

LE POINT SUR

Le prix et la qualité des télécopieurs

Alain BOUSQUET, Véronique LE PENNEC et Michel WOLKOWICZ

Qui, en 1843, aurait pu penser que le « pendule à image » d'Alexander Bain ou, en 1907, le « bélinographe » d'Edouard Belin allaient pouvoir engendrer un marché mondial des télécopieurs représentant plus de 5 milliards de dollars ? (1) Sans doute ni Frederick Waugh ou Andrew Court, économistes dont les travaux remontent aux années 20 et 30, ni même Jean-Paul Benzécri, statisticien ayant commencé à œuvrer dans les années 60, qui ont été les pionniers dans les méthodes statistiques que nous proposons d'appliquer ici à l'étude des prix des télécopieurs et de leurs qualités respectives

Le marché français des télécopieurs agréés, analysé dans cet article, comporte aujourd'hui 18 marques et près de 90 modèles différents sont proposés. Comme nous le rappelons dans la première partie, le développement de ce marché a été profondément bouleversé par des décisions communautaires visant à une libéralisation du marché des terminaux dans le secteur des télécommunications. Peut-on aujourd'hui dresser un premier bilan de ces mesures ?

En particulier, s'il ne fait aucun doute

que le nombre de produits offerts sur ce marché a considérablement crû ces dernières années, la concurrence a-t-elle amené une plus grande variété de produits ? Pour répondre à cette question, la deuxième partie propose une représentation synthétique de l'ensemble des produits offerts. Celle-ci peut être réalisée par une approche en termes d'analyse des données appliquée à la population d'objets formée par les télécopieurs identifiés par leurs diverses caractéristiques (voir encadré 1). Cette analyse, développée dans la troisième partie, a permis notamment de valider la pertinence de la segmentation couramment utilisée sur ce marché qui distingue plusieurs familles de produits selon le mode d'impression des télécopieurs : procédé thermique, jet d'encre ou laser. Nous proposons également une méthode permettant de fixer les positions relatives des marques dans l'échelle de qualité des télécopieurs.

Enfin, l'expérience de la concurrence sur ce marché a-t-elle conduit, par le jeu de la compétition entre offreurs, à un meilleur rapport qualité-prix des produits ? Quelques éléments de réponse à cette question sont fournis dans la quatrième partie où l'utilisation des régressions hédoniques des prix (voir encadré 2) nous a permis de distinguer les effets « qualités » des effets « marques » dans le prix des télécopieurs.

La déréglementation des équipements terminaux

Si l'idée de l'ouverture à la concurrence du marché des terminaux n'est pas récente (les premières suggestions de la Commission remontent à 1975) (2), celle-ci a pris forme dans le Livre Vert paru en juin 1987. En particulier, concernant les équipements terminaux, il est précisé : « Offre libre (sans restriction) d'équipements terminaux, dans les Etats membres et entre les Etats membres (en concurrence avec

(1) En dollars 1991

(2) Cf le « JO » CE du 26/04/75

les administrations des télécommunications), sous réserve des procédures d'homologation et d'agrément conformes aux obligations du Traité et aux directives existantes » Un argument majeur avancé par Bruxelles pour justifier cette nouvelle donne consiste à souligner les risques « d'une structure d'approvisionnement faisant une trop large part au monopole qui peut priver les technologies en gestation des impulsions créatrices dont un marché concurrentiel a besoin » La Commission insiste sur la nécessité d'étendre cette flexibilité à l'ensemble des marchés européens afin d'assurer au consommateur un choix aussi large que possible L'argument de la Commission s'appuie sur les vertus de la concurrence en termes de baisse des prix et de variété des produits offerts Notre étude sur le marché français des télécopieurs tente précisément d'évaluer les effets de la concurrence et analyse pour cela les stratégies de qualité et de prix des principaux compétiteurs

Le marché des télécopieurs

Lorsqu'on s'intéresse au marché des télécopieurs, force est de constater que le nombre de modèles proposés aux clients par les constructeurs est très important Sur le marché français agréé, 90 télécopieurs sont actuellement offerts aux entreprises et au grand public Les grands équipementiers du secteur des télécommunications sont bien entendu très présents sur ce marché, notamment Alcatel et Matra, mais aussi d'autres industriels tels que la Sagem, Toshiba, Canon, Sharp ou Ricoh Ces sept constructeurs détiennent la majeure partie des parts de marché La concentration du marché est tout de même assez forte puisque les trois premières marques représentent plus de la moitié du chiffre d'affaires total

Le marché français représentait plus de 2 milliards de francs en 1991 pour des

ventes annuelles de 260 000 unités et un parc installé estimé à environ 780 000 télécopieurs (3) Entre 1991 et 1993 le nombre de marques est passé de 13 à 18, et la gamme s'est enrichie de plus de vingt modèles

TABLEAU 1 : PARTS DE MARCHÉ

Sociétés	Parts de marché (%)
Sagem	31,8
Alcatel Business	15,4
Matra Communication	12,1
Toshiba	6,6
Canon	4,7
Sharp	4,1
Ricoh	3,6
Autres	21,7
Total	100

Source Sagatel Base de données Martel (Ed 1993)

Les prix des télécopieurs

L'analyse des prix a été réalisée grâce aux informations publiées dans le *Journal du Téléphone et des Mobiles* dans son numéro de juillet/août 1993 Entre Août 1991 et août 1993, le prix moyen des télécopieurs a baissé de près de 700 francs passant de 19 816 à 19 157 francs, ce qui représente une diminution des prix (catalogues) (4) de 3,3% sur la période considérée Parallèlement l'étendue des prix est plus grande L'écart type de la distribution des prix augmente de 12 489 à 18 885 francs La médiane de la distribution des prix des télécopieurs, située à 16 100 francs en août 1991, se place à 12 750 francs en août 1993 (5) Cette dérive de la médiane de l'ordre de 20% à la baisse s'explique par la venue sur le marché de nombreux télécopieurs personnels à

