

**MESURE DE LA PERFORMANCE ET OPTIMISATION
D'OPERATION DE MARKETING VIRAL ON LINE
PAR LES RESEAUX DE PETRI**

Christine Balagué

HEC School of Management, Paris

1 rue de la Libération

78351 Jouy-en-Josas, France

Téléphone: +33-6 12 48 29 39

Fax: + 33-1 39 67 94 54

E-mail: balaguec@hec.fr

**MESURE DE LA PERFORMANCE ET OPTIMISATION
D'OPERATION DE MARKETING VIRAL ON LINE
PAR LES RESEAUX DE PETRI**

Résumé :

Dans cet article, nous introduisons la technique des réseaux de Pétri pour modéliser un jeu promotionnel on line à caractère viral. L'objectif principal est de maximiser l'impact viral du jeu promotionnel en optimisant le nombre et la position de questions virales dans le questionnaire du jeu.

Mots-clés : marketing viral, réseaux de Pétri, modélisation, jeu promotionnel, Internet

Abstract:

In this article, we introduce Petri nets to model a viral on line promotional game. The main objective is to maximize the viral impact of the game by optimising the number and the position of viral questions in the game questionnaire.

Key words: viral marketing, Petri nets, modeling,, promotional game, Internet

INTRODUCTION :

Durant les dernières années, les chercheurs et les managers en marketing ont analysé les spécificités d'Internet et développé des stratégies afin d'utiliser le Web comme nouveau canal de communication et de distribution. Les principaux thèmes de ces recherches portent sur l'amélioration du design des sites Web, l'objectif étant de maximiser la fréquence de visite, la durée des visites et l'achat. Par exemple, Mandel et Johnson (2002) étudient l'influence du design d'une page Web sur le choix de produit effectué par le consommateur. Ansari et Mela (2003) analysent la personnalisation du contenu des e-mails et leur capacité à accroître le trafic des sites. Lynch et Ariely (2000), Zauberma (2003) mesurent l'impact des coûts de recherche d'information on line. Un autre courant porte sur l'étude du comportement de visite des sites Web pour expliquer le comportement d'achat.

Peu de recherches en revanche portent sur l'impact d'actions de marketing viral sur Internet. L'un des principaux objectifs de ces actions est la constitution à faible coût d'importantes bases de données d'adresses e-mail pouvant être ensuite utilisées lors d'opérations de marketing direct. Une technique courante de marketing viral consiste à organiser sur Internet un jeu promotionnel. L'internaute est soumis à un instant win avec possibilité, s'il ne gagne pas, de poursuivre le jeu en contrepartie de réponses à un questionnaire (ce questionnaire comprenant des questions soit de qualification, soit virales (de type donner une adresse e-mail)). Peu d'articles de recherche porte sur l'optimisation de ce type de questionnaire ou plus globalement sur la modélisation d'opérations de marketing viral sur le Web. L'objectif de cet article est donc d'introduire la méthodologie des réseaux de Pétri pour répondre à cette problématique marketing.

Modéliser le comportement du consommateur sur Internet exige des techniques spécifiques pour plusieurs raisons. Tout d'abord, le comportement de visite et d'achat sur le Web diffère de celui des magasins « brick-and-mortar », en particulier en raison du faible taux de conversion : selon une étude du BCG et de shop.org (Betts, 2001), les sites Web reçoivent des millions de visiteurs, mais seulement 3% achètent. Comme le soulignent Sismeiro et Bucklin (2004), ceci implique que les visites des sites Web ne sont pas de bons critères pour prédire les achats et que les modèles de type logit ou probit attribuant un impact direct des visites sur le comportement d'achat ne sont pas adaptés au Web. L'objectif de cet article est

de proposer la méthodologie des réseaux de Pétri qui est particulièrement adaptée à l'étude des phénomènes sur le Web et qui tient compte des actions séquentielles des internautes. Plusieurs autres caractéristiques du comportement sur Internet exigent des méthodes flexibles pour modéliser les différentes actions des internautes. Tout d'abord, plusieurs actions sur le Web sont simultanées. Par exemple, un nombre presque illimité de visiteurs peuvent s'inscrire sur la homepage d'un jeu promotionnel sur Internet, tandis que d'autres sont à la fin du jeu ou que d'autres encore arrêtent de jouer. Ces comportements de visites sur Internet sont souvent complexes à modéliser de manière analytique en raison des trop lourdes ressources informatiques nécessaires. De plus, les modèles de causalité classiques explorant une partie d'un phénomène sont limités pour analyser l'aspect dynamique d'un processus global de comportement sur Internet. Une solution à ce problème est d'utiliser des outils de simulation, capables de décrire et d'analyser des systèmes complexes, comme le suggèrent Law et Kelton (2000). Nous proposons donc d'introduire dans cet article les réseaux de Pétri qui permettent d'analyser des systèmes complexes intégrant des actions parallèles, synchronisées, séquentielles qui constituent souvent les caractéristiques des phénomènes sur Internet. Les réseaux de Pétri sont aussi des outils de simulation qui permettent d'analyser les performances d'un système en incorporant de manière flexible différentes actions.

L'article qui suit est organisé de la manière suivante : nous décrivons tout d'abord le cadre théorique de notre recherche puis détaillons le mécanisme du jeu promotionnel on line « Le Ciel est à tout le monde ». Nous développons ensuite la modélisation de ce jeu par les réseaux de Pétri. Après l'analyse des résultats, nous soulignons les avantages liés à l'utilisation des réseaux de Pétri et développons plusieurs pistes de recherches futures.

CADRE THEORIQUE:

Notre recherche s'appuie sur deux courants de recherche en marketing. Le premier porte sur la modélisation des comportements de visites des sites Web, le second sur les phénomènes de bouche à oreille et le marketing viral.

