

PAPIERS DE RECHERCHE

WORKING PAPERS

« Les modèles de diffusion
d'innovations en marketing et l'adoption
d'Internet en France »

Marianela FORNERINO

SPR / WPS 02-05

Mars 2002

Pour plus d'informations :

For further information:

Rahim BAH

Groupe ESC Grenoble

12 Rue Pierre Sémard

38003 Grenoble Cedex 01

rahim.bah@esc-grenoble.fr

LES MODELES DE DIFFUSION D'INNOVATIONS EN MARKETING ET L'ADOPTION D'INTERNET EN FRANCE

Marianela FORNERINO*

**L'auteur tient à remercier M. Philippe Tassi de Médiamétrie, pour les données fournies, ainsi que pour ses conseils apportés.*

LES MODELES DE DIFFUSION D'INNOVATIONS EN MARKETING ET L'ADOPTION D'INTERNET EN FRANCE

RESUME :

La diffusion d'Internet en France est analysée à l'aide des modèles de diffusion des innovations développés en marketing. Le modèle de Bass (1969), le plus classique, a été ajusté aux estimations faites par Médiamétrie. Les effets d'externalités de réseau sont introduits à l'aide du modèle NUI (Easingwood, Mahajan et Muller, 1983), par la prise en compte de l'augmentation de l'influence de la communication interpersonnelle en fonction du nombre d'adopteurs cumulés. Des prévisions de la pénétration en France d'Internet sont proposées.

MOTS-CLES : Diffusion des Innovations, Modèle de Bass, Modèle NUI (*Non-Uniform Influence*), Externalités de réseau, Internet, Adoption.

ABSTRACT :

The innovation diffusion models developed in marketing are applied to the adoption of Internet in France. The most classical of them, the Bass model is adjusted to the estimations of Médiamétrie. The NUI model (Easingwood, Mahajan et Muller, 1983) has been utilized to introduce the network externalities by incorporating the increasing influence of interpersonal communication on the penetration as a function of previous adopters. Some predictions of the penetration of Internet in France are proposed.

KEY-WORDS : Diffusion of Innovation, Bass Model, NUI Model (*Non-Uniform Influence*), Network externalities, Internet, Adoption.

INTRODUCTION

Internet bouleverse nos modes de vie. Par le e-commerce, il prétend aussi modifier nos modes de consommation. Si aux USA la pratique « internaute » s'est bien installée, en France, cette pratique a pris un peu de retard. Il est important de comprendre les facteurs qui expliquent le processus d'adoption de la pratique « internaute », pour mieux prévoir l'impact des pratiques commerciales qui lui sont associées.

Nous traitons dans cet article de l'application des modèles de la diffusion d'innovations, le modèle de Bass (1969) et une extension de celui-ci, le modèle NUI (de l'anglais *Non-Uniform Influence*) (Easingwood, Mahajan et Muller, 1983), à l'adoption d'Internet en France.

Nous allons étudier la diffusion d'Internet comme une innovation, en termes de nouvelle pratique de communication. Nous suggérons une influence de la quantité et qualité des services proposés via Internet sur l'accélération de l'adoption de ce dernier, ainsi que l'influence des décisions stratégiques visant à améliorer la vitesse actuelle des transmissions. L'objet de cet article est de proposer une analyse du comportement de l'adoption d'Internet en France. Dans une première partie nous rappelons brièvement l'histoire d'Internet et les particularités d'Internet en France. Par la suite nous décrivons les modèles de diffusion des innovations que nous avons utilisés pour l'étude de l'adoption d'Internet en France, ainsi que les résultats obtenus. En fin, nous discutons ces résultats et les limites des modélisations réalisées, et nous proposons quelques voies de recherche.

1. Un aperçu historique

Si Internet était au départ un réseau informatique de transmission d'information conçu par l'armée américaine en 1957 (Dufour, 1995), étendu aux institutions de recherche et d'enseignement, il est devenu actuellement un moyen mondial de communication « grand public ». La commercialisation d'Internet a commencé en 1991 aux USA avec la création du CIX (*Commercial Internet Exchange*), association née en réponse aux restrictions posées par le gouvernement américain concernant la tolérance exclusive des institutions de recherche et enseignement et des entreprises commerciales travaillant avec les universités. En 1991 RENATER (Réseau National de télécommunications pour la Technologie, l'Enseignement et la Recherche) est créé en France reliant ainsi entre-eux les universités et les centres de recherche en France. Le système multimédia World-Wide Web a été créé en 1989, au CERN à Genève. Mais c'est l'année 1993 qui est très importante dans l'histoire d'Internet puisqu'il

s'agit de l'apparition du premier logiciel convivial *Mosaic* à l'Université d'Illinois. Ce logiciel a propulsé le Web comme outil universel d'accès aux ressources Internet. En 1995 les deux plus grands réseaux de services en ligne américains CompuServe et America On Line ont décidé de créer des passerelles entre leurs réseaux respectifs et Internet, et de devenir fournisseurs d'accès à Internet. Mais à ce moment là, la France était déjà habituée aux «services en ligne» par son système innovateur et précurseur : le Minitel. Le Minitel a fait des français des habitués aux «terminaux» d'information. Des terminaux que France Télécom avait mis à leur disposition avec des moyens simples et bon marché, voire gratuits. Face à Internet, le français était moins «surpris» que le reste du monde. Le Minitel a-t-il ralenti ou accéléré l'adoption d'Internet ? La réponse à cette question a fait bien couler de l'encre, tant par les défenseurs du Minitel que par les opposants. Il est du moins certain que le comportement des français vis à vis d'Internet a été différent de celui observé dans d'autres pays, et cela, en partie, en raison probable de l'existence du Minitel. Pour les français, il s'agit en quelque sorte d'une substitution de technologie par une autre certes plus vaste, plus puissante, et «mondiale», mais aussi moins sécurisante, plus déroutante et plus coûteuse en termes d'équipement. Dans une étude qualitative menée par Robsons&Partners en 1999 (cf : <http://www.leskiosques.com/minitel>) la perception des deux outils, par les utilisateurs du Minitel, est différente. Le Minitel est la réponse à un besoin, une démarche de renseignement, un «dictionnaire», et l'information officielle et sécurisée. L'Internet est, respectivement, l'exploration, une démarche d'enrichissement, «l'encyclopédie» et l'information non contrôlée. Les trois premières images laissent envisager une perception plutôt de complémentarité. En revanche, la qualité et la quantité de l'information, et par ailleurs la rapidité de l'utilisation, peuvent placer les deux produits en position de concurrence. Un autre aspect, qui peut induire la concurrence, concerne leurs coûts. Au départ, l'équipement est moins coûteux, quasi gratuit pour le Minitel, en revanche, le coût de connexion à Internet est plus avantageux. N'oublions pas, cependant, que le temps d'utilisation des services Minitel se chiffre en minutes, alors que sur Internet le temps se chiffre en heures.