(3) Sources OMSYC 1991 ; Etudes Telecoms 1993

(4) L'absence d'information sur les quantités vendues produit par produit et sur plusieurs années ne nous permet pas de calculer un indice de prix qui, en tenant compte du poids grandissant des télécopieurs bas de gamme dans les ventes, conduirait à une diminution des prix vraisemblablement beaucoup plus forte

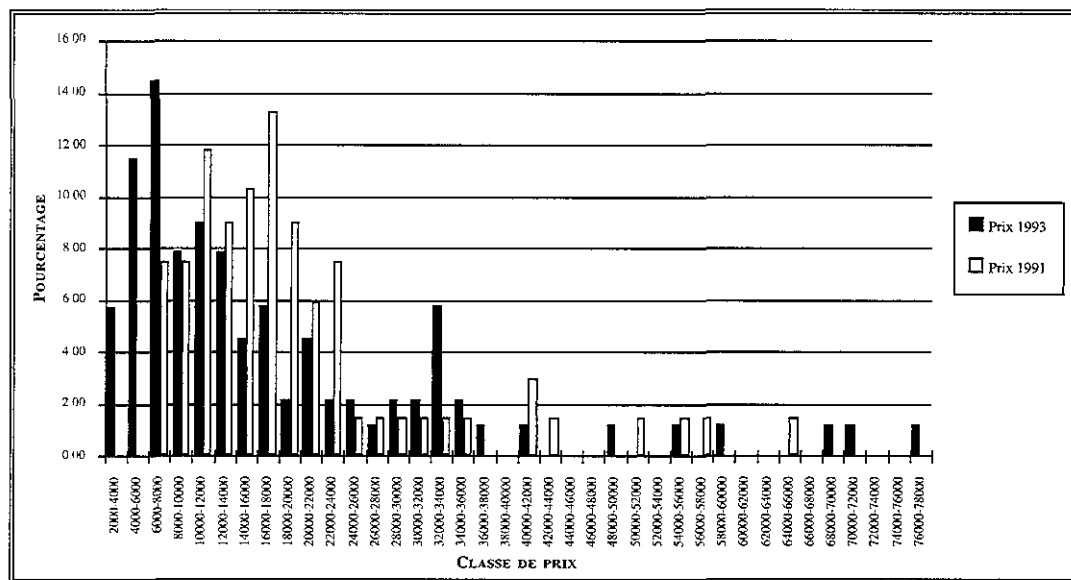
(5) La médiane de la distribution des prix est la valeur du prix séparant la population en deux parties d'effectifs identiques, 50% des télécopieurs ayant un prix inférieur (ou supérieur) à 16 100 francs en 1991

bas prix La stagnation relative du prix moyen des télécopieurs se justifie par l'arrivée conjointe de télécopieurs à bas prix et de quelques télécopieurs haut de gamme de prix très élevés L'indicateur de médiane est plus riche que la moyenne en ce qu'il permet de mettre en exergue des modifications dans la structure des prix Afin de bien comprendre ces effets de structure, le graphique 1 suivant présente une comparaison des distributions des prix de 1991 et de 1993

Ce graphique illustre la déformation des prix des télécopieurs En 1991, la majorité des télécopieurs (80 % d'entre eux) se situaient dans des classes de prix comprises

entre 6 000 et 24 000 francs alors qu'en 1993 la gamme de prix s'étale de 2 000 à 30 000 francs De plus, on peut noter l'absence complète en 1991 de télécopieurs à bas prix ainsi que l'absence de télécopieurs très haut de gamme dont les prix sont supérieurs à 65 000 francs Ces deux phénomènes peuvent s'expliquer, d'une part, par les économies d'échelle qui ont rendu possibles des baisses de coût de production et de proposer ainsi des télécopieurs à bas prix, et, d'autre part, dans l'évolution technologique qui a permis de développer de nouvelles fonctions qui se sont greffées sur le haut de gamme, augmentant de fait les prix des télécopieurs les plus évolués

GRAPHIQUE 1 : DISTRIBUTION DES PRIX DES TÉLÉCOPIEURS



Nous allons à présent nous intéresser plus particulièrement aux caractéristiques des télécopieurs afin de mieux comprendre les différences de qualités sous-jacentes aux écarts de prix observés

Les caractéristiques et la qualité des télécopieurs

Le tableau 2 fournit la liste des caractéristiques prises en compte dans notre étude et précise la nature des variables (qualitatives, c'est-à-dire présence ou non de cette

fonction, ou quantitatives), ainsi que quelques résultats de statistique descriptive permettant d'apprécier la qualité « standard » des télécopieurs

Nous avons remarqué qu'entre 1991 et 1993, l'aiguilleur fax/téléphone est la seule fonction nouvelle intégrée dans les données fournies par le *Journal du téléphone et des mobiles* sur les télécopieurs

Dans les analyses suivantes nous utiliserons, en plus des variables indiquées au tableau 2, des variables indicatrices informant sur l'appartenance des produits à leur marque respective

TABLEAU 2 : VARIABLES MESURANT LA QUALITE

Fonction	Présence de la fonction %	Moyenne	Ecart-type
Temps de transmission (s/page) *	-	14,4	6
Encombrement ou volume (dm ³) *	-	24	19
Poids(kg) *	-	9,6	6,8
Nombre de pages du chargeur *	91	23	15
Nombre de numéros abrégés 1 touche *	80,9	23	15
Nombre de numéros abrégés 2 touches et + *	83,1	73	32
Nombre de touches de programmes *	28,2	16	11
Nombre de pages capacité mémoire *	51,7	303	637
Téléphone intégré	58		
Mode d'impression :			
Thermique	24,7		
Thermique avec coupe-papier	39,3		
Jet d'encre	13,5		
Laser	22,5		
Format des documents à l'émission :			
A3/A4	11,2		
Envoi différé	75,3		
Répétition automatique d'appel	65,2		
Rapport d'activité	94,4		
Aiguilleur fax/téléphone	16,9		
Télécopieur GroupeIII/Groupe IV	4,5		
Fax répondeur	4,5		
Fax téléphone répondeur	2,2		
Imprimante minitel	2,2		