La modélisation du comportement de visite des sites Web :

De nombreuses recherches récentes en marketing portent sur la modélisation du comportement de visite et d'achat sur Internet. Le développement de ce courant s'explique par plusieurs facteurs. Tout d'abord, de nombreuses entreprises ont cherché à utiliser le Web

comme nouveau circuit de communication et de distribution, mais beaucoup ont hésité en raison de leur méconnaissance du comportement des internautes et de ses effets potentiels. Face à ce constat, des chercheurs ont essayé de mieux comprendre le comportement sur le Web, en particulier les comportements de visites et d'achat qui constituent des éléments clés pour les entreprises. Le deuxième facteur explicatif de ce courant de recherche est la nécessité pour les entreprises de mesurer les effets d'actions marketing sur Internet, notamment en terme d'impact financier. Les chercheurs ont donc développé dans ce courant de recherche plusieurs modèles visant à mesurer, expliquer et analyser le comportement des internautes en fonction d'un certain nombre de variables explicatives. Les principaux articles sont présentés ci-dessous.

Bucklin et Sismeiro (2003) modélisent le comportement de navigation sur un site Web en intégrant deux éléments clés: la décision de l'internaute de continuer la navigation et la durée de chaque page vue. Ils appliquent un modèle de type Tobit II et lient la propension de l'internaute à poursuivre sa visite à la profondeur de visite et à la répétition des visites. Pour analyser le comportement de visite d'un site Web, Telang, Boatwright, et Mukhopadhyay (2004) utilisent des modèles mixtes proportionnels de hasard pour prédire les visites sur des moteurs de recherche. Deux articles portent sur les visites de l'internaute sur plusieurs sites concurrents. Le premier, de Park et Fader (2004), propose des modèles stochastiques. Les auteurs montrent que leur modèle permet d'améliorer la capacité des sites à prévoir la date des visites futures en capturant la date et la fréquence des visites précédentes sur le site et ses sites concurrents. Leur modèle corrige notamment la surestimation du nombre de visites effectuées lorsque les chercheurs considèrent les dates de visites sur plusieurs sites de manière indépendante. Dans le même courant de recherche, Johnson, Moe, Fader, Bellman, et Lohse (2004) modélisent le comportement de recherche sur plusieurs sites concurrents de e-commerce avec des modèles de probabilité et un processus logarithmique. Ils montrent notamment que les internautes effectuent des recherches sur un nombre peu important de sites concurrents et que l'intensité de leur recherche est liée aux caractéristiques de l'individu. Une approche différente est développée par Sismeiro et Bucklin (2004). Ces auteurs proposent un modèle prédictif du comportement d'achat sur le Web. En utilisant des fichiers log de navigation, leur modèle décompose le comportement de l'internaute en différentes tâches séquentielles effectuées lors de la visite du site (configuration du produit, entrée des informations personnelles, confirmation de commande avec information sur les cartes de crédit). Les auteurs montrent notamment que le comportement de navigation prédit

l'accomplissement des différentes tâches séquentielles mais que les visites répétées n'expliquent pas la propension à acheter.

Moe et Fader (2004b) font le lien entre comportement de visite et achat en proposant un modèle de conversion dynamique prédisant la fréquence et le volume d'achat en fonction des précédentes visites et des seuils d'achat. Tenant compte de l'hétérogénéité des consommateurs et de la dynamique dans le temps, ils montrent que leur modèle de conversion est plus performant que les modèles classiques de type régression logistique. Dans un autre article, Moe et Fader (2004a) proposent un modèle d'évolution des visites dans le temps. La littérature récente en marketing comprend par conséquent plusieurs articles modélisant les comportements de visites et d'achat sur les sites Web, chaque article proposant un modèle spécifique. Cependant, ces modèles présentent certaines limites, comme par exemple leur complexité. Cette caractéristique rend difficile leur application en entreprise et leur utilisation. De plus, toutes ces recherches soulignent le fait qu'elles n'intègrent pas tous les éléments du comportement de l'internaute, en raison probablement de la complexité d'un tel objectif. Enfin, aucun de ces articles ne porte sur la modélisation de visites dans le cadre d'actions de marketing viral sur Internet. Nous proposons donc dans notre recherche de présenter les réseaux de Pétri pour modéliser les visites des internautes dans le cadre d'un jeu promotionnel viral on line, cette approche permettant de modéliser des systèmes complexes en les simplifiant et en utilisant un langage graphique compréhensible des managers.

Le marketing viral sur Internet:

De nombreuses recherches en marketing portent sur les phénomènes de bouche-à-oreille. Certains articles issus de la littérature managériale développent même l'idée selon laquelle les processus de communication fondés sur le bouche à oreille constituent une force puissante sur un marché (Marney, 1995 ; Silverman, 1997). Le bouche à oreille correspond à une communication informelle, à la fois positive et négative, sur les caractéristiques d'un fournisseur et/ou ses produits (Tax et al. 1993). Utilisant le même mécanisme que le bouche-à-oreille mais sur Internet, la notion de marketing viral a été utilisée par Steve Jurvetson en 1996 pour décrire la stratégie marketing du service gratuit d'e-mail Hotmail (chaque e-mail arrivant dans la boîte de réception comportait le message : « Get your private, free e-mail from Hotmail at <http://www.hotmail.com> » avec la recommandation personnelle de l'expéditeur). Même si ce phénomène a fait l'objet de nombreux articles managériaux, la littérature académique sur le marketing viral est peu importante. Les articles managériaux se résument essentiellement à la présentation de cas d'entreprises à succès. Les exemples comme

