



**HAL**  
open science

# QUEL PRIX POUR LES LICENCES UMTS ? UNE APPROCHE PAR LES OPTIONS REELLES

Véronique Bessière, Michael Kaestner

► **To cite this version:**

Véronique Bessière, Michael Kaestner. QUEL PRIX POUR LES LICENCES UMTS ? UNE APPROCHE PAR LES OPTIONS REELLES. *Bankers Markets & Investors : an academic & professional review*, 2002. halshs-03037309

**HAL Id: halshs-03037309**

**<https://shs.hal.science/halshs-03037309>**

Submitted on 3 Dec 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# QUEL PRIX POUR LES LICENCES UMTS ?

## UNE APPROCHE PAR LES OPTIONS REELLES

Véronique Bessière et Michael Kaestner

*publication dans Banque et Marchés n°59, juillet-août 2002*

Universités Montpellier I & II

CREGO\* & GESEM FINANCE†

---

\* Institut d'Administration des Entreprises, Université Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, Place E. Bataillon, 34095 Montpellier Cedex 5

† Faculté d'Administration et Gestion, Université Montpellier I, Espace Richter, Avenue de la Mer, BP 9640, 34054 Montpellier Cedex 1

Toute correspondance doit être adressée à : Michael Kaestner, GESEM FINANCE, kaestner@univ-montp1.fr

# **Quel prix pour les licences UMTS ?**

## **Une approche par les options réelles**

### **Résumé**

Cet article présente une méthodologie d'évaluation des licences UMTS en utilisant un modèle d'options réelles. L'acquisition d'une licence est perçue comme donnant droit à entreprendre les investissements d'infrastructure du réseau, que la firme peut différer dans le temps. La valeur de la licence correspond alors à l'option d'investissement. Les investissements sont supposés réalisés en une fois, et les cash-flows futurs qui en résultent sont incertains. L'incertitude sur les cash-flows peut inciter la firme à attendre avant de réaliser l'investissement, même si la VAN espérée est positive. Nous déterminons la valeur de la licence UMTS et spécifions le seuil de cash-flows pour lequel la VAN devient égale à la valeur de l'option et auquel il devient optimal de réaliser l'investissement. Nous discutons l'impact des différents paramètres ( volatilité et taux de croissance des cash-flows, coût de l'investissement, ...) sur la décision d'investissement.

# **To buy or not to buy UMTS licenses?**

## **A real options approach**

### **Abstract**

This article describes a methodology for evaluating UMTS license fees using a real options approach. The acquisition of the license is viewed as the right to undertake the infrastructure investments that the firm can defer. The value of this license equals the value of the investment opportunity. The investment is assumed to be instantaneous and the cash flows associated with the investment are uncertain. This uncertainty of future cash flows might make it attractive to wait before making the investment even if the expected NPV is positive. We determine the value of the UMTS license. The solution specifies the cash-flows threshold where NPV equals option value and when it becomes optimal to invest. We discuss the impact of different parameters (volatility and expected growth rate of cash-flows, investment cost, ...) on the investment rule.

## Introduction

La mise en vente par les États européens des licences UMTS<sup>1</sup> a conduit les opérateurs de téléphonie mobile à s'interroger sur le prix de cet investissement et sa capacité à être rentabilisé. En France, par exemple, chaque opérateur candidat doit acquérir la licence au prix de 4,95 Mds d'Euros, ce qui lui confère le droit de construire l'infrastructure et de l'exploiter pendant 15 ans.

L'attribution des fréquences fait l'objet d'enchères ou de concours de beauté (selon les pays) , et quelques résultats sont résumés dans le tableau 1.

**Tableau 1 - Résultat des principales enchères UMTS européennes (année 2000)**

Pays	Procédé	Montant total (Mds Euros)	Nombre de licences	Population totale (milliers)	Nombre d'abonnés GSM* (milliers)	Taux de pénétration (%)	Coût total des licences par hab. (Euros)
Grande-Bretagne	Enchère	38	5	59,0	33,2	56	644
Pays-Bas	Enchère	2,7	5	15,9	9,4	59	170
Allemagne	Enchère	50,8	6	82,7	38,7	47	614
Espagne	Concours de beauté	0,5	4	39,9	22,0	55	13
Italie	Enchère et concours de beauté	12,16	5	57,8	37,8	65	210

\* août 2000

Source : FT mobile communication, SG Securities

Participer à l'enchère suppose pour l'opérateur d'évaluer le droit d'utiliser le spectre de fréquences UMTS. Une surévaluation peut conduire à une proposition trop élevée (malédiction du vainqueur), une sous-évaluation peut entraîner l'éviction. L'hétérogénéité des chiffres contenus dans le tableau 1 montre la difficulté à procéder à cette valorisation.