(*) Variables quantitatives

La qualité des produits et l'information sur la qualité revêtent de nos jours une importance considérable comme en témoignent les divers tests proposés aux acheteurs potentiels (FNAC, *50 Millions de Consommateurs*, *Que Choisir ?*, les magazines informatiques et d'autres revues spécialisées dans la bureautique) De même, les industriels désireux d'informer leur clientèle sur la qualité des produits consacrent des moyens de communication importants, notamment au moyen de plaquettes commerciales présentant les caractéristiques de leurs produits. Les télécopieurs n'échappent pas à cette règle. Les caractéristiques retenues pour appréhender la qualité des télécopieurs sont celles inventoriées dans le *Journal du téléphone et des mobiles*. Elles apparaissent comme les

fonctions essentielles pour guider le choix du client. On notera toutefois qu'il peut exister des différences dans les listes des caractéristiques établies par les producteurs ou fournies dans les revues spécialisées. Certaines options des produits peuvent être privilégiées selon des effets de « mode » ou bien certaines caractéristiques techniques peuvent faire l'objet d'une insistance particulière de la part du fabricant alors qu'elles ne répondent qu'indirectement aux attentes de l'utilisateur. Ces différences de présentation de la qualité sont minimales dans le cas des télécopieurs en comparaison de celles rencontrées par exemple dans l'automobile. L'Air Bag ou les freins ABS sont aujourd'hui en vogue et ont supplanté la mise en avant de la consommation de carburant. Les détails

ENCADRE 1

L'analyse factorielle en quelques mots...

Le terme « facteur » apparaît au début du siècle avec les travaux de psychologues qui cherchent à expliquer les notes obtenues à de nombreux tests par une variable cachée le facteur général d'aptitude. Ils chercheront ensuite plusieurs facteurs (mémoire, intelligence...) non observables directement mais susceptibles d'expliquer les différentes notes. L'analyse factorielle des correspondances s'utilise surtout pour traiter les données d'enquête et déterminer des typologies relatives à des comportements sociaux (comportements de consommation, de vote...). Mais la méthode peut s'étendre à d'autres types de données. Ici, nous avons choisi de présenter l'analyse factorielle comme un outil de segmentation du marché des télécopieurs.

Chaque individu statistique – ici le télécopieur – est représenté par un ensemble de caractères, encore appelés modalités. L'analyse factorielle met en évidence les groupes de modalités liées statistiquement entre elles sans avoir à effectuer un grand nombre de tris croisés. Pour savoir qu'il existe une relation entre vitesse de transmission et poids du télécopieur, on aurait pu calculer que 70 % des fax dont la vitesse de transmission est supérieure à 20 secondes par page pèsent moins de 5 kg, que 55 % des fax dont la vitesse est comprise entre 10 et 20 secondes par page pèsent entre 5 et 10 kg, que 71 % des fax qui pèsent entre 5 et 10 kg ont une vitesse entre 10 et 20 secondes par page, etc.

Fondées sur l'algèbre linéaire et sur le calcul de distances entre modalités des variables, les méthodes factorielles permettent de jeter un regard plus « macroscopique » sur l'information en mettant rapidement en évidence les liaisons statistiques fortes. Ainsi, l'information devient plutôt : il existe une correspondance, au moins un facteur commun, entre les modalités « moins de 5 kg », « plus de 20 secondes par page », « papier thermique », qui permet de définir un certain type de télécopieur. Les distances projetées sur les graphiques factoriels traduisent les liaisons et les indépendances statistiques qui n'auraient pu être mises en évidence qu'après un grand nombre de tris croisés.

La recherche des facteurs s'effectue graduellement : le premier facteur (axe 1) résume les oppositions les plus fortes entre modalités, les suivants (axes 2,3,4...) résument des oppositions dont l'intensité diminue avec le nombre de facteurs déjà déterminés.

Les analyses factorielles sont souvent complétées par une méthode de classification. En effet, on présente généralement le premier plan factoriel (axes 1 et 2) mais il ne résume qu'une partie, en l'occurrence la plus grande, de la dispersion totale entre les modalités. Pour s'assurer que les rapprochements observés sur le graphique correspondent tous à une réalité statistique, on utilise une méthode de classification à partir des coordonnées des modalités sur la totalité des axes factoriels. Fréquemment utilisé, le critère de regroupement en classes que nous avons choisi est le critère de Ward. On regroupe tout d'abord les deux points les plus proches, cette petite classe étant maintenant repérée par son centre de gravité, donc par un point. A chaque étape, on regroupe donc les deux plus proches voisins et ainsi de suite. On arrête ce processus lorsque les niveaux de regroupement n'apparaissent plus significatifs.

techniques comme l'arbre à cames en tête, souvent mis en avant, ne peuvent être appréciés que par quelques spécialistes bien qu'ils soient considérés comme un gage de performance pour le profane. La définition d'une liste exhaustive des qualités d'un produit n'est donc pas toujours facile, voire possible, lorsque certains éléments de la qualité du produit ne sont vérifiables qu'après son usage, un bon exemple est la durée de vie du produit.

La segmentation du marché des télécopieurs

L'analyse des données classique, notamment les analyses factorielles des correspondances et les méthodes de classification développées à partir de 1964 par Jean-Paul Benzécri, vont nous permettre maintenant de présenter quelques graphiques de synthèse sur le marché des télécopieurs.

À partir des caractéristiques techniques des télécopieurs agréés, nous définirons tout d'abord la segmentation du marché et examinerons la distribution des prix sur ces différents segments. Dans un second temps, on s'attachera à mettre en relation les différentes marques présentes sur le marché français, les segments définis précédemment et les prix des télécopieurs.

Chaque télécopieur est donc représenté par un ensemble de caractéristiques (poids, vitesse de transmission, type de papier, capacité mémoire) et on cherche à mettre en évidence les plus discriminantes d'entre elles en termes de qualité, afin de définir, par exemple, ce qu'est un télécopieur « bas de gamme ».

Pour connaître les groupes de fonctionnalités liées statistiquement entre elles, nous proposons donc une méthode d'analyse factorielle des correspondances multiples (6).