Beanie Babies, the Blair Witch Project, Paypal, dont la stratégie repose sur le phénomène de marketing viral sont très fréquemment cités. Business Week (2001) annonce même le nouveau monde du buzz marketing, citant plusieurs exemples menés durant l'été 2001, comme les stratégies de Vespa, des jeux Hasbro ou encore de Ford. Même si peu d'articles académiques portent sur le marketing viral, de nombreuses recherches portent sur le phénomène du bouche à oreille. Nous retiendrons dans cette littérature deux recherches en particulier qui proposent d'analyser le bouche-à-oreille par des analyses de réseau, puisque notre modèle les réseaux de Pétri est fondé sur la même logique. Le premier article est un article de référence sur le bouche-à-oreille par Brown et Reigen (1987) qui présentent une analyse de réseau du comportement de bouche à oreille dans un environnement naturel. Ils examinent le comportement de bouche à oreille grâce à la force de lien et l'homophilie (niveau auquel des paires d'individus sont similaires sur certains attributs comme l'âge, le sexe et l'éducation). Leur étude met en évidence au niveau macro et micro les différents rôles joués par les liens sociaux faibles et forts. Au niveau macro, les faibles liens exercent une fonction de passerelle, permettant à l'information de circuler d'un sous-groupe distincts d'acteurs à un autre sous-groupe dans un système social plus large. Au niveau micro, les forts liens et l'homophilie sont activés pour développer le flux d'informations auquel les individus vont se référer. Le deuxième article, de Bristor (1990), propose aussi une approche de réseau pour étudier le bouche à oreille. Selon cet auteur, l'approche par réseau est une alternative prometteuse pour l'étude du bouche à oreille car elle reconnaît les relations qui lient les membres d'un système social. Bristor affirme qu'un réseau de bouche à oreille est un réseau social de personnes qui s'engagent, en plus des relations qu'elles ont entre elles. D'autres articles portent plus précisément sur le concept de marketing viral sur le Web. Récemment, Kaikati et Kaikati (2004) développent le concept de marketing furtif ancré sur le principe selon lequel le bouche-à-oreille reste la forme de promotion la plus efficace. Selon ces auteurs, les individus sont aujourd'hui bombardés de messages publicitaires qu'ils détectent et développent des mécanismes de défense. Les marketers doivent donc utiliser des méthodes plus subtiles pour communiquer un message aux consommateurs, comme le marketing furtif qui consiste à présenter un nouveau produit en créant intelligemment un « buzz » de manière clandestine. Plusieurs techniques marketing sont proposées par les auteurs dans le cadre du marketing furtif : le marketing viral, les « pousseurs de marque » (acteurs novices s'approchant de personnes dans des situations de vie réelle en leur glissant des messages commerciaux dans des bars branchés, des magasins de musique), le marketing célébrité (des célébrités sont embauchées par des laboratoires pharmaceutiques pour discuter et mentionner

certains médicaments), le marketing dans les jeux vidéo (faire apparaître les marques ou les logos pour les renforcer) et enfin le marketing dans la musique Rap et Pop. Le marketing viral a été analysé sous l'angle du consommateur-vendeur par Helm (2000) qui souligne l'idée selon laquelle de nombreuses entreprises essaient d'utiliser sur le Web les réseaux de communication de leurs propres consommateurs pour promouvoir et distribuer leurs produits. L'expansion d'Internet ouvre également de nouvelles perspectives en ce concerne le bouche à oreille. Certains sites (Walmart, Chase Manhattan Bank, Toys 'R' Us) proposent des espaces de discussion sur les produits et les services multipliant ainsi les effets du bouche-à-oreille. L'entreprise a donc intérêt à utiliser ces interactions entre internautes. Helm (2000) définit le marketing viral comme un concept de communication et de distribution qui repose sur des consommateurs transmettant des produits digitaux par e-mail à d'autres consommateurs potentiels de leur sphère sociale et animant ces contacts pour que ceux-ci transmettent aussi les produits à d'autres. L'auteur décrit les trois caractéristiques d'une stratégie de marketing viral efficace : le produit est proposé gratuitement uniquement sur le Net et pas dans les autres circuits de distribution (les très faibles coûts fixes sur Internet favorise la distribution gratuite des produits, le coût marginal pour une unité supplémentaire est proche de zéro) ; l'offre contient une réelle valeur ajoutée ; les premiers contacts sont choisis avec précaution. Helm (2000) distingue également les stratégies de marketing viral avec forte ou faible intégration du consommateur. Dans un article provocateur, Dye (2000) montre que le marketing viral n'obéit pas aux cinq mythes suivants pourtant très répandus: les produits à scandale ne sont pas les seuls produits intéressants à promouvoir par bouche-à-oreille (certains médicaments peuvent créer un bouche-à-oreille très fort) ; le buzz n'arrive pas tout seul mais est le résultat d'actions marketing bien organisées ; les meilleurs déclencheurs de buzz ne sont pas les meilleurs consommateurs (certains contre culture peuvent déclencher un buzz) ; pour profiter de l'effet d'un buzz, on ne doit pas agir en premier et vite (certains « copieurs » peuvent tirer des profits substantiels s'ils savent quand créer le buzz) ; les media et de la publicité ne sont pas nécessaire pour créer un buzz.

Cette synthèse de la littérature sur le marketing viral montre par conséquent que peu de recherches académiques portent sur le marketing viral et en particulier sur la modélisation de ce phénomène, ce que nous nous proposons de faire dans cet article. L'objectif de cette recherche est de modéliser et d'optimiser un jeu promotionnel viral on line. Notre application empirique est l'opération « Le ciel est à tout le monde » menée par le site de voyages Anyway .com.

PRINCIPE DE L'OPERATION « LE CIEL EST A TOUT LE MONDE » :

La stratégie Internet de l'entreprise Anyway :

Anyway.com appartient au Groupe IAC / InterActiveCorp IAC/Interactive Corp (Nasdaq : IACI). IAC a pour objectif de devenir l'entreprise de commerce interactive la plus importante et la plus rentable au monde, grâce à une stratégie multimarques. La division IAC Travel englobe Expedia Inc., Interval International, TV Travel Shop, Hotels.com et Hotwie.com. IAC regroupe également HSN (Home Shopping Networks), Ticketmaster, Evite, ReserveAmerica, Match.com, uDate.com, Entertainment Publications, Citysearch, Precision Response Corporation et Lending Tree. Depuis 15 ans, Anyway commercialise des voyages et plus de 1 000 000 de personnes ont déjà fait confiance à leur service pour voyager dans le monde entier. Le site Anyway.com intègre dans sa base de données plus de 1 500 000 tarifs négociés. Son moteur de recherche est l'un des plus rapides du marché et restitue en quelques secondes les meilleurs tarifs et leur disponibilité sur plus de 1000 destinations. Anyway commercialise des vols internationaux et domestiques, des séjours et des circuits, des idées de week-end, des séjours à thèmes, des réservations hôtelières et des locations de voiture.

Mécanisme de l'opération « Le Ciel est à tout le monde » :

L'opération « Le Ciel est à tout le monde » est un jeu promotionnel viral élaboré par la société Millemercis.com pour le compte d'Anyway. Millemercis.com est le spécialiste français des bases de données et d'opérations promotionnelles virales sur Internet.