Dans un cadre d'analyse simple, une telle évaluation pourrait être fondée sur les flux de liquidités attendus de l'exploitation d'un réseau UMTS. Cependant, les opérateurs sont confrontés à une incertitude majeure: le succès de la norme UMTS n'est pas assuré. En effet, les utilisateurs ont-ils réellement le besoin de télécharger des fichiers ou des vidéos via leur téléphone mobile ? Quel

---

<sup>1</sup> L'UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) utilise des bandes de fréquence différentes du GSM et permet un accroissement du débit des réseaux mobiles (2 Mégabits par seconde pour l'UMTS contre 23 kilobits par seconde pour le GSM).

prix sont-ils prêts à payer pour un tel service ? Cette incertitude sera certainement levée avec le temps, ce qui peut potentiellement impliquer pour les opérateurs le report de la décision d'investissement.

Les opérateurs qui ont acquis ou vont acquérir une licence UMTS pourront investir immédiatement dans le développement du réseau (dépenses d'infrastructure), mais ils pourront aussi différer cette décision d'investissement, voire ne jamais investir; dans tous les cas, l'investissement initial d'acquisition de la licence est irréversible.

Le caractère irréversible de l'investissement, l'impossibilité de prévoir les flux futurs avec certitude, et la possibilité de différer l'investissement constituent les trois caractéristiques qui nous permettent d'envisager une évaluation selon un modèle d'options.

Cette approche s'inscrit dans une littérature désormais bien connue d'évaluation des projets d'investissements en tant qu'options stratégiques, qui a fait l'objet de nombreuses recherches depuis une quinzaine d'années.<sup>2</sup> Deux courants de cette littérature sont à rattacher plus précisément à nos travaux : les enchères relatives à l'attribution d'un gisement de ressources naturelles (gisement pétrolier ou minier) et, plus récemment, les travaux portant sur l'évaluation des investissements en technologie de l'information ou en R&D. L'analogie avec les gisements de ressources naturelles tient à la procédure d'octroi du droit d'exploitation et à la faculté dont dispose l'adjudicataire d'investir ou non, ultérieurement. Brennan et Schwartz (1985) ont ainsi développé le modèle pionnier d'évaluation d'un gisement minier<sup>3</sup>. Cependant, les modélisations relatives à ce type d'investissement ne sont pas directement transposables à l'évaluation des licences UMTS, en raison d'une caractéristique essentielle : l'exploitation du gisement provoque la diminution de sa valeur, en raison de l'épuisement progressif des quantités. Un deuxième courant s'est récemment intéressé aux investissements en technologie de l'information (TI). La mise en œuvre d'une infrastructure de TI présente de nombreux points communs avec l'UMTS. Par exemple, le développement d'un système d'exploitation informatique offre à la firme qui le contrôle la capacité à développer ultérieurement de nombreuses applications compatibles avec ce système, si un nombre suffisant d'utilisateurs est atteint (cas d'un système d'exploitation comme Windows ou d'un navigateur Internet); le cas d'une plateforme Internet peut également s'analyser en ces termes [Perrotti et Rossetto (2000)]. Benaroch et Kaufmann (1999) ont analysé le projet de banque électronique selon le modèle Black et Scholes.

---

<sup>2</sup> L'ouvrage Dixit et Pindyck (1994) constitue un ouvrage de référence en matière d'options réelles. Pour une revue des différentes options stratégiques, voir en particulier Kulatilaka (2000).

<sup>3</sup> Pour une synthèse de la littérature consacrée aux options sur ressources naturelles, voir notamment Trigeorgis (1995) et Goffin (1994).

Schwartz et Zozaya-Gorostiza (2000) ont évalué, en options réelles, un investissement en TI intégrant une incertitude non seulement sur les cash-flows futurs mais aussi sur le montant de l'investissement. Les options réelles ont également fait l'objet d'applications dans le domaine des investissements en R&D : Schwartz et Moon (2000), Perlitz, Peske, et Schrank (1999), Jäggle (1999).

Ces différentes approches se fondent sur l'utilisation de deux paramètres principaux d'évaluation de l'option qui correspondent dans le cas d'un actif financier au prix d'exercice et à la valeur du sous-jacent. Le prix d'exercice correspond aux dépenses d'investissement qui, dans les modèles de ressources naturelles, sont engagées en une seule fois (équipements d'extraction)<sup>4</sup> et qui, dans les modèles de TI ou de R&D, peuvent être réparties dans le temps. La valeur du sous-jacent dépend, dans le cas des ressources naturelles, des quantités à extraire du gisement et de l'évolution du prix de la matière, ce dernier suivant un processus stochastique. Dans le cas des investissements en TI ou R&D, le sous-jacent est représenté par la valeur actuelle des cash-flows futurs, ceux-ci étant également modélisés par un processus stochastique. Le modèle que nous développons pour les licences UMTS s'inspire de ces deux courants : nous considérons le cas d'un investissement réalisé massivement en une fois (coût de déploiement du réseau), entrepris dès lors que la valeur actuelle des cash-flows futurs, minoré de l'investissement, excède la valeur de l'option d'investissement, les cash-flows futurs suivant un processus stochastique.