Le premier plan factoriel (graphique 2) est construit de la manière suivante. L'axe 1 marque une forte différenciation en qualité avec, d'un côté, des télécopieurs thermiques, légers, à vitesse de transmission

lente, avec peu de numéros abrégés par deux touches et de l'autre, des télécopieurs laser, avec plus de 40 numéros abrégés par une seule touche, une vitesse de transmission rapide et une grande capacité mémoire, pour ne citer que les caractéristiques qui contribuent le plus à la construction de l'axe. L'axe 2, quant à lui, oppose les télécopieurs à caractéristiques « moyennes » (vitesse, poids, chargeur) dont font partie les télécopieurs à jet d'encre aux autres télécopieurs.

Ce premier plan ne résumant que 30 % de la dispersion totale, il est nécessaire d'utiliser, sur la base d'une information complète, c'est-à-dire un grand nombre d'axes factoriels, une méthode de classification afin d'éviter les erreurs de regroupement. Nous avons choisi de mettre en œuvre la méthode de classification ascendante hiérarchique basée sur le critère de Ward (7). Quatre classes pertinentes ont été ainsi mises en évidence et apparaissent sur le graphique 2 en pointillés.

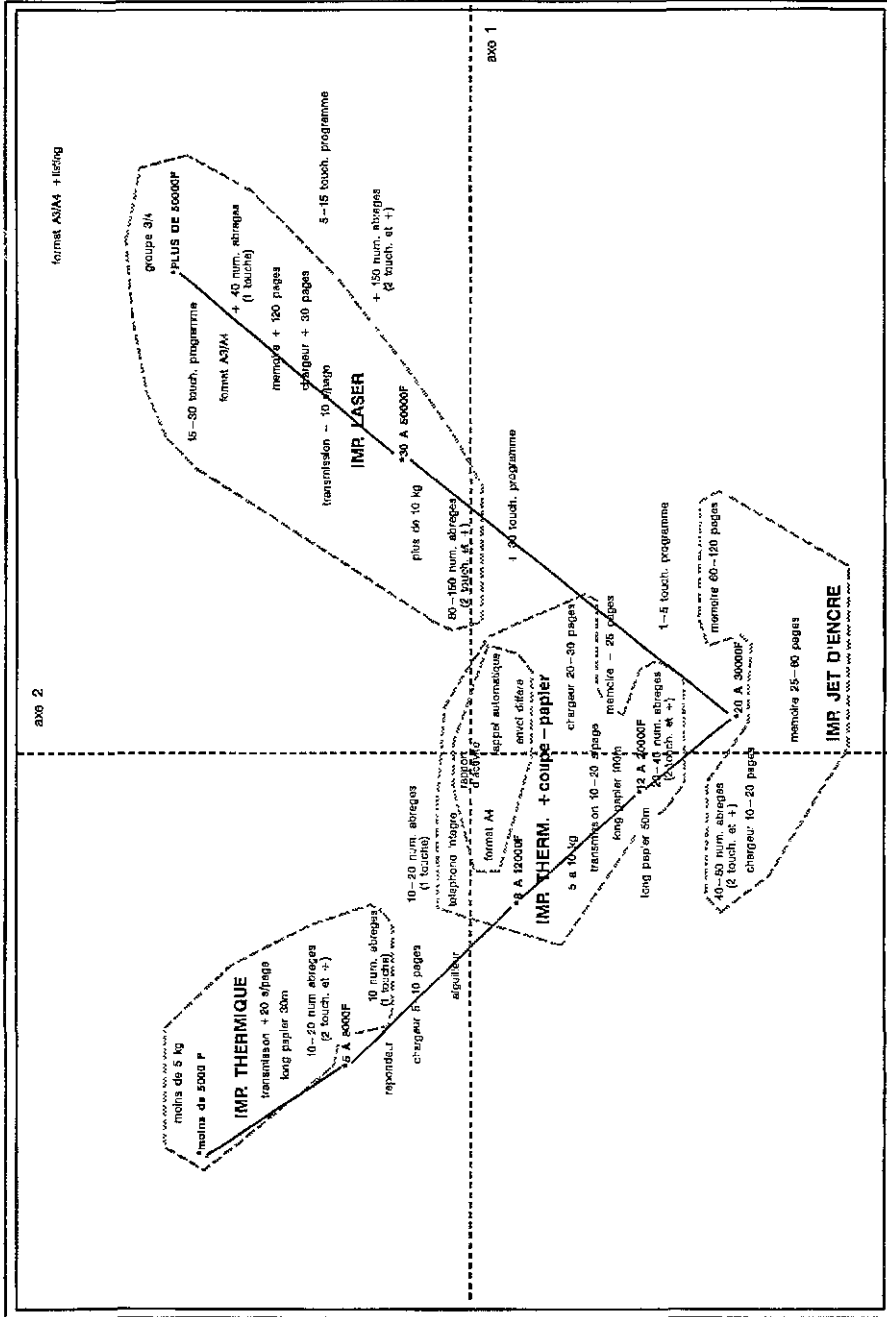
Pour la classe centrale du graphique, une remarque s'impose néanmoins. Les caractéristiques telles que « rapport d'activité », « envoi différé », « format A4 » ou encore « rappel automatique », celles qui se trouvent au centre de gravité, ne jouent aucun rôle dans la construction des axes. Par exemple, tous les télécopieurs laser disposent de ces options sans qu'elles soient pour autant une spécificité de ce type de télécopieurs.

Nous avons donc défini quatre types de télécopieurs, avec pour chacun, les caractéristiques qui lui sont le plus spécifiques et qui le différencient nettement des autres groupes. Il s'agit maintenant de mettre en relation cette typologie avec les prix pratiqués sur le marché afin d'obtenir une segmentation complète du marché. Pour cela, on projette des classes de prix sur le graphique factoriel. La croissance des prix est schématisée par une ligne brisée. Finalement, on peut présenter la segmentation du marché comme un continuum de caractéristiques allant du bas vers le haut de gamme.