L'opération « Le Ciel est à tout le monde » s'est déroulée entre le 10 Mai et le 8 Juin 2004 (soit une durée de 30 jours). L'un des objectifs d' Anyway est de relancer le trafic sur le site, d'accroître les ventes et de recruter 200 000 participants.

La mécanique du jeu promotionnel utilisé est la suivante :

1. L'internaute s'inscrit sur la page d'accueil du jeu,
2. Il choisit ensuite son avion parmi 7,
3. Son avion s'envole et atterrit sur la mappemonde,
4. S'il se pose sur la destination pour laquelle joue le joueur, il a gagné 2 billets d'avion pour cette destination,

5. Sinon, il a perdu. Pour retenter sa chance, le participant doit répondre à une question soit de qualification (socio-démographique ou comportement de voyage), soit virale (donner l'adresse e-mail d'un ami pour lui envoyer une e-card et lui proposer de découvrir le jeu)
6. Lorsque le participant souhaite arrêter de jouer, un pop-under met en avant le site Anyway.com.

Les dotations mises en jeu correspondent à 30 billets d'avion aller retour pour deux personnes, soit un gagnant par jour.

Les principaux résultats de l'opération sont les suivants : 561 535 visites sur 30 jours de jeu, 227 879 joueurs inscrits (pour un objectif initial de 200 000), une durée moyenne de visite de 7 minutes 48 secondes, 10 834 075 pages ont été vues sur la durée du jeu.

MODELISATION DU JEU PROMOTIONNEL « LE CIEL EST A TOUT LE MONDE » PAR LES RESEAUX DE PETRI :

Présentation des réseaux de Pétri :

Les réseaux de Pétri ont été créés dans les années 1960 par Carl Adam Petri (1962) pour étudier des systèmes dynamiques complexes de communication entre automates. Leur application s'est développée dans des domaines divers comme l'informatique, la recherche opérationnelle, la biologie, les systèmes d'organisation, incluant les systèmes d'information homme-machine (Meldman, 1977), la modélisation de la performance de supply chain (Viswanadham et Srinivasa Raghavan, 2000), la modélisation de processus d'achat on line (Weitz, 1998). Une revue de littérature des réseaux de Pétri appliqués à la modélisation de systèmes de flux est menée par Salimifard et Wright (2001). Un réseau de Pétri est un modèle reposant sur un langage graphique pour designer, spécifier, simuler, vérifier et optimiser des systèmes complexes. Il est particulièrement bien adapté à la modélisation de systèmes dans lesquels existe un partage de communications et de nombreuses interactions (Jensen, 1992). Les réseaux de Pétri nets peuvent modéliser des systèmes dynamiques complexes qui évoluent d'un état à un autre en fonction d'évènements internes ou externes qui surviennent.

Un réseau de Pétri est défini par $N = \{P, T, F\}$, où P est un ensemble de places, T un ensemble de transitions et F un ensemble d'arcs orientés. Les places décrivent les états du système et sont graphiquement représentés par des cercles. Les transitions, représentées par

des rectangles, décrivent les événements qui interviennent dans le système. Les arcs décrivent la manière dont le système change lorsqu'une transition s'effectue. Un marquage assigne des jetons aux différentes places du système. Chaque place contient un nombre positif ou nul de jetons. L'évolution des jetons au travers des places et des transitions décrit l'évolution dynamique du système.

Chaque arc relie une place particulière p à une transition t (p est une place d'entrée) ou une transition t à une place p (p est une place de sortie). Une transition peut s'effectuer lorsque sa place d'entrée contient au moins un jeton. Une transition possible s'effectue en supprimant un jeton de sa place d'entrée et en déposant un jeton dans sa place de sortie. Le nouveau marquage correspond alors au nouvel état du système.

< Insérer Figure 1: Réseau de Pétri >

A titre d'exemple, nous pouvons illustrer un réseau de Pétri par la figure 1, qui décrit un système avec un jeton dans la place $P1$ et une transition $T1$ possible à l'état 1. Dans l'état 2 du système, après que la transition $T1$ soit effectuée, le jeton disparaît de $P1$ et apparaît dans la place $P2$. Si le jeton correspond à un consommateur et la transition $T1$ à un achat, ce système modélise un consommateur avant l'achat (état 1), l'achat (transition $T1$) et le consommateur après l'achat (état 2). Dans la figure 1, les transitions sont représentées par des rectangles noirs qui signifient qu'elles sont immédiates (sans délai).

Le marquage $M0$ est défini par la distribution des jetons à l'état initial du système.

L'évolution du système peut être décrite de la manière suivante (adapté de Salimifard et Wright, 2001): si p_1, p_2, \dots, p_p sont les places différentes dans le système et $M(p_p)$ le nombre de jetons dans la place p_p , le marquage $M = \{M(p_1), M(p_2), \dots, M(p_p)\}$ représente un état du système. Une transition possible t du marquage M transforme celui-ci en un nouveau marquage M' (noté $M [t > M']$) en supprimant un jeton de chaque place d'entrée et en ajoutant un jeton à chaque place de sortie.

De nombreux comportements sur le Web, comme le temps entre deux visites sur un site, suivent par nature des processus stochastiques, alors que d'autres sont liés aux comportements précédents. Par exemple, les acheteurs en ligne doivent fournir des informations, comme leurs caractéristiques personnelles (nom, adresse, âge, ...) pour pouvoir acheter. D'autres activités s'effectuent simultanément (comme recevoir une newsletter par e-mail alors qu'on surfe sur le site Web) ou une activité peut être prioritaire par rapport à d'autres. Par exemple, lorsqu'un visiteur de site Web veut payer un produit, le site doit vérifier les informations sur la carte de

crédit fournie par l'internaute, cette vérification étant prioritaire par rapport à toute navigation de l'internaute sur le site. Pour modéliser les activités complexes sur le Web, il est nécessaire de développer un modèle incorporant les relations complexes entre toutes ces différentes activités en tenant compte des processus stochastiques avec des probabilités de distributions adaptées. Les réseaux de Pétri stochastiques (SPN) ont été développés pour représenter de tels systèmes complexes. Le modèle SPN est un réseau de Pétri qui associe une distribution de probabilité à chaque transition (nommée alors transitions temporisées). Haas (2002) décrit précisément ce type de modèle. Parce que les réseaux de Pétri stochastiques représentent des systèmes caractérisés par la concurrence, la synchronisation, les priorités, ils sont particulièrement adaptés pour modéliser le comportement des internautes.