L'objectif de notre modèle est double. En premier lieu, à l'instar des modèles d'évaluation des gisements de ressources naturelles, l'objectif principal est de fournir une évaluation du prix de l'option, à savoir valoriser le droit d'utilisation du spectre de fréquences UMTS. En second lieu, le modèle s'intéresse à déterminer le seuil de cash-flows attendus, qui entraîne la levée de l'option et donc la réalisation des investissements d'infrastructure.

L'article s'organise de la façon suivante. Le modèle est détaillé dans la première section, où sont présentés le cadre analytique du modèle et sa résolution. Une application numérique est proposée en deuxième section, où nous discutons de l'impact des différentes variables influençant la valeur de l'option et la règle d'investissement, en intégrant en particulier la présence de firmes de tailles différentes et un nouvel entrant.

---

<sup>4</sup> Paddock, Siegel, et Smith (1988) a retenu des hypothèses moins restrictives et permet un investissement séquentiel. L'opportunité d'investissement est alors une série d'options composées.

# 1 Le modèle

L'acquisition d'une licence UMTS s'assimile à l'achat d'un call américain. L'opérateur a le droit de réaliser l'investissement à tout moment pendant la durée de vie de l'option et dispose donc d'une option, qui lui permet d'acquérir des informations sur les paramètres (inputs) ou la valeur du projet (output) lorsque ces données ne sont pas connues avec certitude.

## 1.1 Cadre analytique

L'investissement dans les dépenses d'infrastructure, noté  $I$  est supposé instantané et certain et génère des cash-flows, qui restent potentiels tant que l'investissement n'est pas réalisé.

Les cash-flows espérés du projet d'investissement, notés  $C_i$ , sont propres à chaque opérateur  $i$  et sont supposés suivre un processus brownien géométrique :

$$dC_i = \alpha C_i dt + \sigma C_i dz \quad \forall i \quad (1)$$

où :

$\alpha$  est le taux de croissance espéré de  $C$ ,  $\sigma$  est la volatilité de  $C$ .

$dz$  est un brownien simple:  $dz_i = \varepsilon \sqrt{dt}$  avec  $\varepsilon$  suivant une loi Normale centrée et réduite.

Pour ne pas alourdir la présentation du modèle, nous omettons l'indice  $i$  à chaque fois qu'il n'est pas fait référence à un opérateur particulier.

Nous allons étudier le cas d'une option perpétuelle. Les cash-flows sont perçus par l'opérateur à compter de la levée de l'option et jusqu'à l'infini.<sup>5</sup>

La valeur du projet à une date donnée  $t$  est la valeur actuelle en  $t$  de la somme des cash-flows futurs actualisés au taux  $\mu$ . Comme ces derniers sont aléatoires, on calcule une espérance :

$$V(C,t) = E \left( \int_{\theta=t}^{\infty} C_{\theta} e^{-\mu\theta} d\theta \right) \quad (2)$$

---

<sup>5</sup> Le caractère perpétuel de la perception des cash-flows a été retenu malgré l'existence d'une date d'échéance. En effet, les opérateurs sont propriétaires des infrastructures qu'ils auront développées et sont locataires de l'usage du spectre des fréquences. Ce spectre mis en location résulte d'accords internationaux entre Etats et, sauf modification de ces accords, les licences seront renouvelées à l'échéance. Les opérateurs disposent donc d'un horizon d'exploitation qui excède l'échéance de la licence. La modélisation avec horizon perpétuel semble à la fois mieux adaptée et permet une approche plus simple d'un point de vue analytique.

On peut déterminer la valeur espérée  $V(C,t)$ , qui est la valeur actuelle nette d'un flux perpétuel  $C$ , qui croît au taux  $\alpha$  :

$$V(C) = \frac{C}{\mu - \alpha} \quad (3)$$

On considère également qu'il existe un portefeuille d'actifs financiers parfaitement corrélé avec  $C$ . Ce portefeuille a un taux de rendement  $\mu$  en l'absence d'opportunités d'arbitrage. Ce taux rémunère le risque systématique et peut être observé sur le marché financier. Tout investisseur exigera un rendement  $\mu$  pour rémunérer le risque attaché à la perception des cash-flows  $C$  ou à la détention de l'actif parfaitement corrélé avec  $C$ . Ainsi,  $\alpha$  s'interprète comme le gain espéré en capital. Le reliquat, noté  $\zeta$ , avec  $\zeta = \mu - \alpha$  s'assimile à un taux de rendement en dividende.

Soit  $F$  la valeur de l'option d'investissement.  $F$  est fonction du sous-jacent  $C$ . Par application du lemme d'Ito, on a :

$$dF = \left( \frac{\partial F}{\partial t} + \frac{\partial F}{\partial C} \alpha C + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 F}{\partial C^2} \sigma^2 C^2 \right) dt + \frac{\partial F}{\partial C} \sigma dz \quad (4)$$

Le tableau 2 présente les variables utilisées dans le modèle.