Les chiffres montrent bien un retard des français par rapport à leurs voisins et par rapport aux USA et au Canada. En 1999, seulement 7% des ménages français avaient une connexion Internet à la maison, contre 22% des ménages finlandais et 25% des canadiens, (INSEE, 2000). Ce retard ne concerne pas seulement Internet, mais aussi d'autres biens d'équipement comme le téléphone portable ou l'audiovisuel : le niveau d'équipement informatique des ménages français est plus proche de celui des pays d'Europe du Sud (Espagne et Italie, par

exemple) que des pays plus au nord (comme les Pays-Bas, le Danemark ou encore le Royaume-Uni). Il est tout de même intéressant de remarquer que Médiamétrie annonce qu'au 1^{er} trimestre 2001 (cf. <http://www.mediametrie.fr>), un tiers des foyers français est équipé d'un micro-ordinateur, et 16,7% des foyers disposent d'un accès Internet (environ 2 fois et demi d'augmentation en un peu plus d'un an). Ces derniers chiffres semblent indiquer une accélération dans l'équipement informatique en France.

2. La modélisation de la diffusion des innovations

Une innovation (Mahajan et Peterson, 1985), est une idée, un objet ou une pratique perçu comme nouveau par les membres d'un système social. L'information sur l'existence de l'innovation est transmise au système social et circule à l'intérieur du système par des canaux de communication. La modélisation de la diffusion des innovations a suscité un grand intérêt dans le domaine des sciences sociales, en général, et en particulier dans le domaine de l'économie et du marketing.

Rogers (1962) a formulé les fondements théoriques qui ont inspiré des nombreux travaux sur le sujet en marketing. Rogers proposait deux sources d'explication de la diffusion d'une idée nouvelle : les media et les canaux interpersonnels. Ces deux facteurs sont les responsables de la propagation de l'idée depuis son lieu de création jusqu'aux personnes qui l'adoptent. Dans le but d'étudier l'adoption des nouveaux produits en Marketing, Bass (1969) a modélisé, sous forme mathématique, les idées de Rogers. En transposant les énoncés de ce dernier, il a distingué deux comportements dans l'adoption d'un produit nouveau : le comportement « innovateur », et le comportement « imitateur ». Dans le premier cas, aucune influence des précédents adopteurs est en jeu, l'adoption est due à l'influence des actions externes au système social. Les « imitateurs », en revanche, adoptent l'innovation parce qu'influencés par les personnes ayant déjà adopté l'innovation. Ces deux types de consommateurs vont adopter la diffusion de l'innovation impulsés par deux forces équivalentes aux facteurs proposés par Rogers : la tendance à innover « p » et la tendance à imiter « q ». Ce dernier est aussi appelé traditionnellement coefficient de communication interpersonnelle ou coefficient d'imitation. Il traduit également le phénomène de bouche à oreille. « p » est appelé coefficient de communication externe ou coefficient d'innovation, et traduit l'influence de toute source d'information exogène (De Palma, Droesbeke et Lefevre, 1991). Le tableau n°1 (ci-dessous) résume la relation entre la théorie de diffusion de Rogers (1962) et le modèle de Bass (1969).

	Sources d'explication	
Théorie d'adoption de la diffusion d'une idée nouvelle, Rogers (1962)	Les Media	Des canaux interpersonnels
Modèle d'adoption de la diffusion d'un nouveau produit, Bass (1969)	Force Externe : Tendance à innover « p »	Force Interne : Tendance à imiter « q »

Tableau n°1 : Relation entre la théorie de diffusion de Rogers (1962) et le modèle de Bass (1969)

Si on définit m le nombre total d'individus qui potentiellement adopteront l'innovation (le marché potentiel) et $N(t)$ le nombre cumulé d'adopteurs au temps t , chacun des $m-N(t)$ individus peut passer du groupe de non-adopteurs à la classe d'adopteurs. L'apport de fondamental de Bass est de modéliser le taux de risque d'adoption $z(t)$ comme une fonction linéaire croissante du taux de pénétration $N(t)/m$:

$$z(t) = p + q \frac{N(t)}{m} \quad (1)$$

A partir du taux de risque d'adoption, il est possible d'exprimer l'augmentation temporelle du nombre total d'adopteurs par une équation différentielle de la forme :

$$\frac{dN}{dt} = \left(p + q \frac{N(t)}{m} \right) (m - N(t)) \quad (2)$$

La courbe descriptive du nombre d'adopteurs $N(t)$ est de forme sigmoïdale, avec une saturation donnée par le potentiel d'adopteurs m . Une grande partie des applications du modèle de Bass a été fondée sur la forme discrétisée dans le temps de l'équation suivante :

$$n(t) = \left[p + \frac{q}{m} N(t) \right] [m - N(t)] \quad (3)$$

où $n(t)$ représente l'augmentation du nombre d'adopteurs dans l'unité de temps. Cette forme discrète du modèle de Bass sera à la base de nos estimations.

Le modèle de Bass a été largement appliqué en marketing pour étudier le phénomène d'adoption de biens durables. Il est certain qu'il est possible d'assimiler l'adoption d'un lave-vaisselle ou d'un sèche-linge par l'achat d'une unité : 1 achat = 1 adoption. De ce fait, les données de ventes permettent de mesurer le nombre d'adopteurs, expliquant ainsi, le volume important d'applications du modèle de Bass aux biens durables. En 1969, Bass modélise avec succès l'adoption de plusieurs biens durables aux USA tels que la télévision, le sèche-linge

ou les appareils de climatisation. Le modèle de Bass a généré par la suite une abondante littérature. En 1990, Mahajan, Muller et Bass (1990) ont répertorié plus de 150 publications concernant des applications, améliorations et extensions du modèle de Bass. Dans la même année, Sultan, Farley et Lehmann (1990) réalisent une méta-analyse sur 213 applications publiées. Nous pouvons parler actuellement de centaines d'études d'applications. Bemmaor (2000), dans son étude des contributions de Frank Bass au marketing, cite comme possibles sources du grand succès du modèle dans la communauté scientifique et dans celle des praticiens, la simplicité du modèle et sa conformité avec les théories en vogue du processus de diffusion à deux étapes. Le fait est que le modèle de Bass a connu un énorme succès depuis sa première publication, voici maintenant 30 ans. Il a aussi connu un grand nombre de critiques. Il est possible d'affirmer, au vu du nombre d'études qu'il a inspiré dans le domaine du marketing, que le modèle de Bass ne connaît pas de concurrent à sa hauteur.