Application des réseaux de Pétri à la modélisation de l'opération «Le Ciel est à tout le monde»

L'opération « Le Ciel est à tout le monde » peut être représentée par le réseau de Pétri stochastique de la figure 2 suivante.

< Insérer Figure 2: réseau de Pétri de l'opération « Le Ciel est à tout le monde »> .

La place initiale du système est la place *joueurs* qui correspond aux internautes qui vont sur le site du jeu promotionnel. La transition *inscriptionjoueurs* s'effectue lorsque un ou plusieurs joueurs de la place *joueurs* s'inscrivent au jeu. Les joueurs inscrits sont placés dans la place *joueursinscrits*. Ils sont ensuite soumis à la question Q1 (transition *Q1*) et le nombre de répondants à la question Q1 correspond au nombre de jetons de la place *réponseQ1*. Le jeu se poursuit ensuite par la question Q2 et ainsi de suite. Les participants au jeu promotionnel peuvent répondre à 42 questions au total. Il existe trois catégories de questions : les questions de qualification « pures » (demande de critères socio-démographiques ou comportement de voyage ;) ; les questions virales « pures » (demande d'e-mail d'un ami) ; les questions « mixtes » qui sont soit de qualification soit virales en fonction d'une question filtre préalable. Le questionnaire du jeu comporte 25 questions de qualification « pure », 10 questions virales « pures », 7 questions « mixtes ».

Comme le montre la figure 2, pour chaque mixte ou virale, on mesure le nombre d'adresses virales fournies. Par exemple, la question Q4 est une question virale pure. Pour mesurer l'effet viral de cette question, le nombre de jetons de la place *viralQ4* fourni le nombre d'adresses virales fournies à la question Q4, la transition *viralQ4* joue s'effectue lorsqu'une adresse e-

mail fournie à la question Q4 devient joueur. Grâce à l'arc reliant la transition *viralQ4joue* à la place *joueurs* on modélise la transformation en joueurs des adresses e-mails fournies à la question Q4. Le même principe est appliqué à chacune des 42 questions proposées dans le jeu. Les réseaux de Pétri reposent sur des distributions de probabilités qui vont définir chacune des transitions du système. Nous allons donc déterminer les différentes lois des transitions de la figure 2.

Modélisation du nombre d'inscriptions de joueurs :

L'objectif de cette partie est de déterminer la loi de probabilité de la transition *inscriptionjeu* dans le réseau de Pétri du jeu Anyway de la figure 2. Ceci revient à étudier le nombre d'inscriptions de joueurs par jour. Sur la période des 30 jours du jeu, une nouvelle inscription de joueur survient en moyenne toutes les 8,86 secondes (forte activité d'inscription). L'histogramme des données dévoile une courbe de forme exponentielle, ce qui est cohérent avec de nombreuses recherches sur les files d'attente où la loi d'arrivée des individus suit une telle loi (Trivedi, 2002). Rappelons que le modèle exponentiel est de la forme suivante :

$$f(X) = \lambda e^{-\lambda X}$$

avec λ paramètre du modèle.

Les inscriptions au jeu proviennent de cinq sources différentes : l'affiliation, le marketing viral du jeu, l'e-mail d'annonce du jeu envoyé aux internautes déjà clients d'anyway, l'e-mail de relance sur les internautes de la base anyway qui n'ont pas réagi à l'e-mail d'annonce et enfin l'autopromotion sur le site anyway. Parmi plusieurs modèles testés, nous avons retenu comme modèle final pour représenter le nombre d'inscriptions de joueurs une loi exponentielle gamma avec covariés. Le paramètre lambda de la loi exponentielle suit effectivement une loi gamma selon les jours du jeu, et dépend de cinq covariés correspondant aux cinq sources de recrutement. Les paramètres du modèle sont estimés en utilisant le solveur d'Excel (Hardie et Fader, 2002) et maximisant la fonction de vraisemblance. La performance du modèle est fournie par la figure 3.

< Insérer Figure 3 : performance du modèle exponentiel gamma avec covariés >

Modélisation de la probabilité de réponse aux questions :

L'objectif de cette partie est de déterminer les lois de chaque transition Q1, Q2, Q3, ..., Q42 du réseau de Pétri de la figure 2. Deux modèles sont proposés. Le premier correspond au

questionnaire posé par anyway mais en prenant les scores de réponse aux questions de qualification posées lors des questions mixtes. Le deuxième correspond au questionnaire posé en sélectionnant les scores de réponses aux questions virales lors des questions mixtes. Ces deux modèles se justifient par les simulations qui seront menées ultérieurement. La variable modélisée pour chacun de ces modèles est la probabilité de non réponse pour chacune des 42 questions.

Modèle 1 :

Le modèle proposé est une loi exponentielle gamma avec deux covariés (le numéro de la question et le type de question (virale/qualification)). En effet, les modèles exponentiel simple, exponentiel gamma sans covariés et exponentiel gamma avec 3 ou 4 covariés ne sont pas plus performants (figure 4).

< Insérer Tableau 1 : comparaison des modèles >

La performance du modèle 1 est fournie dans la figure 5.

< Insérer Figure 4 : performance du modèle 1 >

Modèle 2 :

La même démarche est adoptée pour le modèle 2. Plusieurs modèles ont été testés. La meilleure loi est une loi exponentielle gamma avec 2 covariés (numéro de la question et type). La performance du modèle 2 est présente dans la figure 5.

< Insérer Figure 5: performance du modèle 2 >

Enfin, les probabilités des transitions *viralQ4joue*, *viralQ8joue*, etc.. sont calculées à partir des données pour chacune des 17 questions virales du questionnaire. Ceci fournit le taux de transformation en joueurs des adresses virales fournies. Ce calcul est effectué pour chacune des 17 questions virales du questionnaire.

Intégration des lois de probabilité dans le réseau de Pétri et simulations :

Le paramétrage du réseau de Pétri s'effectue ensuite en définissant les lois des transitions de la figure 2 à partir des modèles que nous avons précédemment trouvés, notamment en ce qui concerne le nombre d'inscription des joueurs et la probabilité de réponse par question (fonction des 2 covariés numéro de la question et type de question (virale/qualification)).