**Tableau 2 - Récapitulatif des variables utilisées**

paramètre	description
$C$	cash-flow annuel dégagé dès lors que l'option est levée
$V$	espérance de la valeur actuelle des cash-flows futurs
$I$	dépenses d'investissement réalisées en $\tau$
$\alpha$	taux de croissance annuel espéré des cash-flows
$\sigma$	volatilité des cash-flows
$\mu$	taux d'actualisation des cash-flows (il dépend du niveau de risque du projet et peut-être obtenu par le MEDAF)
$\zeta$	taux de rendement en cash-flows $\frac{C_t}{V}$ , il peut être assimilé au taux de dividende dans le cas d'une action
$F$	valeur de l'option d'investissement
$\tau$	date de levée de l'option
$r$	taux libre de risque

## 1.2 Résolution

Nous cherchons à déterminer la fonction  $F(C)$ , qui donne la valeur de l'option tant que celle-ci est maintenue en vie. On peut en déduire la valeur critique  $C^*$  à partir de laquelle l'investissement doit être réalisé.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> La connaissance de  $C^*$  ne permet pas d'en dériver l'espérance du temps d'attente. Selon Goffin (1999)[p. 593], pour un processus donné  $dC$ , on peut calculer le seuil critique  $C^*$ , mais à cette valeur  $C^*$  peuvent correspondre des temps

A partir de la construction d'un portefeuille sans risque, composé de l'option réelle et de l'actif financier, on obtient l'équation différentielle stochastique suivante :

$$\frac{\partial F}{\partial t} + (r - \zeta) \frac{\partial F}{\partial C} C + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 F}{\partial C^2} \sigma^2 C^2 = rF \quad (5)$$

La valeur actuelle étant indépendante de  $t$  [équation (3)], la valeur de l'option d'investissement dépend uniquement du sous-jacent, à savoir, de  $C$ . La dérivée première de  $F$  par rapport à  $t$  est donc nulle.

L'équation (5) devient :

$$(r - \zeta) \frac{\partial F}{\partial C} C + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 F}{\partial C^2} \sigma^2 C^2 = rF \quad (6)$$

Les solutions à l'équation (6) dépendent des trois conditions aux bornes suivantes :

$$F(0) = 0 \quad (7)$$

Si les cash-flows sont nuls au départ, ils n'auront jamais une valeur positive, donc l'option est sans valeur.

$$F(C^*) = V(C^*) - I \quad (8)$$

L'option ne doit pas être exercée tant que  $F > V(C^*) - I$  ; tant que la valeur de l'option est plus élevée que la VAN du projet. Par définition, au seuil  $C^*$ , l'investisseur est indifférent entre garder l'option en vie ou investir; la valeur de l'option est égale à la VAN du projet. En ce même point, la dérivée de  $F$  par rapport à  $C$  est égale à la dérivée de la fonction  $VAN = V(C) - I$  : la courbe représentant l'option en vie doit tendre vers la droite représentant la valeur de l'option exercée :

$$F'(C^*) = V'(C^*) \quad (9)$$

### **Détermination de la valeur d'option $F$**

On peut montrer que  $F$  est de la forme :<sup>7</sup>

$$F = aC^b \quad (10)$$

avec

$$a = \frac{1}{\zeta} \times \frac{(b-1)^{b-1}}{b^b (\zeta I)^{b-1}} \quad (11)$$

et

d'attente effectifs, qui peuvent varier d'une trajectoire de  $C$  à une autre. L'opérateur peut cependant estimer ses propres cash-flows potentiels et lèvera l'option quand ceux-ci atteindront le seuil  $C^*$ .

<sup>7</sup> Pour un exposé détaillé du calcul stochastique, nous renvoyons le lecteur à des ouvrages spécialisés. Lamberton et Lapeyre (1996) fournit une approche plutôt financière, Øksendal (1996) constitue un ouvrage mathématique très complet.

$$b = \frac{1}{2} \frac{r - \zeta}{\sigma^2} + \sqrt{\left[ \frac{r - \zeta}{\sigma^2} - \frac{1}{2} \right]^2 + \frac{2r}{\sigma^2}} \quad (12)$$

Ainsi, la valeur de l'option  $F$  dépend du volume et de la volatilité des cash-flows potentiels  $C$ , du volume d'investissement  $I$ , du taux d'intérêt sans risque  $r$  et du taux de rendement en cash-flows  $\zeta$ .

### Détermination de $C^*$

A partir des conditions aux bornes (8) et (9), on peut déterminer la valeur  $C^*$ , où la valeur de l'option d'investissement  $F$  est égale à la VAN du projet :

$$F(C^*) = V(C^*) - I \quad (13)$$

$$a(C^*)^b = \frac{C^*}{\zeta} \quad (14)$$

et  $F(C^*) = V(C^*)$ , d'où, après calcul de la dérivée :

$$ab(C^*)^{b-1} = \frac{1}{\zeta} \quad (15)$$

On divise (15) par (14) et on obtient :

$$C^* = \frac{b}{b-1} \zeta I \quad (16)$$

Le seuil  $C^*$  est croissant avec le volume d'investissement  $I$  et un facteur  $\frac{b}{b-1} \zeta$ , fonction du taux libre de risque, de la volatilité des cash-flows  $\sigma$  et du rendement en cash-flows  $\zeta$ . L'étude de l'impact des différents paramètres sur la valeur de l'option  $F$  et du seuil de cash-flows  $C^*$  fera l'objet de la deuxième partie.