(6) Voir encadré 1

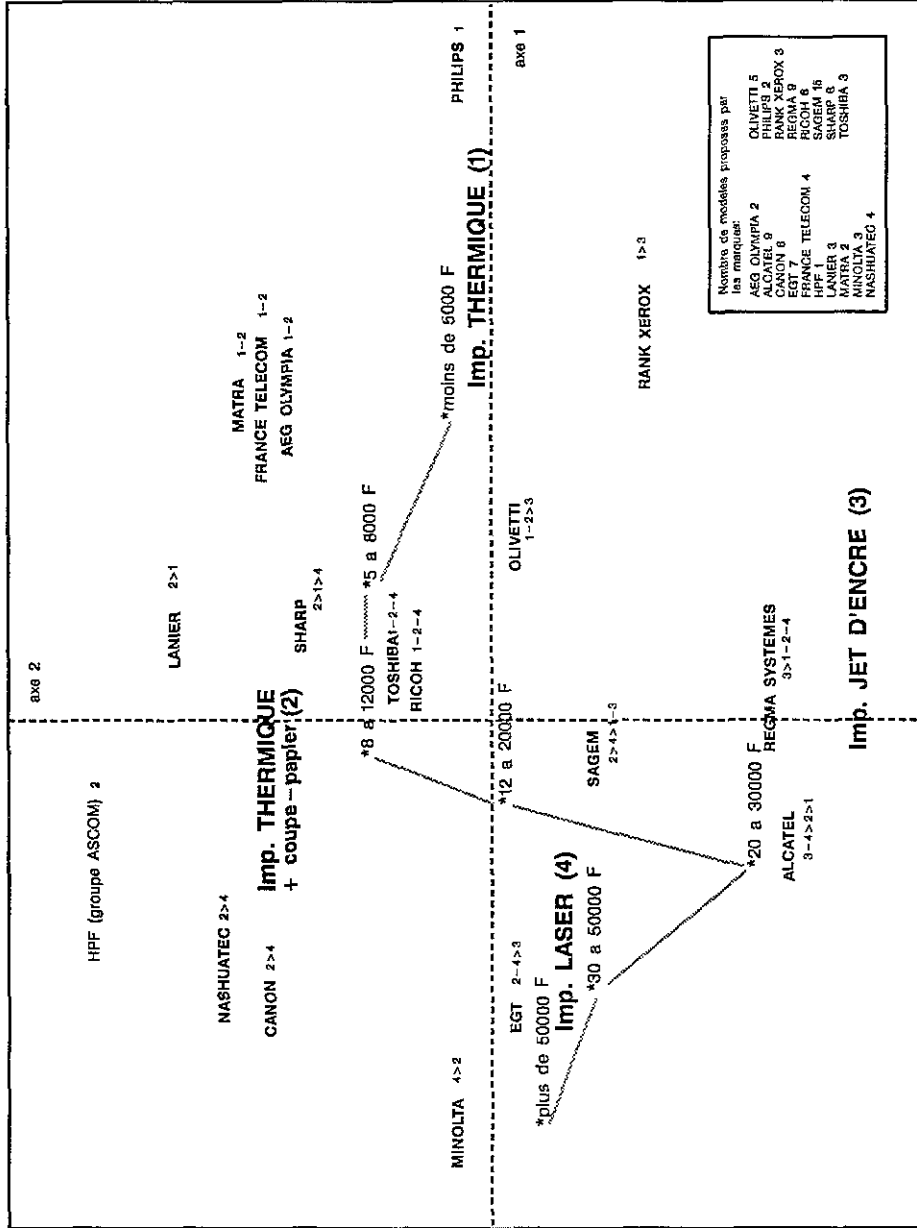
(7) Voir encadré 1

CARACTERISTIQUES DES TELECOPIEURS



graphique 2

POSITIONNEMENT DES MARQUES



graphique 3

– Les petits télécopieurs personnels à impression thermique (Type 1) Légers et faciles à utiliser, ces appareils sont destinés à une utilisation relativement modérée de quelques pages par jour. Leurs prix varient à peu près entre 3 000 et 8 000 francs. France Télécom distribue depuis peu le télécopieur le moins cher du marché, le Galéo 1000, à 2 990 francs.

– Les télécopieurs thermiques « classiques » (Type 2) Destinés à un usage professionnel plus intensif que le groupe précédent, ces télécopieurs forment le centre de gravité du marché (40% des modèles sont de ce type) et possèdent tous un assez grand nombre de fonctionnalités. Les prix s'étalent environ de 8 000 à 15 000 francs.

– Les télécopieurs à jet d'encre (Type 3) Encore peu nombreux sur le marché, les modèles à impression par jet d'encre devraient se développer dans les années qui viennent. Avec une qualité d'impression bien supérieure aux modèles à papier thermique, les performances de ces fax se rapprochent de celles des télécopieurs laser pour un prix plus faible (15 000 à 25 000 francs).

– Les télécopieurs à impression laser (Type 4) Haut de gamme du marché, l'impression est d'excellente qualité, la vitesse de transmission rapide (moins de 10 secondes par page) et la capacité mémoire de plus de 120 pages. Pour un tel appareil, la dépense minimale s'élève à 25 000 francs mais pour un télécopieur ultra-rapide du groupe IV (3 secondes par page et connectable exclusivement sur les réseaux numériques), le prix peut atteindre 70 000 francs.

Le marché offre donc un large choix, nous proposons maintenant un schéma de positionnement, voire de spécialisation le cas échéant, des différentes marques sur le marché des télécopieurs en fonction des quatre segments définis plus haut.

On note sur le graphique 3 la répartition des gammes entre les différents segments

« Olivetti 1-2>3 » exprime que la gamme actuelle d'Olivetti se compose essentiellement de télécopieurs des types 1 et 2, et, dans une moindre mesure, de type 3. Comme pour le graphique précédent, les prix sont projetés sur le plan factoriel.

France Télécom et ses filiales EGT et Regma Systèmes occupent des positions relativement bien différenciées et couvrent l'ensemble du marché. Dans la catégorie des grandes marques généralistes, on distingue également la Sagem, aujourd'hui seul industriel occidental à créer et produire l'ensemble de ses télécopieurs (8), la plupart des télécopieurs étant produits au Japon ou sous licence japonaise, et Alcatel.