Les réseaux de Pétri permettent ensuite d'effectuer plusieurs simulations de questionnaires, et d'optimiser le questionnaire en fonction du nombre et de la position des questions virales, l'objectif global étant de maximiser le nombre d'adresses virales fournies par le jeu.

Plusieurs simulations ont été menées à partir du logiciel SPNP.

RESULTATS :

Le premier cas présenté dans le tableau 2 correspond au questionnaire initial du jeu en sélectionnant uniquement des questions de qualification lors des questions mixtes. Ceci revient donc à 42 questions posées, dont 10 virales et 32 questions de qualifications.

Les résultats présentés dans le tableau 2 montrent que ce type de questionnaire génère 341 886 adresses virales et 60 296 joueurs issus de ces adresses virales.

< Insérer Tableau 2 : Résultats de la simulation >

Le deuxième type de questionnaire correspond au questionnaire initial du jeu en sélectionnant uniquement des questions virales lors des questions mixtes. Ce questionnaire comporte 42 questions dont 17 virales. Le tableau 2 montre que dans ce cas le jeu génère 405 210 adresses virales (soit 18,5% de plus que dans le premier cas) et 67 372 joueurs issus du viral (11,7% de plus que dans le premier cas).

Ces deux premiers questionnaires sont structurés sur le principe suivant : 3 questions de qualifications suivies d'une question virale.

Le troisième type de questionnaire simulé est un questionnaire de structure différents, avec une logique de 2 questions de qualification suivies de 2 questions virales.

Dans ce cas, on constate un nombre d'adresses virales fournies de 601 887 (soit 48% de plus que le deuxième type de questionnaire) et un nombre de joueurs à 93 605 (soit 39% de plus que le deuxième questionnaire).

Enfin, étant donné que le nombre de questions virales, lié à la structure, est plus important dans le troisième questionnaire versus le deuxième (ce qui explique en partie les meilleurs résultats), une simulation a été menée avec un quatrième questionnaire, fondé sur la même structure que le troisième mais ne comportant que 35 questions (et donc 17 questions virales, comme le deuxième questionnaire). Les résultats du tableau 2 montrent que dans ce cas, on améliore de 47% le nombre d'adresses virales fournies et de 38% le nombre de joueurs venant du viral, par rapport au deuxième type de questionnaire. Cette structure de questionnaire est donc la meilleure parmi les quatre cas présentés.

Plusieurs autres simulations peuvent être menées en modifiant le nombre et la position des questions virales.

IMPLICATIONS ET FUTURES PISTES DE RECHERCHES:

L'application des réseaux de Pétri ouvre de nombreuses pistes de recherche en marketing, ce type de modélisation n'ayant quasiment pas été utilisé dans ce domaine. Plusieurs problématiques marketing peuvent être modélisés par cette méthode :

- services après-vente et réponses aux réclamations
- conception des interfaces et gestion des sites Web par le marketing
- décomposition des étapes du processus d'achat d'un consommateur
- optimisation du processus interne de développement des nouveaux produits
- organisation des équipes marketing
- communication entre plusieurs agents (communautés virtuelles)
- gestion de files d'attente en hypermarchés ou dans un service public (Poste, hôpitaux , etc...)

Sur le plan managérial, l'intérêt des réseaux de Pétri est la visualisation simple et la modélisation compréhensible qu'ils proposent. D'autre part, l'application des réseaux de Pétri permet d'effectuer des simulations d'opérations marketing. Le modèle et sa représentation graphique permettent de comparer les résultats de différents stimuli et constituent ainsi un système d'aide à la décision marketing permettant de choisir le système optimum.

CONCLUSION :

Face à la complexité de certains phénomènes liés aux nouvelles technologies, les praticiens en marketing doivent utiliser des systèmes d'aide à la décision compréhensibles et simples à utiliser. Les réseaux de Pétri permettent de modéliser des systèmes complexes en les simplifiant grâce à la décomposition du phénomène en différents états et transitions. Ils permettent de mieux comprendre ces systèmes complexes et surtout ils peuvent être utilisés pour optimiser des actions marketing, comme nous l'avons montré sur le cas du jeu promotionnel viral étudié où la structure du questionnaire, notamment le nombre et la position des questions virales peut être améliorée. Par rapport à l'ensemble des modèles existants, les réseaux de Pétri présentent des avantages spécifiques qui les rendent particulièrement adaptés à la modélisation de phénomènes sur Internet. En effet, les réseaux de Pétri modélisent des systèmes parallèles, synchronisés, séquentiels, avec une représentation graphique simple à comprendre. De plus, ces modèles prennent en considération des paramètres temporels et stochastiques. Enfin, les réseaux de Pétri reposent sur des modèles mathématiques robustes et éprouvés, avec des méthodes de validation basées sur un grand nombre de résultats théoriques

et d'outils de support. Tous ces avantages expliquent le fait que les réseaux de Pétri font l'objet de nombreuses recherches et publications dans des domaines divers. Ils constituent en marketing une source importante de pistes de recherche futures.