## 2 Application numérique

Nous proposons dans ce paragraphe une simulation numérique d'évaluation de l'option  $F$  et de la VAN du projet, qui permet notamment d'obtenir le seuil de cash-flows  $C^*$  à partir duquel l'option est levée. Nous discutons de l'impact des différents paramètres d'évaluation sur le seuil  $C^*$  et sur la valeur de la licence  $F$ . Les paramètres d'évaluation (variables exogènes) sont: le coût de l'investissement ( $I$ ), le taux de croissance des cash-flows ( $\alpha$ ), la volatilité des cash-flows ( $\sigma$ ) et le taux d'actualisation ( $\mu$ ).

Nous utilisons ici des données dans le cas des licences UMTS françaises. Le coût de réalisation des infrastructures est évalué entre 5 et 8 Mds d'Euros selon différentes estimations (*source: Les Echos du 26/01/2001*). Les simulations sont effectuées ci-dessous pour des niveaux

d'investissements égaux à : 5 ou 6,5 ou 8 Mds d'Euros. En l'absence d'estimation du taux de croissance des cash-flows, les simulations sont basées sur les hypothèses suivantes: 3%, 5% ou 7% (taux de croissance annuel à l'infini). La volatilité des cash-flows a été estimée d'après la volatilité des taux de rentabilité de l'action France Telecom<sup>8</sup> au cours de la période du 1/01/2000 au 28/02/2001, ce qui conduit, selon la sous-période considérée, à des estimations variant entre 0,4 et 0,6. Enfin, le taux d'actualisation  $\mu$ , a été estimé par le MEDAF, selon le  $\beta$  de France Telecom pour ces mêmes sous-périodes.

Nous étudions l'incidence des paramètres sur la règle d'investissement et sur le timing des projets. Nous analysons dans un premier temps l'incidence de chaque paramètre pris isolément. Dans un second temps, nous faisons varier ces paramètres simultanément et considérons trois types d'opérateurs : le nouvel entrant, la petite firme et la grande firme. Nous confrontons nos résultats au prix de la licence UMTS en France et en déduisons des règles d'investissement différenciées selon la position concurrentielle de l'opérateur.

## 2.1 Incidence des paramètres sur les valeurs de F, V et C\*

### *Incidence de la variation du prix d'exercice I sur la valeur de l'option et de la VAN*

**Tableau 3 - Paramètres utilisés -Variables exogènes**

Paramètre	Cas 1	Cas 2	Cas 3
I	5	6,5	8
$\alpha$	0,05	0,05	0,05
$\sigma$	0,5	0,5	0,5
$\mu$	0,15	0,15	0,15
r	0,05	0,05	0,05

**Tableau 4 - Variables endogènes et C\***

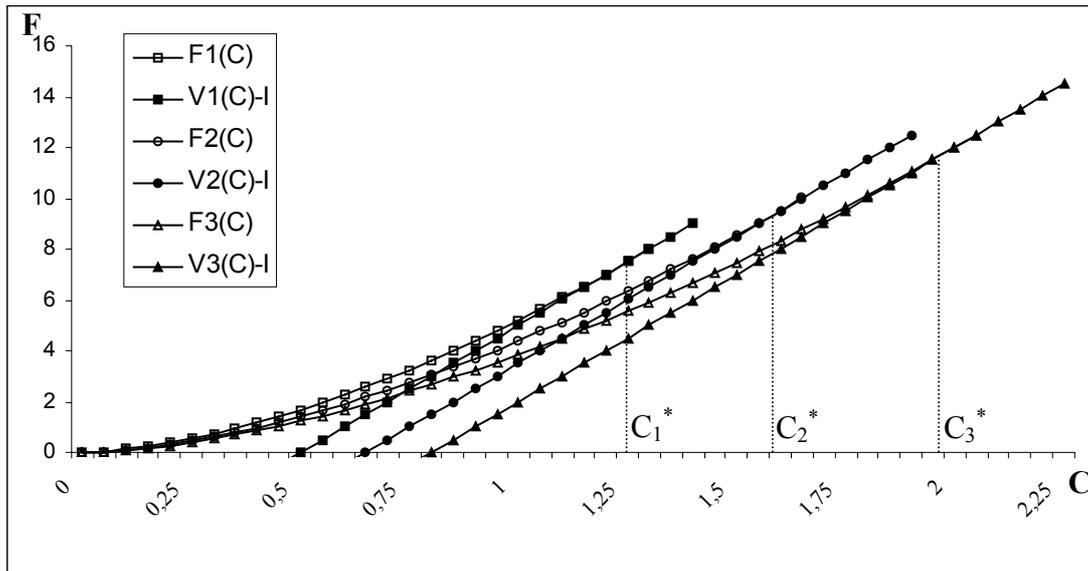
Paramètre	Cas 1	Cas 2	Cas 3
a	5,20	4,39	3,84
b	1,64	1,64	1,64
C*	1,28	1,66	2,04

*I et C<sub>i</sub> sont en milliards d'Euros.*

---

<sup>8</sup> Nous supposons ici qu'au cours de la période considérée la variance des taux de rentabilité de l'action est essentiellement due à l'impact des incertitudes concernant l'UMTS.