Une série de limites ont été signalées concernant l'applicabilité de ce modèle, nous rappelons ci-après celles qui concernent plus particulièrement notre application:

1. Il faut tenir compte des possibles biais introduits dans les prévisions faites en début de cycle de vie. Ces biais sont dus à l'estimation erronée des paramètres du modèle à cause du faible nombre de données disponibles.
2. Le modèle ne prend pas en compte l'influence des actions marketing et d'autres déterminants sur la diffusion.
3. Le modèle suppose que les coefficients p et q sont constants tout le long de la diffusion. Or d'après Easingwood, Mahajan et Muller (1983), une influence constante de la communication interpersonnelle pendant la période de diffusion implique que la courbe d'adoption possède un point d'inflexion au milieu du temps du cycle de vie. Cette supposition constitue une hypothèse simplificatrice du processus de diffusion qui limite la qualité de la modélisation.
4. Le marché potentiel m est aussi supposé constant. Or le nombre d'adopteurs potentiels peut varier dans le temps en fonction des caractéristiques intrinsèques et extrinsèques de l'innovation, ainsi que d'autres déterminants possibles.

Ces limites seront prises en compte et commentées par la suite.

Une bonne partie de la littérature issue du modèle de Bass est consacrée aux dépassements des limites de celui-ci. Un grand nombre de travaux a été dédié à l'introduction des variables marketing. Bass, Krishnan et Jain (1994) ont répertorié 19 travaux dont l'objectif était

d'introduire l'influence du prix et/ou de la publicité dans la modélisation de la diffusion. Parmi les nombreuses extensions du modèle de base, nous nous intéressons particulièrement à la proposition de Easingwood, Mahajan et Muller (1983). Celle-ci introduit un nouveau paramètre α qui permet de rompre la symétrie de la courbe d'adoption et de dépasser la troisième des limites signalées précédemment. Le modèle de diffusion ainsi proposé (appelé NUI de l'anglais *non-uniform influence*) prend la forme discrète suivante :

$$n(t) = \left(p + q \left(\frac{N(t)}{m} \right)^\alpha \right) [m - N(t)] \quad (4)$$

Ceci permet de modéliser l'influence de la communication interpersonnelle comme une fonction du temps :

$$Q(t) = q \left(\frac{N(t)}{m} \right)^{\alpha-1} \quad (5)$$

En fonction de la valeur de α , il est possible d'introduire une influence de la communication interpersonnelle croissante avec le nombre d'adopteurs (pour des valeurs de α supérieures à 1) donnant une courbe d'adoption dont le point d'inflexion est situé dans la deuxième moitié du cycle de vie. Au contraire, une influence de la communication interpersonnelle qui diminue avec le nombre d'adopteurs peut être prise en compte pour des valeurs de α inférieures à l'unité. La valeur de α égale à l'unité correspond à une influence de communication interpersonnelle uniforme tel qu'elle est simulée par le Modèle de Bass.

Dans le cas de la diffusion d'Internet, s'agissant d'un produit communiquant, il est important de prendre en compte les effets d'externalités de réseau (Le Nagard-Assayag, 1999). Ce concept, proposé au départ par les économistes des télécommunications, reflète le fait qu'un produit communiquant verra augmenter l'utilité perçue par les consommateurs en fonction du nombre de personnes avec lesquelles ils peuvent communiquer par son intermédiaire. Autrement dit, l'utilité perçue va augmenter en fonction de la taille du réseau constitué par les adopteurs du produit. Ce concept est d'autant plus pertinente qu'Internet est considéré comme un outil d'intercommunication, comme c'est le cas de la messagerie électronique. Mais à ces externalités directes vont s'ajouter les externalités indirectes, liées au nombre de produits complémentaires associés. Concernant Internet, ces externalités indirectes correspondent au nombre et à la qualité des services proposés par son intermédiaire : l'utilité perçue va augmenter avec le nombre et la qualité des services proposés, et ceci va provoquer

une accélération de la diffusion. Ces effets d'externalités de réseau, directes et indirectes, liés à Internet, doivent être prises en compte dans la modélisation de sa diffusion. Il est possible de modéliser ces effets par le terme d'influence de la communication interpersonnelle puisque le réseau concerné est constitué des adopteurs d'Internet. Il est possible aussi d'interpréter cette évolution du processus d'adoption par l'effet de bouche à oreille, qui sera amplifié par l'augmentation de l'utilité perçue. Cette augmentation est due, d'une part, au fait de pouvoir communiquer avec un nombre plus important de personnes et, d'autre part, au fait de disposer d'un choix plus important de services proposés. Pour ce faire, nous avons choisi le modèle NUI (équation 4) avec un coefficient α supérieur à 1, permettant ainsi la prise en compte d'une accélération du processus de pénétration due à l'augmentation du nombre d'adopteurs constituant le réseau.

3. La mise en œuvre de la modélisation

Le modèle de Bass et le modèle NUI nous semblent intéressants pour notre application, de par leur simplicité, et aussi par le fait qu'ils permettent de modéliser des facteurs explicatifs de la diffusion. Ces facteurs ont été, pour de nombreuses autres innovations, largement analysés dans la littérature. Ils nous fournissent des éléments d'interprétation du phénomène, comme nous l'exposons dans la suite de notre étude.

3.1. L'unité d'adoption

La variable dépendante ou variable à expliquer du modèle est le nombre d'adoptions de l'innovation concernée. Nous définissons l'innovation comme la pratique d'Internet en tant que moyen de communication. Une adoption correspond donc au fait de devenir internaute. Cette définition n'est pas homogène actuellement dans l'ensemble des différentes sociétés qui estiment le nombre d'internautes, fait qui explique les écarts observés dans les chiffres annoncés. Nous définissons l'internaute comme la personne qui se connecte de façon occasionnelle, régulière ou assidue au réseau, en accord avec la définition de Médiamétrie. Le modèle de Bass et ses extensions ont été classiquement appliqués pour la modélisation des biens durables. Dans ces cas l'unité d'adoption correspond au premier achat. Une limite de cette approche est liée à la période de modélisation qui peut intégrer les achats de remplacement. Dans le cas des biens consommables, comme dans le cas de la plupart des services, le modèle de Bass ne peut plus être appliqué puisqu'il ne considère pas l'essai et le re-achat. Dans notre cas, les données ne correspondent pas à des registres de ventes ou des

souscriptions provenant des fournisseurs d'accès. Elles proviennent d'un panel de consommateurs, dont la mesure correspond à la pratique d'Internet. La définition de notre unité d'adoption nous semble donc cohérente avec la théorie, et non entachée des erreurs liées aux données des ventes.