REFERENCES

- Ansari, A., & Mela, C.F. (2003). E-customization. *Journal of Marketing Research*, 40(2), 131-145.
- Betts, M. (2001). Turning browsers into buyers. *MIT Sloan Management Review*, 42(2), 8-9.
- Bristor, J.M. (1990). Enhanced explanations of word of mouth communications: the power of relationships. *Research in Consumer Behavior*, 4, 51-83.
- Brown, J.J. et Reingen, P.H. (1987). Social ties and word-of-mouth referral behavior. *Journal of Consumer Research*, 14, 350-62.
- Bucklin, R.E., & Sismeiro, C. (2003). A model of Web site browsing behavior estimated on clickstream data, *Journal of Marketing Research*, 40(3), 249-267.
- Dye, R. (2000). The buzz on buzz. *Harvard Business Review*, 78 (6), 139-147.
- Haas, P.J. (2002). Stochastic Petri nets. In P.W. Glynn & S.M. Robinson (Series Ed.), *Springer Series in Operations Research*. New York: Springer-Verlag.
- Hardie et Fader, disponible sur le site <http://brucehardie.com/talks.html>:
- Applied Probability Models in Marketing: An Introduction
(Statistical Innovations "Statistical Modeling Week" Workshop, October 2002)
- Materials for previous ART Forum Tutorials (2000-2003)
- Helm, S. (2000). Viral marketing-establishing customer relationships by "word-of-mouth". *Electronic Markets*, Vol. 10 (3), 158-161.
- Jensen, K. (1992). Coloured petri nets: Basic concepts, analysis methods and practical use. In *Basic Concepts, EATS Monographs on Theoretical Computer Science, Vol. 1*. Berlin: Springer.
- Johnson, E. J., Moe, W.W., Fader, P.S., Bellman, S., & Lohse, G.L. (2004). On the depth and dynamics of online search behavior. *Management Science*, 50(3), 299-308.
- Kaikati, A.M. et Kaikati, J.G. (2004). Stealth marketing : How to reach consumers surreptitiously. *California Management Review*, Vol. 4, No4, 6-22.
- Khermouch, G. (2001). Buzz Marketing. *Business Week*. July 30
- Law, A.M., & Kelton, W.D. (2000). Simulation modeling and analysis. In K.E. Case & P.M. Wolfe (Series Ed.), *McGraw-Hill Series in Industrial Engineering and Management Science*, 3d edition. Singapore: McGraw-Hill Higher Education.
- Lynch, J.G. Jr., & Ariely, D. (2000). Wine online: Search costs affect competition on price, quality, and distribution. *Marketing Science*, 19(1), 83-103.
- Mandel, N., & Jonhson, E.J. (2002). When Web pages influence choice: Effects of visual primes on experts and novices. *Journal of Consumer Research*, 29(2), 235-245.

- Marney, Jo (1995). Selling in Tongues. *Marketing Magazine*, 100 (38), 14.
- Meldman, J.A. (1977). A new technique for modeling the behavior of man-machine information systems. *Sloan Management Review*, 18(3), 29-47.
- Moe, W.W. (2003). Buying, searching, or browsing: Differentiating between online shoppers using in-store navigational clickstream. *Journal of Consumer Psychology*, 13(1&2), 29-40.
- Moe, W.W., & Fader, P.S. (2004a). Capturing evolving visit behavior in clickstream data. *Journal of Interactive Marketing*, 18(1), 5-19.
- Moe, W.W., & Fader, P.S. (2004b). Dynamic conversion behavior at e-commerce sites. *Management Science*, 50(3), 326-335
- Park, Y.H., & Fader, P.S. (2004). Modeling browsing behavior at multiple Websites. *Marketing Science*, 23(3), 280-304.
- Petri, C.A. (1962). Kommunikation mit automaten. PhD thesis, Schriften des Institutes für Instrumentelle Mathematik Bonn, Germany (in German).
- Salimifard, K., & Wright, M. (2001). Petri net-based modelling of workflow systems: An overview. *European Journal of Operational Research*, 134(3), 664-676
- Silverman, G. (1997). Harvesting the power of word of mouth. *Potentials in Marketing*, 30 (9), 14-16.
- Sismeiro, C., & Bucklin, R.E. (2004). Modeling purchase behavior at an e-commerce Web site: A task completion approach. *Journal of Marketing Research*, 41(3), 306-323.
- SPNP User's Manual, version 6.0. Available from <http://www.ee.duke.edu/~kst/> software packages.
- Tax, S.S., Chandrashekar, M., Christiansen, T. (1993). "Word-of-mouth in consumer decision-making: an agenda for research". *Journal of Customer Satisfaction, Dissatisfaction & Complaining Behavior*, 6, 75-80.
- Telang, R., Boatwright, P., & Mukhopadhyay, T. (2004). A mixture model for Internet search-engine visits. *Journal of Marketing Research*, 41(2), 206-214.
- Trivedi, K.S. (2002). Probability and statistics with reliability, queuing and computer science applications, *John Wileys & Sons*, 2d edition, New York.
- Viswanadham, N., & Srinivasa Raghavan, N.R. (2000) . Performance analysis and design of supply chains: A Petri net approach. *Journal of Operational Research Society*, 51(10), 1158-
- Weitz, W. (1998). Workflow modelling for internet-based commerce: An approach based on high level Petri nets. In G. Goos, J. Hartmanis, & J. van Leeuwen (Series Eds.) & W. Lamersdorf, & M. Merz (Vol.Eds.), *Lecture notes in Computer Science, Vol. 1402. Trends in Distributed Systems for Electronic Commerce* (pp.166-178). Heidelberg: Springer-Verlag.

Zauberman, G. (2003). The intertemporal dynamics of consumer lock-in. *Journal of Consumer Research*, 30(3), 405-419.

Tableau 1 : comparaison des modèles

	LL	Nbre de paramètres	Comparaison du modèle B vs modèle A précédent LR=-2(LLB-LLA) Test chi-deux	
Exponentiel	-5490812	1		
Exponentiel Gamma	-796484	2	-9388656	0,330
EG + 1 covarié	-690347	3	-212274	0,330
EG+ 2 covariés	-596324	4	-188047	0,330
EG+3covariés	-595852	5	-943	0,330
EG + 4 covariés	-595851	6	-2	0,330

Tableau 2 : Résultats de la simulation

	Questionnaire initial avec questions mixtes de qualification	Questionnaire initial avec questions mixtes virales	Questionnaire 2 qualif + 2 virales	Questionnaire 2 qualif + 2 virales
Nbre total de questions	42	42	42	35
Nbre de questions virales	10	17	20	17
Nbre d'adresses virales fournies	341886	405210	601887	595855
Nbre d'adresse virales ayant joué	60296	67372	93605	93265

Figure 1: réseau de Pétri

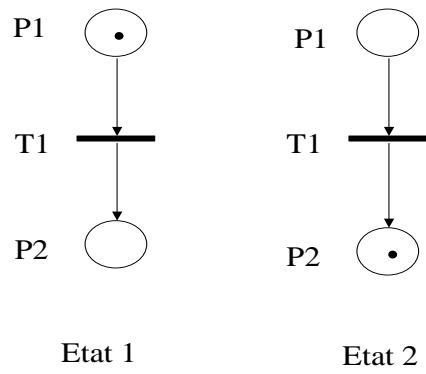


Figure 2: réseau de Pétri de l'opération « Le Ciel est à tout le monde »

