité pour qu'un consommateur informé effectue son achat sur le site i peut s'écrire :

$$p_{i,2}(\vec{P}) = \begin{cases} \frac{1}{\psi_i(\vec{P})} & \text{si } \varphi_i(\vec{P}) = 0 \\ 0 & \text{si } \varphi_i(\vec{P}) \neq 0 \end{cases} \quad (3)$$

Pour résumer, le profit et la demande espérée d'un site marchand i sont donnés par les équations suivantes :

$$\pi_i(\vec{P}) = \begin{cases} (P_i - c)D_i(\vec{P}) & \text{si } P_i \leq v \\ 0 & \text{si } P_i > v \end{cases} \quad (4)$$

$$D_i(\vec{P}) = \begin{cases} w_1 \frac{1}{N} + w_2 \frac{1}{\psi_i(\vec{P})} & \text{si } \varphi_i(\vec{P}) = 0 \\ w_1 \frac{1}{N} & \text{si } \varphi_i(\vec{P}) \neq 0 \end{cases} \quad (5)$$

Après avoir défini les différents paramètres de notre modèle, nous pouvons maintenant établir la stratégie de fixation des prix des sites marchands. Comme le nombre de consommateurs sur le marché est significativement plus important que le nombre de sites

marchands, nous pouvons étudier de manière indépendante le processus de décision stratégique des vendeurs. En effet, leur nombre relatif suggère que leur comportement individuel influence la dynamique du marché, tandis que le nombre important de consommateurs rend leurs actions individuelles négligeables. Dans ce paragraphe, nous cherchons donc à déterminer un équilibre de Nash correspondant à un vecteur $\vec{P}^* \in \mathbb{R}^N$ dont chacune des composantes représente le prix qui maximise le profit de chacun des N sites marchands présents sur le marché, compte tenu des prix pratiqués par leurs concurrents.

On peut remarquer que si nous considérons les deux cas extrêmes $w_2 = 1$ ou $w_1 = 1$, on retrouve dans ce modèle deux équilibres en stratégie pure bien connus dans la littérature économique. Lorsque tous les consommateurs présents sur le marché sont des consommateurs informés ($w_2 = 1$ et $w_1 = 0$), les sites marchands ne font aucun profit et ils pratiquent tous un prix d'équilibre égal au coût d'achat unitaire du produit vendu $\vec{P}^* = (c, \dots, c)$ (Bertrand, 1883). Dans le cas opposé, si tous les consommateurs présents sur le marché sont des consommateurs non informés ($w_2 = 0$ et $w_1 = 1$) alors, un phénomène de collusion tacite survient entre les sites marchands et ils affichent tous le prix de monopole $\vec{P}^* = (v, \dots, v)$ (Diamond, 1971).

Lorsque le marché est composé d'un mélange de ces deux types de consommateurs (i.e., $w_1 + w_2 = 1$ avec w_1 et $w_2 \in]0, 1[$), il n'existe pas d'équilibre de Nash en stratégie pure mais

uniquement un équilibre de Nash symétrique en stratégie mixte (Varian, 1980). Soit $f(P)$ la fonction de densité à partir de laquelle les sites marchands déterminent leur prix d'équilibre et $F(P)$ la fonction de répartition correspondante. La probabilité pour qu'un vendeur i affiche le prix le plus faible du marché est égale à $[1 - F(P)]^{N-1}$. Ainsi, en utilisant l'équation 5, la demande espérée d'un site peut s'écrire sous la forme suivante :

$$D_i(P) = w_1 \frac{1}{N} + w_2 [1 - F(P)]^{N-1} \quad (6)$$

La valeur de $F(P)$ peut être déterminée en notant qu'à l'équilibre, tous les prix pouvant être proposés avec une probabilité positive permettent aux sites marchands d'obtenir le même profit espéré. Dans le cas contraire, il ne serait pas optimal pour eux de déterminer leur prix de manière aléatoire. Dans ce cadre, le profit espéré d'un site marchand affichant un prix inférieur à la valeur de réservation des consommateurs est égal au profit espéré d'un vendeur qui propose un prix correspondant à la valeur de réservation v des consommateurs. Le profit espéré d'un site marchand qui affiche un prix correspondant à la valeur de réservation des consommateurs est égal à $(1/N)w_1(v - c)$. Compte tenu de la remarque précédente, on peut écrire :

$\pi_i(P) = D_i(P)(P - c) = (1/N)w_1(v - c)$. Par là même, en utilisant l'équation 6, on peut facilement déterminer la valeur de $F(P)$:

$$F(P) = 1 - \left[\frac{w_1(v - P)}{w_2 N(P - c)} \right]^{\frac{1}{N-1}} \quad (7)$$

Comme $F(P)$ est une fonction de répartition, sa valeur est nécessairement comprise entre 0 et 1. On peut noter que $F(P) = 1$ pour $P = v$ et $F(P) = 0$ pour $P = P_{\min}$ défini comme suit :

$$P_{\min} = c + \frac{w_1(v - c)}{w_1 + w_2 N} \quad (8)$$

La fonction de répartition et la fonction de densité sont donc définies sur un intervalle de prix allant de P_{\min} à v . Pour clore notre analyse et obtenir la fonction de densité à partir de laquelle les sites marchands déterminent leur prix d'équilibre, il suffit simplement de dériver la fonction $F(P)$ par rapport à P :

$$f(P) = \frac{(v - c)}{(N - 1)(P - c)^2} \left(\frac{w_1}{w_2 N} \right)^{\frac{1}{N-1}} \left(\frac{v - P}{P - c} \right)^{\frac{-N}{N-1}} \quad (9)$$

Nous avons ainsi une caractérisation complète de la dispersion des prix à l'équilibre lorsqu'il existe sur le marché une proportion variable de consommateurs utilisant un agent de recherche avant de procéder à leur achat.