**Graphique 1 – Valeur de l’option  $F$  et de la VAN pour différentes valeurs de  $I$**



Pour un niveau de cash-flows  $C$  donné, on constate dans le graphique (1), que l'augmentation du coût d'investissement  $I$  se traduit par une baisse de la VAN et une baisse de  $F$ . La sensibilité de la VAN à une augmentation de  $I$  est plus forte que celle de  $F$ , il en découle que le seuil  $C^*$  augmente avec  $I$ .

Ainsi un nouvel entrant, confronté à des dépenses d'investissement plus élevées en raison de la conquête d'un marché (dépenses marketing plus importantes que pour un autre type de firme) devra attendre un seuil  $C^*$  plus élevé avant d'exercer son option :  $C_3^* > C_2^* > C_1^*$ .

***Incidence de la variation du taux de croissance  $\alpha$  sur la valeur de l'option et de la VAN***

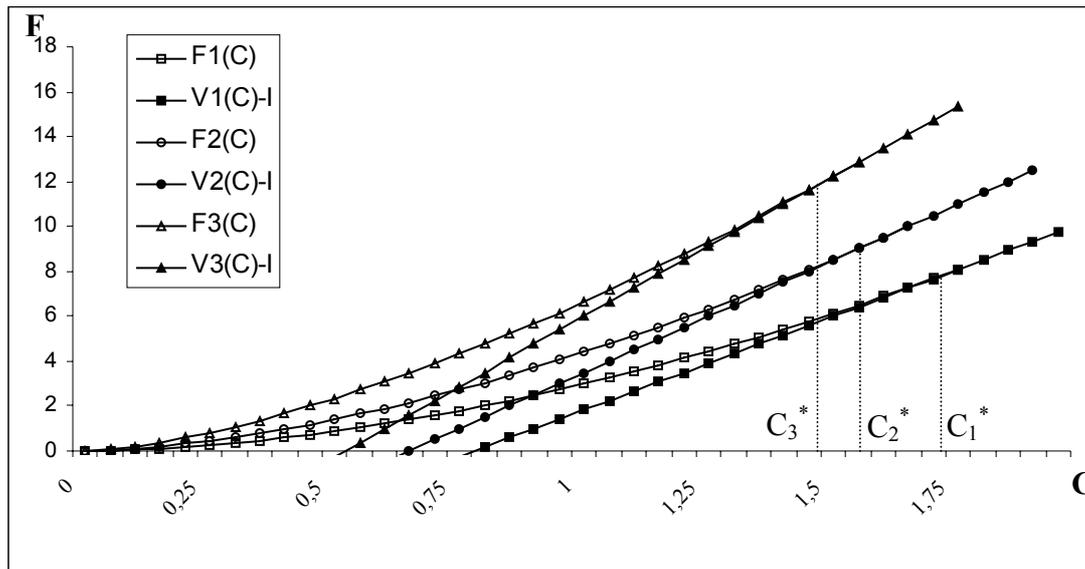
**Tableau 5 - Paramètres utilisés -Variables exogènes**

Paramètre	Cas 1	Cas 2	Cas 3
$I$	6,5	6,5	6,5
$\alpha$	0,03	0,05	0,07
$\sigma$	0,5	0,5	0,5
$\mu$	0,15	0,15	0,15
$r$	0,05	0,05	0,05

**Tableau 6 - Variables endogènes et  $C^*$**

Paramètre	Cas 1	Cas 2	Cas 3
$a$	2,98	4,39	6,66
$b$	1,78	1,64	1,51
$C^*$	1,77	1,66	1,55

**Graphique 2 – Valeur de l’option  $F$  et de la VAN pour différentes valeurs de  $\alpha$**



Le graphique (2) montre qu'une augmentation du paramètre  $\alpha$  entraîne à la fois une augmentation de  $F$  et de la VAN. La sensibilité de la VAN à une variation du taux de croissance de  $C$  est plus forte que celle de  $F$ . Il s'ensuit que l'exercice de l'option intervient pour un niveau de cash-flows  $C^*$  qui diminue avec  $\alpha$  croissant.

L'opérateur qui connaît la plus forte croissance exercera son option en premier ( $C_3^*$ ). D'une manière générale, si le marché UMTS connaît un fort développement, les valeurs critiques  $C_i^*$  seront plus faibles que dans le cas inverse. La condition d'exercice de l'option est atténuée.