3.2. Les données

Concernant la France nous avons choisi les données provenant de la société Médiamétrie qui estime le nombre d'internautes à partir d'un panel de consommateurs dans son projet «24 000 Multimédia Mediametrie/ISL» (cf. <http://www.mediametrie.fr>). Un échantillon de 24 000 foyers a été interrogé chaque année, entre 1996 et 2000. Ce panel a permis de connaître le nombre de personnes se connectant à Internet d'une façon assidue, régulière ou occasionnelle et d'estimer le nombre d'internautes dans la population française. Les résultats sont disponibles par trimestre, mais nous nous limiterons au nombre d'internautes estimé à la fin de chaque année, afin d'éviter les problèmes de saisonnalité.

Il est important de remarquer que les données, sur lesquelles nous travaillons, ne correspondent pas au nombre de souscriptions reçues par les fournisseurs d'accès au réseau ; car une personne peut éventuellement souscrire à plusieurs fournisseurs disponibles sur le marché. Elles ne correspondent pas non plus au nombre de clics, ou au temps de connexion, ou encore à la fréquentation des sites web. Ces mesures d'audience des sites ou d'audience des campagnes publicitaires menées sur le réseau présentent des limites méthodologiques et technologiques (Costes, 1998), et par ailleurs, elles ne sont pas en accord avec la définition de l'unité d'adoption. Les données fournies par Médiamétrie correspondent aux déclarations faites par chaque personne, qui appartient au panel, sur ses pratiques d'Internet.

Médiamétrie s'est intéressée à la tranche d'âge située entre 15 et 17 ans, seulement depuis le premier trimestre 2000. De même, elle s'intéresse aux 11-14 ans depuis le début de l'année 2001. Nous ne pouvons donc pas considérer ces dernières tranches d'âge dans notre modélisation par manque de données. Cette exclusion correspond donc à une des limites de notre modélisation, puis que la population âgée entre 11 et 17 est bien concernée par l'adoption Internet. Nous modélisons donc l'adoption d'Internet dans la population française âgée de 18 ans et plus, en cohérence avec les données disponibles.

3.3. Le marché potentiel

Le nombre d'internautes estimé par Médiamétrie est disponible sur 5 ans. Nous nous trouvons au démarrage du processus de diffusion et il est souhaitable d'estimer préalablement le marché potentiel pour diminuer les biais d'estimation des paramètres p , q et α , relatifs au nombre restreint de mesures disponibles (cf. la limite n°1 citée ci-dessus).

Le « marché potentiel » d'Internet est logiquement croissant avec le temps. Il est constitué par les personnes qui sont au courant de son existence et qui deviennent des adopteurs potentiels. Si actuellement l'existence d'Internet est connue par un grand nombre de personnes, ce n'était pas le cas dans les toutes premières années après son « lancement ». Par ailleurs, la connaissance de son existence ne donne pas automatiquement lieu à la condition d'adopteur potentiel. Il est nécessaire, pour que cette condition soit donnée, que la personne ait :

1. un « accès » au réseau, soit par l'équipement du foyer d'un micro-ordinateur avec un modem, soit par l'accès depuis son lieu de travail, entre autres. L'accès devrait se généraliser rapidement, et nous pouvons estimer que dans un avenir proche la population entière sera potentiellement internaute.
2. un « accès à une formation à l'utilisation d'Internet ». Dans l'état actuel des choses, l'utilisation d'Internet est confinée aux utilisateurs des micro-ordinateurs. A l'avenir, cette utilisation devrait être encore plus conviviale et banalisée par des moyens « grand public » tels que la télévision numérique et interactive, le téléphone portable ou d'autres moyens pour l'instant non encore disponibles.

Par faute de données disponibles concernant le nombre de personnes ayant accès au réseau et à la formation nécessaires à son utilisation, nous supposons que le marché potentiel est constitué par la tranche de la population française âgée de plus de 18 ans (pour être conformes aux données disponibles). Nous avons utilisé les chiffres publiés par l'INSEE (2000) correspondant à cette tranche de la population en 1991 et en 1999. Une extrapolation linéaire nous a permis d'estimer la population à chaque année de la simulation, et de travailler ainsi avec un potentiel d'adoption variable. Les valeurs du potentiel variable utilisées sont tracées dans la figure n° 1.

Cette hypothèse de travail aura tout son sens dans les années à venir : il est possible d'envisager la diffusion de la pratique d'Internet de la même façon que l'utilisation du téléphone actuellement (presque tous les foyers en France sont équipés de téléphone). Mais cette hypothèse peut être contestée en tout état de cause dans les premières années de la diffusion d'Internet. Nous supposons simplement que ce marché potentiel correspond à la taille de la population française. Cette hypothèse est commune à la plupart des applications du modèle de Bass et de ses extensions. Elle constitue aussi une des principales limites de notre modélisation.

Nous tenons à signaler, néanmoins, que la solution que l'obtiendrait, sans fixer au préalable la valeur du marché potentiel, sera très proche de la valeur supposée a priori avant l'estimation. Cette proximité résulte du nombre restreint de données disponibles et de l'utilisation d'une méthode d'estimation non linéaire.

3.4. L'ajustement

Le potentiel d'adoption étant estimé en dehors du modèle, l'ajustement consiste à estimer les paramètres « p » et « q » (et \mathbf{a} dans le cas du modèle NUI), de façon à mieux «coller» les données disponibles à la forme mathématique proposée.

A partir des formes discrètes des modèles (3) et (4), les coefficients (p , q et \mathbf{a}) sont estimés par maximisation du R^2 (le pouvoir explicatif), calculé comme suit :

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^k (N(i) - \hat{N}(i))^2}{\sum_{i=1}^k (N(i) - \bar{N})^2} \quad (6)$$

où $\hat{N}(i)$ est le nombre d'adopteurs estimé au temps t , et \bar{N} est la moyenne des k données $N(i)$ disponibles. Cette maximisation est effectuée grâce à l'algorithme non-linéaire de Newton disponible avec le solveur d'Excel. Les conditions données a priori, pour la recherche du maximum, des paramètres « p » et « q » correspondent aux valeurs moyennes trouvées par Sultan, Farley et Lehmann (1990) à partir d'une meta-analyse sur la base de 213 produits.

4. Les résultats

Les résultats des différentes simulations sont présentés dans les figures n°1, n°2 et n°3, pour, respectivement, le nombre de nouveaux adopteurs d'Internet par année, le nombre cumulé d'internautes et le taux d'internautes dans la population totale. Les résultats des estimations des différents paramètres sont présentés dans le tableau n°2.