Sans parler de réelle spécialisation, les marques japonaises occupent en général des segments assez haut de gamme, mais on remarque qu'aucune d'entre elles n'offre de télécopieurs à impression par jet d'encre.

Du côté des spécialisés, Matra et Philips ont réduit leurs gammes (9) et semblent se tourner vers le marché grand public avec des prix n'excédant pas 6 500 francs pour le premier et 5 000 francs pour le second. Une telle stratégie de prix visant le grand public n'est pas un cas unique chez Philips puisque le constructeur a récemment « cassé » les prix sur le marché du téléphone sans fil en proposant son premier modèle à moins de 800 francs (10).

L'application des méthodes de régression hédoniste aux prix des télécopieurs

L'approche hédonique consiste à supposer qu'un bien est en fait un ensemble de caractéristiques ayant chacune une valeur pour l'utilisateur et un coût pour le producteur. Un télécopieur pourra être ainsi décomposé en quelques caractéristiques telles que son temps de transmission des pages, son poids, son volume et la présence de certaines options comme la possi-

(8) Voir « Le Point sur », *Réseaux* n° 59.

(9) En 1991, la gamme Matra est composée de 8 télécopieurs (de 7 000 à 40 000 francs) et la gamme Philips de 5 modèles (de 6 500 à 23 700 francs).

(10) Prix indicatif, hors promotion.

ENCADRE 2

L'approche hédonique des prix en quelques mots ...

Les mesures de la qualité d'un produit consistent à examiner les relations entre le prix et la qualité d'un produit. Les économistes se sont demandé comment cette relation pouvait être analysée en utilisant des régressions dans lesquelles les prix sont expliqués par les caractéristiques décrivant la qualité du produit.

Apparemment, la première étude empirique reliant le prix à la qualité est due à Frederick Waugh, un économiste agricole qui publia en 1927 l'article « Quality Factors Influencing Vegetable Prices ». Le but de ses recherches était de « découvrir les facteurs importants de la qualité qui conduisent à une échelle de prix » en utilisant l'analyse statistique. Les résultats présentés par Waugh sont fondés sur une analyse des corrélations multiples et considèrent les effets de caractéristiques physiques – la taille, la forme, la couleur, la maturité, l'uniformité ainsi que d'autres facteurs – sur les prix des asperges, des tomates, des concombres de serre tels qu'ils se pratiquaient lors des ventes quotidiennes sur le marché de Faneuil Hall à Boston. Waugh (1928) justifiait ainsi l'intérêt de ses recherches : « Si l'on peut démontrer qu'il y a une préférence pour certaines qualités et certains types de produits, et si cette préférence s'avère assez grande pour justifier une augmentation des coûts pour cultiver un produit de qualité supérieure, alors l'agriculteur peut et doit adapter ses politiques de production et de vente à la demande du marché ».

La seconde étude pionnière sur le sujet est l'œuvre d'Andrew T. Court qui, en 1938, à l'initiative de General Motors, évalua l'impact de l'évolution des prix des automobiles sur le volume total des ventes. Pour cela, il aurait pu choisir d'utiliser les indices de prix des automobiles de l'US Bureau of Labor Statistics, mais il argua du fait que ceux-ci ne prenaient pas en compte les changements de spécifications et les améliorations de la qualité au cours du temps. C'est pourquoi il utilisa une méthode alternative qu'il nomma la méthode des prix hédoniques en référence aux philosophies utilitaristes qui promouvaient la pensée hédoniste. Court (1939) définit ainsi les comparaisons de prix hédoniques comme « celles qui reconnaissent la contribution potentielle de n'importe quel bien, une automobile par exemple, au bien-être et au bonheur de ses acheteurs ainsi qu'à la communauté ». Il note que les automobiles produisent des services dont les consommateurs jouissent. Il serait ainsi préférable de mesurer directement le montant de « bonheur » et d'augmentation de bien-être obtenus grâce aux services offerts par une voiture, mais une telle quantification est bien entendu impossible. Cependant, il apparaît plus raisonnable de relier le plaisir procuré par l'automobile au consommateur aux caractéristiques physiques, telles que la puissance, la vitesse, la taille de l'habitacle, ou le niveau de sécurité.

En 1961, Zvi Griliches a remis au goût du jour l'approche de régression hédoniste multiple de Court pour la construction d'indices de prix. A l'opposé des travaux de Court, les recherches de Griliches eurent un impact considérable et influencèrent des recherches à la fois théoriques et pratiques. Celles-ci envisagent les prix hédoniques comme la résultante du déplacement des courbes d'offre et de demande pour les caractéristiques (Chow [1967]). Finalement, la méthode hédonique proposée par Griliches a atteint un statut officiel, puisque, en 1986, l'US Department of Commerce réalisa des indices de prix officiels pour les ordinateurs, fondés en partie sur ces résultats.

bilité de répéter automatiquement des appels, l'existence d'un coupe papier etc Dans cette optique, un agent qui achète un télécopieur valorise distinctement chaque caractéristique du produit Il est possible par ailleurs que les valorisations de ces caractéristiques soient différentes d'un individu à l'autre, chacun privilégiant telle ou telle spécificité du produit en fonction du type d'utilisation envisagé Enfin, on peut noter que le producteur raisonnera en termes de coût de fabrication des caractéristiques techniques des produits

La méthode hédonique dans sa version la plus simple consiste en une régression linéaire simple (11) des prix sur les caractéristiques techniques des produits Ces méthodes ont été appliquées au cas des automobiles (Griliches [1971]), des réfrigérateurs (Triplet et Mc Donald [1977]), des grues (Early et Sinclair [1979]) et bien sûr des ordinateurs (Cole et Alii [1986]) Ces méthodes sont plus généralement utilisées par les organismes statistiques nationaux pour calculer des indices de prix corrigés des variations de qualité, mais aussi plus récemment dans des analyses de type marketing pour étudier le positionnement de la gamme et des tarifs offerts par une entreprise dans l'espace prix-qualité de ses concurrents (Stavins [1992])