***Incidence de la variation conjointe de  $\mu$  et de  $\sigma$  sur la valeur de l'option et de la VAN***

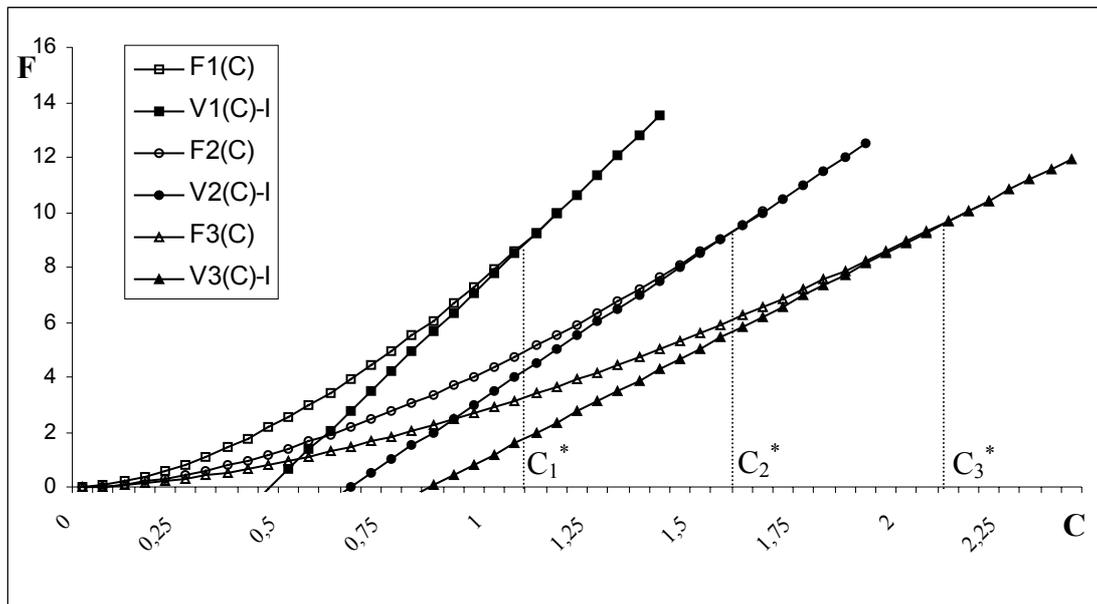
**Tableau 7 - Paramètres utilisés -Variables exogènes**

Paramètre	Cas 1	Cas 2	Cas 3
I	6,5	6,5	6,5
$\alpha$	0,05	0,05	0,05
$\sigma$	0,4	0,5	0,6
$\mu$	0,12	0,15	0,18
r	0,05	0,05	0,05

**Tableau 8 - Variables endogènes et  $C^*$**

Paramètre	Cas 1	Cas 2	Cas 3
a	7,90	4,39	2,91
b	1,63	1,64	1,62
$C^*$	1,17	1,66	2,22

**Graphique 3 – Valeur de l'option  $F$  et de la VAN pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\mu$**



Les paramètres  $\mu$  et  $\sigma$  sont liés ; le taux de rendement requis par le marché  $\mu$  augmente avec la volatilité des cash-flows  $\sigma$ . Dans cette simulation, nous avons retenu la liaison fournie par le MEDAF.

Le graphique (3) montre que la valeur de l'option diminue avec l'augmentation des paramètres considérés. Ce résultat doit cependant s'analyser en deux effets contraires : une augmentation de  $\sigma$  entraîne un accroissement de la valeur de l'option mais entraîne également une augmentation de  $\mu$  qui a pour effet de diminuer cette même valeur  $F$ . L'augmentation de  $\mu$  entraîne parallèlement une diminution de la VAN. Sous l'ensemble de ces effets, le seuil  $C^*$  augmente avec  $\sigma$  et  $\mu$  et retarde l'exercice de l'option.

## 2.2 Incidence de la position concurrentielle de l'opérateur sur la règle d'investissement

L'ensemble des résultats qui précèdent peut être interprété au regard de la présence de trois catégories d'opérateurs de téléphonie mobile: un nouvel entrant et deux opérateurs de tailles différentes. Le nouvel entrant connaîtra des coûts d'investissement élevés, notamment en raison des dépenses liées à l'acquisition de nouveaux clients.<sup>9</sup> Pour la même raison mais dans une moindre mesure, la petite firme subira des coûts d'investissements plus élevés que la grande firme (voir tableau 9). En revanche, le nouvel entrant connaîtra des taux de croissance plus élevés en raison de sa position initiale sur le marché. Pour la même raison, la grande firme aura le taux de croissance le

<sup>9</sup> A titre d'information, en 1999, le coût d'acquisition d'un nouveau client en France, s'est élevé pour France Telecom Mobile à 160 Euros. (Source : Note d'information de Orange lors de son introduction en Bourse, février 2001)

plus faible. Enfin, nous considérons que la volatilité  $\sigma$  diminue avec la position concurrentielle.

Nous reprenons ainsi les données numériques du paragraphe précédent, en les affectant à chaque type de firme.