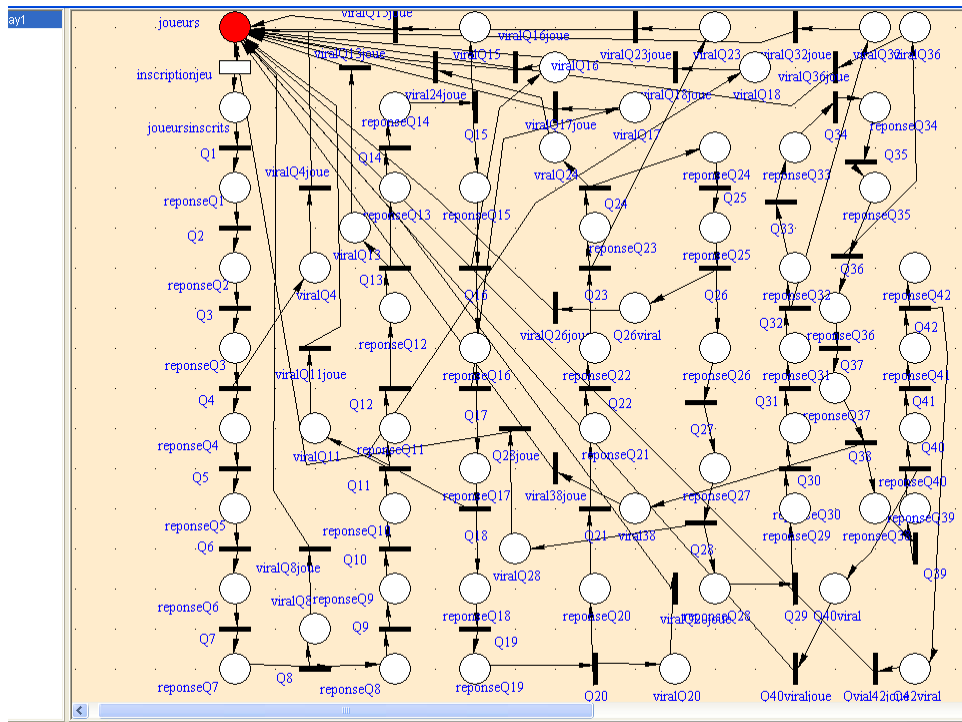


Figure 3 : Performance du modèle exponentiel gamma (nbre d'inscriptions par jour)

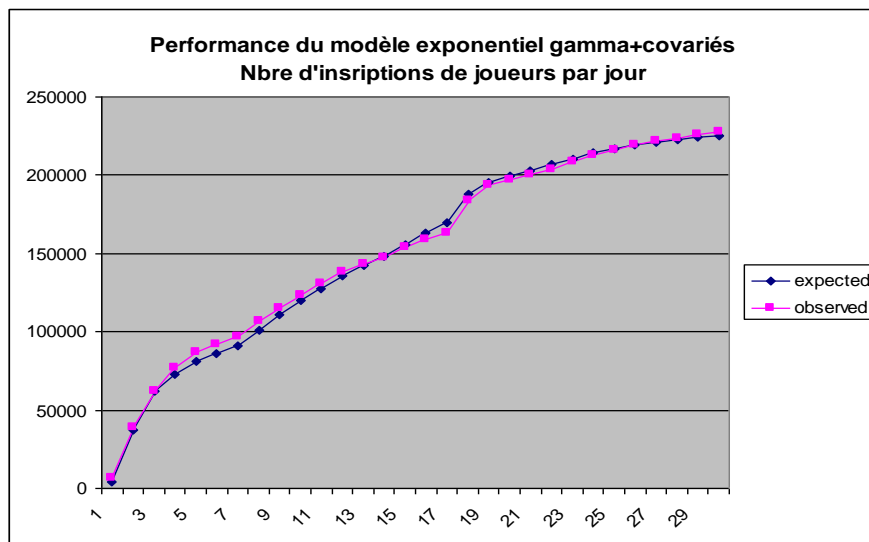


Figure 4 : Performance du modèle 1 (questions mixtes de qualification)

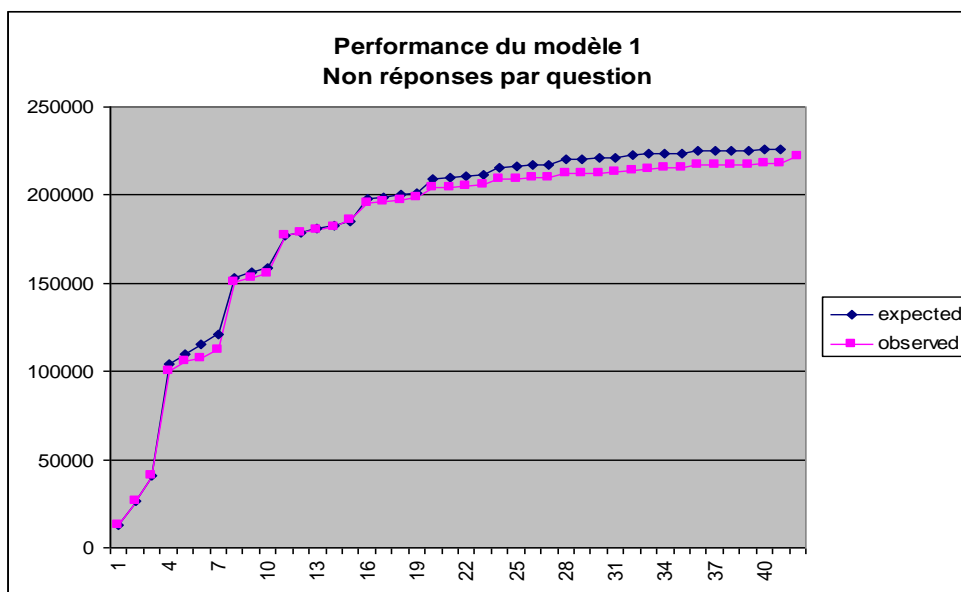


Figure 5 : Performance du modèle 2 (questions mixtes virales)