Les résultats de la régression hédonique des prix des télécopieurs sont présentés dans le tableau 3 La meilleure spécification du modèle est une forme linéaire (12) simple reliant les prix aux caractéristiques des télécopieurs suivant le modèle

$$p_i = a + \sum_{k=1}^K b_k x_{ik} + u_i, \text{ où}$$

p_i , $i = 1, \dots, N$ désigne le prix du bien i ,

a est la constante du modèle,

x_{ik} est la variable (13) mesurant la caractéristique k du télécopieur i ,

b_k est le paramètre associé à la caractéristique k ,

$k=1, \dots, K$, K est le nombre de caractéristiques retenues pour représenter les télécopieurs

et u_i est l'erreur commise sur le prix du bien i dans le modèle

La liste des variables figurant dans le tableau 3 résulte d'une première estimation où des variables non significatives (14) ont été éliminées Les problèmes de colinéarité entre variables expliquent ce phénomène et trouvent ici une interprétation naturelle certaines caractéristiques des télécopieurs sont soit présentes de manière systématique dans toute la population des produits (c'est le cas de la fonction « rapport d'activité » dont 94% des télécopieurs sont dotés), soit présentes uniquement ou presque dans un seul groupe de télécopieurs (c'est le cas par exemple des touches de programme dans les télécopieurs à impression laser), enfin, certaines variables ont des corrélations directes comme le poids et l'encombrement par exemple

Le tableau 3 fournit donc les résultats finaux d'estimation, où ne figurent que les variables significatives On peut noter tout d'abord l'excellent ajustement statistique de la régression, puisque 94% de la variance des prix des télécopieurs sont expliquées par le modèle, cette grandeur (appelée coefficient de détermination du modèle) est notée R^2 dans le tableau

Les télécopieurs à impression par jet

(11) La régression linéaire simple est l'outil le plus communément utilisé dans les travaux économétriques En particulier, la méthode des moindres carrés consiste à faire passer une droite dans l'espace formé par la variable à expliquer et les variables explicatives telle que celle-ci minimise la somme des carrés des erreurs d'ajustement entre cette droite et les points de l'espace (les valeurs observées)

(12) D'autres spécifications du modèle ont été testées, notamment le modèle Log-linéaire Ce dernier n'a pas été retenu, le test de Bera et Mc Aleer (BM test voir Maddala [1992]) nous a conduit à préférer le modèle linéaire simple

(13) La marque des télécopieurs fait partie de ces variables sous la forme d'indicatrices décrivant l'appartenance du télécopieur à telle ou telle marque Cela nous a permis de tester s'il existait un effet idiosyncrastique des marques sur le prix des télécopieurs

(14) Une variable est non significative quand elle n'est pas un apport réel pour le modèle au sens où elle influence peu la valeur du prix Dans ce cas, le critère utilisé est la statistique du T de Student qui doit être comprise entre -2 et 2

TABLEAU 3 : RÉSULTATS D'ESTIMATION

	Coefficient estimé	Ecart-type	T de Student
Constante	13014 0	1995 6	6 5
Temps de transmission (s/page)	-327 6	100 2	-3 2
Nombre de numéros abrégés 1 touche	140 2	36 6	3 8
Capacité mémoire (en nombre de pages)	9 9	1 56	6 3
Jet d'encre	8508 4	1423 0	5 9
Laser (non groupe IV)	17523 0	1467 8	11 9
Laser (groupe IV)	29271 0	3750 2	7 8
		R²	0 94

d'encre ou laser (n'étant pas du groupe IV) se distinguent des télécopieurs thermiques par un supplément de prix de 8 508 francs pour les premiers et de 17 523 francs pour les seconds. Les télécopieurs laser du groupe IV présentent un écart de prix substantiel de l'ordre de 29 271 francs supplémentaires par rapport au prix des télécopieurs thermiques. Nous n'avons pas observé de différence de prix significative entre les télécopieurs à impression thermique et les mêmes télécopieurs munis de coupe-papier, les deux ayant un prix moyen de 13 014 francs, cependant ces derniers peuvent se distinguer par les autres variables présentes dans la régression que nous allons examiner à présent.

La durée de transmission d'une page diminue le prix des télécopieurs, le paramètre estimé indique que le prix diminue en moyenne de 328 francs par seconde supplémentaire de durée de transmission d'une page. Deux autres variables jouent un rôle positif sur le prix : le nombre de numéros abrégés et la capacité mémoire des télécopieurs.

Dans la régression des prix sur les caractéristiques des produits, nous n'avons pas obtenu d'effets de marque, c'est-à-dire que les paramètres relatifs aux variables indicatrices des marques ne sont pas significatifs. On peut donc en conclure qu'il n'y a pas sur ce marché de marques qui se distinguent autrement que par des différences de qualité des produits.

Une dernière remarque concerne l'effet de la variable poids sur le prix du téléco-

pieur qui ne figure pas dans le tableau 3, bien que cette variable soit significative. Nous avons pu remarquer que l'ajout de cette variable détériore considérablement la qualité de nos estimations du fait d'une corrélation très forte entre le poids et les caractéristiques techniques des produits. Des télécopieurs de poids différents se distinguent nécessairement par des attributs distincts.

Un dernier résultat, inattendu au commencement de cette étude, reliant le prix des télécopieurs à leur poids confirme la remarque précédente. L'estimation d'une relation linéaire simple du prix avec le poids comme seule variable permet d'expliquer 70% de la variabilité du prix.

L'explication de la variabilité des prix est évidemment plus faible dans ce modèle que dans le modèle précédent tenant compte d'informations plus précises sur les caractéristiques des télécopieurs, mais reste d'un très bon niveau. Plusieurs spécifications de la forme fonctionnelle reliant le prix au poids des télécopieurs ont été testées pour tenir compte du phénomène dit d'hétéroscédasticité qui se traduit ici par le problème suivant : l'estimation du prix est d'autant moins précise que le poids du télécopieur est grand, autrement dit la variance de l'erreur croît quand le poids augmente. Les différents tests effectués ont consisté à intégrer la variable poids élevée au carré pour tenir compte d'une éventuelle non linéarité de l'effet du poids sur le prix, ou bien à considérer la régression du prix moyen du kilogramme

de télécopieur en fonction du prix. Ces différentes estimations n'ont pas démontré un biais important sur le prix du kg de télécopieur toujours très proche de 2 000 francs. La meilleure correction au problème de l'hétéroscédasticité a conduit au modèle suivant sans terme constant

$$p_i = b k_i + u_i, \text{ où}$$

p_i et k_i , désignent respectivement le prix et le poids du télécopieur i ,

et où le terme d'erreur u_i est de moyenne nulle et de variance $k_i s^2$ afin de tenir compte de l'accroissement de la variance de l'erreur avec le poids.