<i>Résultats</i>	<i>Modèle</i>		
	Bass	NUI a=1,23	NUI a =1,5
P	0,008*	0,013*	0,016*
Q	0,404*	0,608*	1,006*
a		1,23*	1,5**
Influence de la communication interpersonnelle <i>Cf figure n°4</i>	Constant	Variant de 0,28 à 0,608	Variant de 0,18 à 1,006
R²	0,76	0,78	0,81

Tableau n°2 Résultats des estimations obtenues pour les différents modèles

* Valeurs estimées

** Valeurs fixées avant l'estimation

Nous présentons par la suite quelques commentaires concernant en particulier chacune des modélisations réalisées.

4.1. Le modèle de Bass

Dans le tableau n°3, nous présentons les résultats de l'estimation des coefficients p et q pour le modèle de Bass ainsi qu'une comparaison avec la valeur moyenne obtenue par Sultan, Farley et Lehmann (1990). Rappelons que ces produits ont été pour la plupart des biens durables. Nous présentons aussi les valeurs obtenues par Dekimpe, Parker et Sarvary (1998), concernant la France, dans leur application à l'adoption des téléphones portables. L'intérêt de

cette application est qu'il s'agit aussi d'un produit de communication. Voici quelques remarques concernant ces comparaisons :

- ✓ Le coefficient d'innovation « p » obtenue pour l'adoption d'Internet est plus faible que la valeur moyenne (0,04) des coefficients estimés par Sultan, Farley et Lehmann (1990), mais plus fort que la valeur obtenue pour l'adoption du téléphone portable en France par Dekimpe, Parker et Sarvary (1998). Par rapport à ce dernier, il est possible d'interpréter ce résultat comme la traduction d'une influence plus importante des médias et d'autres sources d'influence externe sur l'adoption d'Internet que sur l'adoption du téléphone portable.
- ✓ En ce qui concerne le coefficient d'imitation « q », il est plus fort que la valeur moyenne de 0,3 rapportée par Sultan, Farley et Lehmann (1990). Il est aussi plus fort que celui obtenu pour l'adoption du téléphone portable par Dekimpe, Parker et Sarvary (1998), traduisant aussi une influence de la communication interpersonnelle plus importante dans le cas d'Internet.

	Internet	Valeurs moyennes Sultan, Farley et Lehmann (1990)	Téléphone portable en France Dekimpe, Parker et Sarvary (1998)
p « innovateurs »	0,008	0,04	0,0001
q « imitateurs »	0,404	0,3	0,353

Tableau n° 3: Comparaison des paramètres obtenus pour la diffusion d'Internet, avec les valeurs moyennes de la méta-analyse sur 213 produits Sultan, Farley et Lehmann (1990) et les valeurs obtenues par Dekimpe, Parker et Sarvary (1998) sur l'adoption des téléphones portables en France.

4.2. Le modèle NUI

Première estimation : En premier lieu, nous avons estimé les paramètres p , q et α avec la contrainte $\alpha > 1$ imposée, ce qui correspond à l'introduction des effets d'externalités de réseau (modélisés par une influence de la communication interpersonnelle qui augmente avec le temps). Dans le but d'obtenir une solution cohérente avec celle obtenue par le modèle de Bass, nous avons donné, comme conditions initiales pour l'optimisation, les valeurs de p et q

obtenues par ce modèle. Nous avons cherché à trouver une solution interprétable, avec des coefficients de p et de q du même ordre de grandeur que les valeurs classiques présentées dans la littérature. Comme résultat de cette première estimation nous avons trouvé $\alpha = 1,23$. Cette valeur du coefficient α , correspond à une variation de l'influence de la communication interpersonnelle allant de 0,28 au début de la diffusion à 0,608 à la fin. Cet intervalle de variation est à comparer avec la valeur constante de 0,4 du modèle de Bass (Figure n°4). La courbe d'adoption (Figures n° 1-3) correspondant à ce modèle est asymétrique. Elle a un point d'inflexion situé dans la deuxième moitié du cycle de vie, et une accélération de l'adoption le long de la période de diffusion par l'augmentation de la communication interpersonnelle. On observe ainsi une pénétration plus rapide, plus optimiste que celle proposée par le modèle de Bass.

Deuxième estimation: A titre illustratif de l'influence du coefficient α sur la description de la diffusion, nous avons réalisé une nouvelle estimation en fixant $\alpha = 1,5$. Les paramètres p et q sont estimés à partir des conditions initiales correspondantes à la solution de l'estimation précédente. Ce cas illustratif montre que, plus la valeur de α est grande, plus l'amplitude de la variation de l'influence de la communication interpersonnelle est large, et cette variation se fait sur une période plus courte (période de diffusion avant saturation). Surtout, plus la valeur de α est grande, plus la diffusion se fait sur une période plus courte, donc une accélération de l'adoption plus importante, et ainsi la saturation plus vite atteinte. Il est intéressant de remarquer que le coefficient R^2 (le pouvoir explicatif du modèle) est plus élevé que pour l'estimation précédente. Dans la figure n° 4 nous présentons la variation temporelle de l'influence de la communication interpersonnelle (équation 5) pour les trois estimations présentées.

Il est important de signaler que cette fonction temporelle de l'influence de la communication interpersonnelle doit, dans la réalité, être une fonction discontinue. Elle doit pouvoir changer de forme, influencée par des décisions politiques et stratégiques qui peuvent, à partir du moment où elles sont prises, diminuer ou retarder l'accélération de l'adoption. Une des raisons du mécontentement actuel des utilisateurs d'Internet, qui peut avoir un impact négatif sur l'adoption, est la lenteur des transmissions. On peut citer, parmi les décisions stratégiques qui peuvent avoir un impact d'accélération de l'adoption, celles concernant l'installation de

réseaux câblés au niveau des communes, ou l'arrivée de la concurrence (comme par exemple, les services de transmission ADSL commercialisé depuis 1998 aux Etats Unis).

4.3. La prévision

A partir des résultats obtenus, nous présentons sur la figure n° 3, la prévision en termes de taux de pénétration, c'est à dire en pourcentage d'internautes par rapport à la population âgée de plus de 18 ans. Le tableau n° 4 donne les taux correspondants aux prévisions en fin de chaque année, pour le modèle de Bass et pour la première estimation du modèle NUI (sans fixer α). Les différences entre les deux modélisations réalisées ne sont pas très importantes en début de période de simulation. En revanche, les différences augmentent avec la diffusion, observant ainsi une différence de 5% en 2003, de 14% en 2006 et de 13% en 2007. La saturation est atteinte environs 5 ans plus tôt avec le modèle NUI (98% en 2008) qu'avec celui de Bass (98% en 2013).