Ce modèle peut être écrit comme un modèle homoscédastique en opérant une transformation de la forme initiale qui consiste à pondérer chaque observation de la régression par la quantité $\sqrt{k_i}$ soit

$$\frac{p_i}{\sqrt{k_i}} = b \frac{k_i}{\sqrt{k_i}} + v_i, \text{ où le nouveau}$$

terme d'erreur est à présent de moyenne nulle et de variance constante, s^2 ce qui nous permet d'appliquer la méthode des moindres carrés linéaires.

Tous ces détails techniques ne présenteraient aucun intérêt si la recherche que nous avons effectuée pour corriger de l'hétéroscédasticité ne nous conduisait pas à un modèle qui a une propriété remarquable. L'estimateur du paramètre

b n'est autre que le rapport des moyennes du prix et du poids des télécopieurs, et cet estimateur est meilleur que la moyenne des rapports prix sur poids de chaque télécopieur.

Outre le fait que cette méthode a permis d'affiner la qualité des estimations des paramètres, elle nous permet ensuite de déterminer avec plus de rigueur la précision des estimations des prix. La plage d'erreur estimée sur le prix dépend du poids selon une forme que nous allons à présent expliciter.

Le modèle final est le suivant

$$\text{PRIX} = 1\,873 \times \text{POIDS} + \text{ERREUR},$$

où le coefficient estimé du modèle est significatif et le R^2 de la régression est de 70 %.

Ce résultat permet d'évaluer le prix selon une règle très simple. Par exemple, un télécopieur pesant 8 kg aura d'après le modèle un prix estimé de $8 \times 1\,873$ francs soit 14 984 francs.

Par ailleurs l'écart type de l'erreur commise dans cette régression est égal à

$494 \sqrt{\text{poids}}$. On peut alors construire un intervalle de confiance autour du prix estimé par la règle suivante en ajoutant

(retranchant) $\pm 2 \times 494 \sqrt{\text{poids}}$ autour du prix estimé.

Appliquées à l'exemple précédent d'un télécopieur de 8 kg, les bornes de l'intervalle de confiance associé à l'estimation du prix sont déterminées par

$14\,984 \pm 2 \times 494 \sqrt{8}$. Le calcul donne 12 189 pour la borne inférieure et 17 778 pour la borne supérieure. Cela nous permet de dire que la vraie valeur du prix possède 95 % de chance de se situer dans un intervalle situé entre 12 189 et 17 778 francs.

CONCLUSION

Notre analyse du prix des télécopieurs a cherché à lever le voile sur la réalité des prix de ces produits. Nous avons vu que l'on ne peut pas déceler d'écart de prix substantiel entre les différentes marques lorsque l'on tient compte de la qualité des produits. Les pouvoirs de marché deviennent difficiles à identifier et n'apparaissent plus sous la forme la plus apparente d'une discrimination par les prix. Ils vont aujourd'hui se loger dans le maquis des stratégies mêlant la qualité au prix grâce auxquelles les entreprises tirent des profits que l'on peut qualifier de profits de différenciation et de segmentation. La qualité de chaque produit est le moyen de se démarquer de ses concurrents. La palette des qualités offertes par une entreprise sert à créer un effet de gamme permettant de se

rapprocher de la disposition à payer des demandeurs

La conclusion de notre article, qui a cherché à analyser la relation entre la qualité et le prix des télécopieurs, débouche sur un paradoxe. A l'heure où les progrès de l'électronique ont permis d'allier la performance des composants et la miniaturisation, on ne peut qu'être étonné devant la

précision fournie par la règle simple permettant d'évaluer le prix d'un télécopieur par son poids. La valeur de « l'intelligence » d'un terminal de télécommunication est contrebalancée par celle de la « mécanique » des éléments de périphérie. La stabilité du prix au kg du télécopieur nous montre une complémentarité entre le « cerveau » et le « bras » qui s'applique fort bien aux machines.

RÉFÉRENCES

COLE, R et alii, (1986) « Quality-Adjusted Price Indexes for Computer Processors and Selected Peripheral Equipment », *Survey of Current Business*, 66 1, Janvier, 41-50

COURT, A T, (1939) « Hedonic Price Indexes with Automotive Examples » dans *The Dynamics of Automobile Demand*, New-York, The General Motors Corporation, 99-117

CHOW, G C, (1967) « Technological Change and the Demand for Computers », *American Economic Review*, 57 5, Décembre, 1117-1130

EARLY, J F et J H SINCLAIR, (1979) « Quality Adjustment in Producer Price Indexes » dans M F Foss editor, *The US National Income and Product Accounts - Studies in Income and Wealth*, Vol 47 NBER

Etudes Telecoms, (1993) « Télécommunications, faits et chiffres »

GRILICHES, Z, (1971) *Price Indexes and Quality Change Studies in New Methods of Measurement*, Cambridge Massachusetts, Harvard University Press

LEBART, L, A MORINEAU et J P FENELON, (1979) *Traitement des Données Statistiques*, Paris, Dunod

MADDALA, G S, (1992) *Introduction to Econometrics*, Maxwell Mc Millan editions

OMSYC (1991) *Les chiffres clés des télécommunications mondiales*

STAVINS, J, (1992) « Estimating Demand and Supply in a Differentiated Product Industry - The Personal Computer Market », *Working Paper Harvard University*, Février

TRIPLETT, J E et R J Mc DONALD, (1977) « Assessing the Quality Error in Output Measures - the Case of Refrigerators », *Review of Income and Wealth*, 137-176

WAUGH, F V, (1928) « Quality Factors Influencing Vegetable Prices », *Journal of Farm Economics*, 10 2 April, 185-196