Prévisions du taux de pénétration		
	Bass	NUI $\alpha=1,23$
Fin-1996	4%	4%
Fin-1997	6%	6%
Fin-1998	9%	9%
Fin-1999	12%	13%
Fin-2000	17%	18%
Fin-2001	24%	25%
Fin-2002	31%	34%
Fin-2003	40%	45%
Fin-2004	50%	58%
Fin-2005	61%	72%
Fin-2006	70%	84%
Fin-2007	79%	92%
Fin-2008	85%	98%
Fin-2009	90%	100%
Fin-2010	94%	100%
Fin-2011	96%	100%
Fin-2012	97%	100%
Fin-2013	98%	100%
Fin-2014	98%	100%

Tableau n° 4 : Prévisions du taux d'internautes en fonction de deux estimations du modèle.

Les prévisions du modèle de Bass sont plus pessimistes que le modèle «NUI $\alpha=1,23$ ». Le modèle de Bass est un modèle qui traduit une situation « moyenne » d'adoption, une influence interpersonnelle constant tout le long du processus de diffusion. Les décisions stratégiques visant à améliorer les transmissions et les facilités d'accès, ou les décisions marketing susceptibles d'augmenter la qualité et quantité de services disponibles sur Internet, auront tendance à accélérer le processus d'adoption par l'augmentation de l'influence interpersonnelle (augmentation de l'utilité perçue ou effets d'externalités de réseau). Ces décisions vont faire augmenter le coefficient α et accélérer l'adoption. Il est possible aussi d'envisager qu'un retard de ces décisions puisse avoir un impact négatif sur l'adoption, et induire un coefficient α inférieur à l'unité.

4.4. Les limites

Toute modélisation présente des limites liées au fait qu'un modèle est, par sa propre définition, une représentation simplifiée de la réalité. Ces limites sont liées aux restrictions imposées par les hypothèses établies et aux données utilisées pour l'ajustement. Parmi ces limites, nous pouvons citer les suivantes :

- ✓ Le modèle fait intervenir deux phénomènes expliquant la diffusion, fondés sur la transmission d'information. Aucune modélisation des facteurs politiques, stratégiques ou commerciaux n'a été directement prise en compte. Ceci constitue inévitablement une simplification importante et restrictive. Il est possible, tout de même, de prévoir une augmentation de l'utilité perçue par des décisions stratégiques et commerciales qui tendent à faciliter l'accès au réseau, ainsi qu'à rendre son utilisation plus conviviale et plus rapide. Cet effet a été modélisé par l'influence non uniforme de la communication interpersonnelle.
- ✓ L'unité d'adoption est issue d'une estimation ponctuelle, à laquelle n'est pas associé un intervalle de confiance. Il est possible d'intégrer cet intervalle de confiance dans une méthode d'estimation stochastique (Xie, Song, Sirbu et Wang, 1997). Mais cette limite est commune à la plupart des applications du modèle de Bass publiées jusqu'à présent.
- ✓ Une autre limite est liée au fait de restreindre l'étude aux personnes âgées de plus de 18 ans. Cette limite est imposée par les caractéristiques du panel de Médiamétrie. Il est évident que la population comprise entre 11 et 17 ans est concernée par l'adoption d'Internet. Ceci étant, au 3^{ème} trimestre 2000, Médiamétrie estime à 346 000 le

nombre d'internautes âgés entre 15 et 17. Ces derniers représentent moins de 6% du nombre total d'internautes à la même époque.

- ✓ Une limite très importante vient du fait que nous nous trouvons en début du processus de diffusion, loin encore du point d'augmentation maximale du nombre annuel de nouveaux adopteurs (maximum sur les courbes de la figure n°1). Dans ce cas les valeurs estimées peuvent être biaisées. Pour palier à ce problème, nous avons imposé comme marché potentiel la population totale française âgée de 18 ans et plus. Une solution, plus pertinente, pourrait être d'estimer un marché potentiel augmentant avec le temps d'adoption jusqu'à atteindre la population totale à la saturation. Ces prévisions devront être plus pessimistes que celles que nous avons obtenues. Ceci constitue une piste de recherche à suivre pour améliorer les prévisions.

CONCLUSIONS

L'ère de la communication est caractérisée par des changements radicaux dans nos sociétés. L'impact de ces nouvelles technologies sur les pratiques managériales et sur l'innovation dans les services est très important. Parmi ces technologies, Internet bouleverse profondément nos comportements et habitudes, et son utilisation se répand inévitablement, malgré le retard initial pris par la France. Le modèle de Bass, appliqué avec succès en marketing, et le modèle NUI nous ont servi d'outil de prévision du taux de pénétration d'Internet en France. L'introduction des effets d'externalités de réseau, par le modèle NUI, permet de rendre plus réaliste la description de la diffusion d'Internet. Malgré les limites des modélisations proposées, elles nous ont permis de décrire et analyser le comportement d'adoption et l'évolution du taux de pénétration d'Internet en France. Avec l'arrivée de nouvelles données, il sera possible de mieux préciser la valeur du coefficient α .

Cette étude peut servir de base à l'analyse de l'impact de l'introduction d'Internet dans les services, ainsi que l'impact sur les divers aspects de l'innovation dans les services (Gallouj et Gallouj 1994).

Un autre intérêt de cette étude est de montrer l'applicabilité de ces types de modèles de diffusion (classiquement appliqués aux biens durables) à Internet, qui est lui-même un service, montrant ainsi que la diffusion des nouveaux services peut être modélisée à partir des données provenant des panels. Ceci constitue une voie de recherche à développer.

BIBLIOGRAPHIE

1. BASS F. (1969), "A new product growth model for consumer durables", Management Sciences, 15, 1, 215-227.
2. BASS F., WIND Y. (1995), "Empirical Generalizations in Marketing", Marketing Science, 14, 3, Part 2 of 2, G1-G5.
3. BEMMAOR (2001), "Bass ou le marketing scientifique", Les grands auteurs en Marketing, Ed. Alain JOLIBERT, Paris, Management et Société.
4. COSTES Y. (1998), "La mesure d'audience sur Internet : un état des lieux", Recherche et Applications en Marketing, 13, 4, 53-67.
5. DEKIMPE M., PARKER P., SAVARY M. (1998), "Staged Estimation of International Diffusion Models", Technological Forecasting and Social Change, 57, 105-132
6. DE PALMA A., DROESBEKE J. J., LEFEVRE C. (1991), Modèles de diffusion en marketing, Collection GESTION, Presses universitaires de France.
7. DUFOUR A. (1995), Internet, Collection «Que sais-je ? », Presses universitaires de France.
8. EASINGWOOD C., MAHAJAN V., MULLER E. (1983), "A nonuniform influence innovation diffusion model of new product acceptance", Marketing Science, 2, 3, 273-295
9. GALLOUJ C., GALLOUJ F. (1994), Economie de l'innovation dans les services, Collection Logiques économiques, Ed. l'Harmattan
10. INSEE (2000), "La percée du téléphone portable et d'Internet", Insee Première, N°700.
11. INSEE (2000), "La France continue de vieillir", Insee Première, N° 746.
12. LE NAGARD-ASSAYAG, E. (1999), "Le concept d'externalité de réseau et ses apports au marketing", Recherche et Applications en Marketing, 14, 3, 59-78
13. MAHAJAN V., MULLER E., BASS F. (1990), "New Product Diffusion Models in Marketing : A Review and Direction for Research", Journal of Marketing, 54, 1 , 1-26
14. MAHAJAN V., PETERSON R. (1985), Models for Innovation Diffusion, Sage University Paper series on Quantitative Applications in the Social Sciences, 07-048, Beverly Hills and London: Sage Pubns.
15. ROGERS (1962), Diffusion of Innovation, New York : The Free Press.

16. SANOUILLET A. (1995), L'Internet pour nous @utres, Centre du XXIe siècle Editions, Université de Nice.
17. SULTAN F., FARLEY J., LEHMANN D. (1990), "A Meta-Analysis of Applications of Diffusion Models", Journal of Marketing Research, 27, 1, 70-77
18. XIE J., SONG M., SIRBU M., WANG Q. (1997), "Kalman Filter estimation of new product models", Journal of Marketing Research, 34, 4, 378-393

ANNEXES

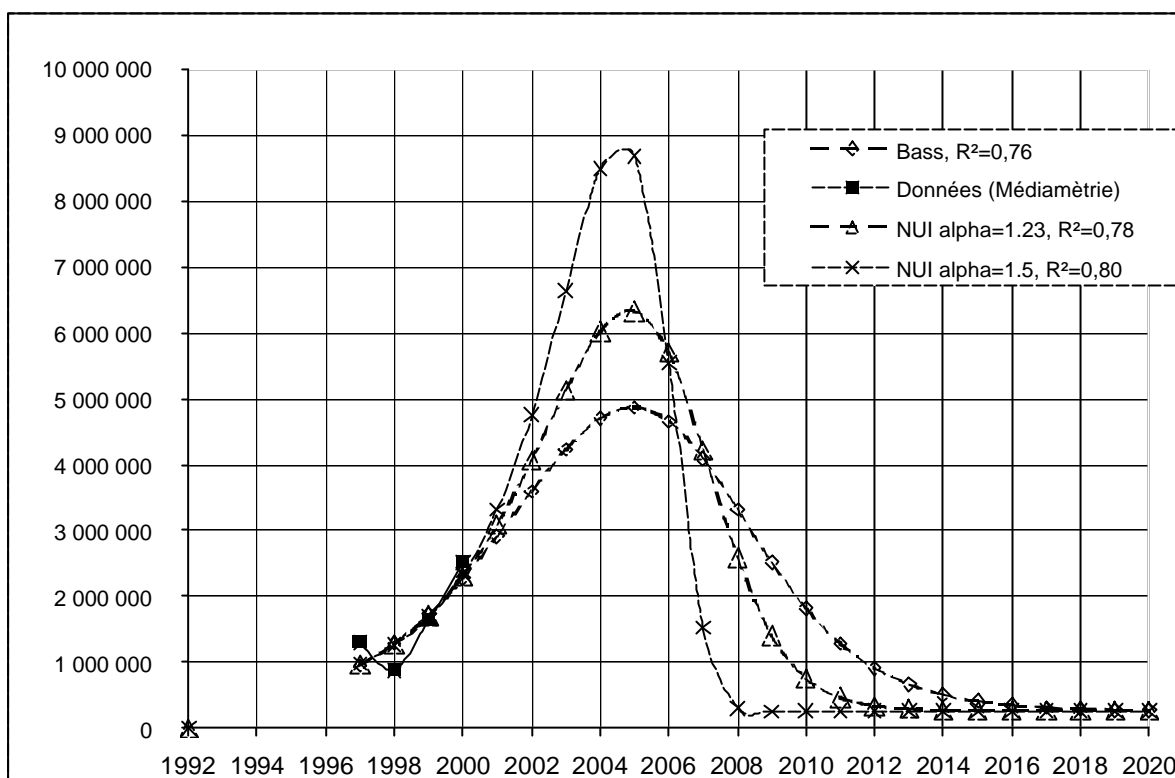


Figure n°1 : Augmentation annuelle du nombre d'internautes en France

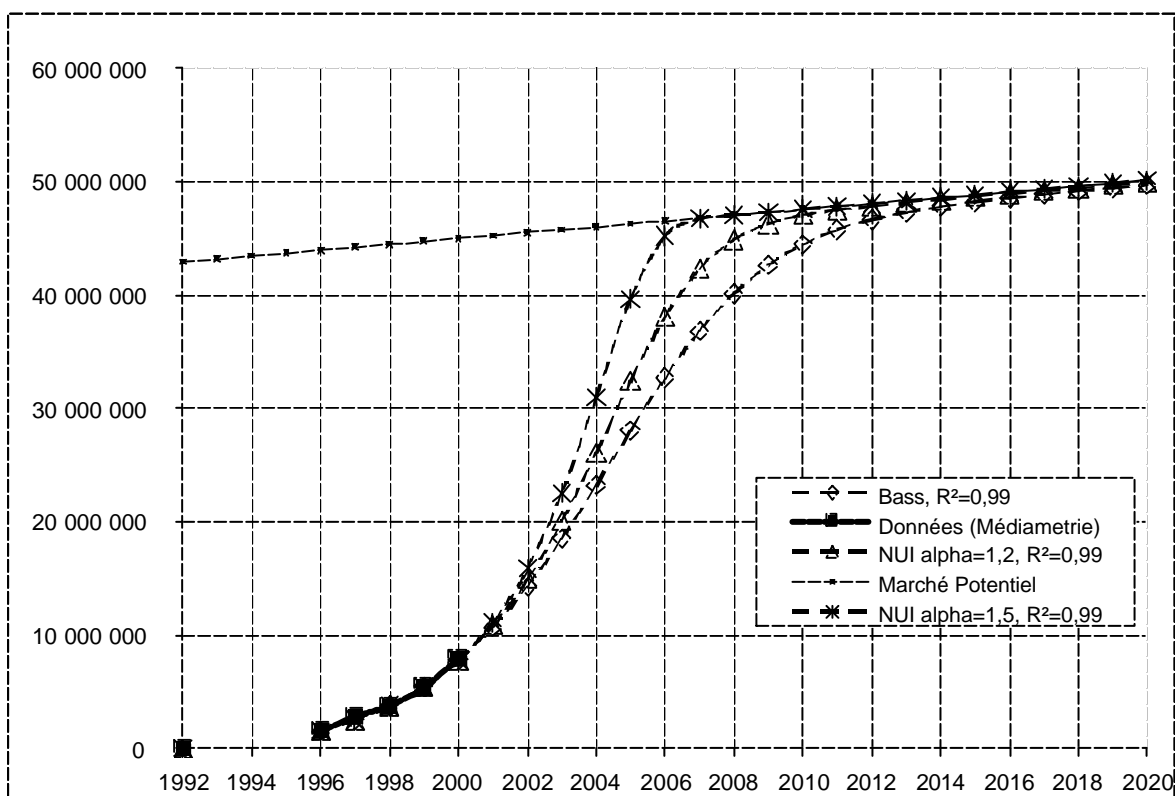


Figure n°2 : Evolution du nombre d'internautes dans la population française

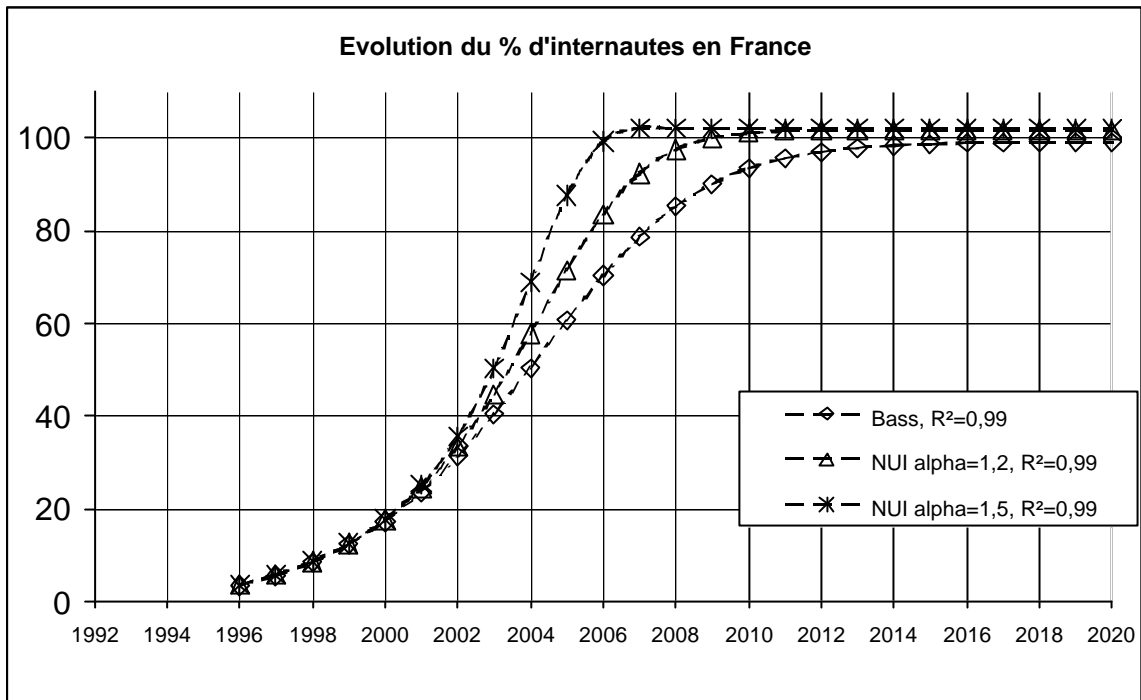


Figure n°3 : Evolution du taux de pénétration d'Internet

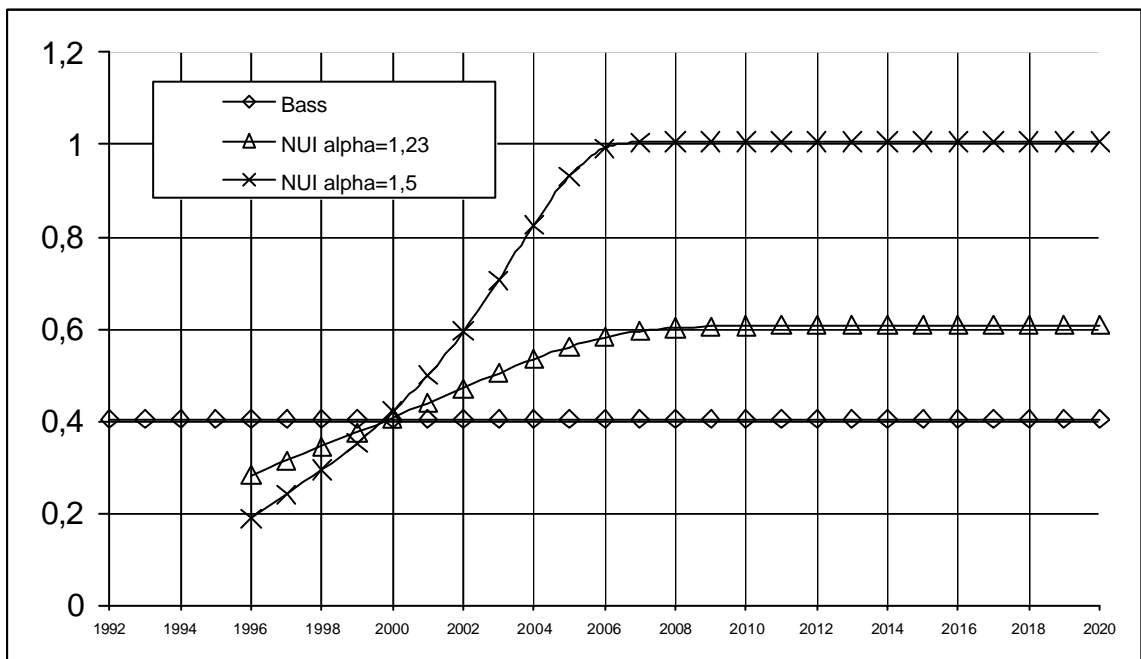


Figure n°4 : Evolution temporelle du coefficient de communication interpersonnelle des différents modèles