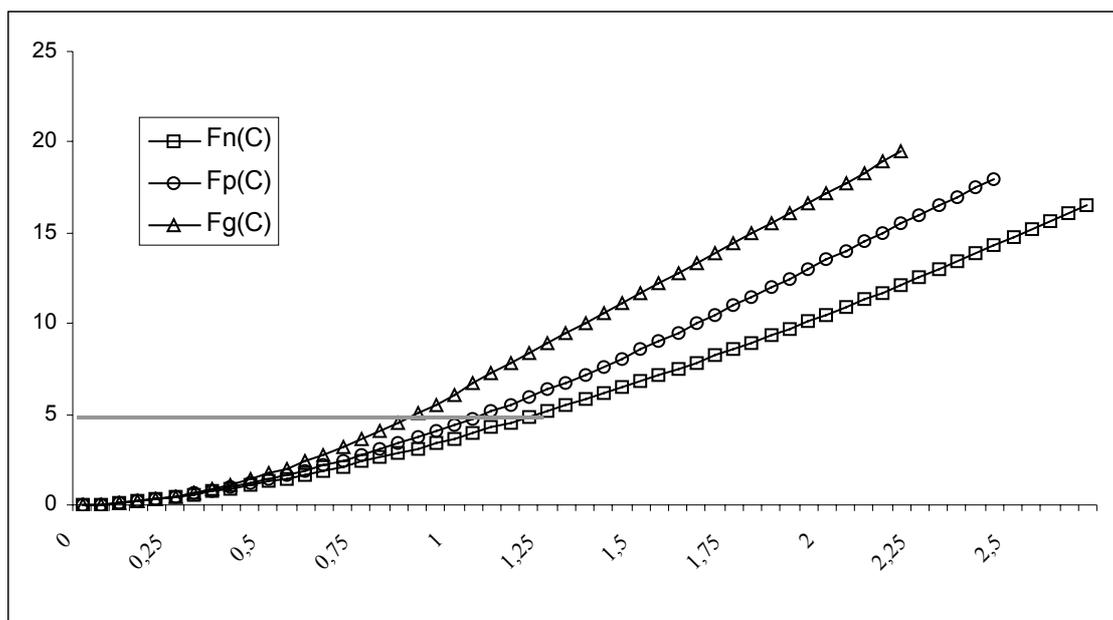
**Tableau 9 - Paramètres utilisés -Variables exogènes**

Paramètre	Nouvel entrant (n)	Petite firme (p)	Grande firme (g)
I	8	6,5	5
$\alpha$	0,07	0,05	0,03
$\sigma$	0,6	0,5	0,4
$\mu$	0,18	0,15	0,12
r	0,05	0,05	0,05

**Tableau 10 - Variables endogènes et C\***

Paramètre	Nouvel entrant (n)	Petite firme (p)	Grande firme (g)
a	3,67	4,39	6,11
b	1,52	1,64	1,84
C*	2,58	1,66	0,98

**Graphique 4 – Valeur de l’option  $F$  pour trois types d’opérateurs**



Sur le graphique (4), on constate que la position de la grande firme lui permet d'investir pour un

niveau de cash-flows plus faible ( $C_g^*$ ). Le niveau de cash-flows requis pour entreprendre l'investissement est plus élevé pour la petite firme et le nouvel entrant ( $C_p^*$  et  $C_n^*$ ).

Pour le cas français, le coût la licence a été fixé à 4,95 Mds d'Euros, ce qui nous permet de déduire les cash-flows implicites correspondants, si l'option est correctement évaluée. Ce niveau de cash-flows est noté  $\bar{C}$  et donné dans le tableau (11).

**Tableau 11 – Valeur des cash-flows implicites  $\bar{C}$**

Paramètre	Nouvel entrant (n)	Petite firme (p)	Grande firme (g)
$\bar{C}$	1,22	1,08	0,89

Il résulte de l'application de l'équation (10) dans le cas où la valeur de la licence  $F$  est égale à 4,95 Mds d'Euros. On constate que la valeur, qui correspond au seuil de cash-flows diminue avec la taille de l'opérateur :

$$\bar{C}_n > \bar{C}_p > \bar{C}_g \quad (17)$$

Parallèlement, on peut supposer que les cash-flows potentiels en  $t_0$  seront croissants avec la taille de l'opérateur :

$$C_{(n,0)} < C_{(p,0)} < C_{(g,0)} \quad (18)$$

Les opérateurs observent en  $t_0$  leurs cash-flows potentiels  $C_{(i,0)}$ . Or il est très probable que ces derniers ne coïncident pas avec les valeurs  $\bar{C}_i$ . Si  $\bar{C}_i > C_{(i,0)}$ , l'État a surévalué le prix de la licence. Dans le cas inverse, la licence a été sous-évaluée. Le *mispricing*, qui correspond à la différence entre  $\bar{C}_i$  et  $C_{(i,0)}$  varie d'un opérateur à un autre : les relations (17) et (18) traduisent un *mispricing* plus défavorable pour le nouvel entrant que pour les deux autres opérateurs. La grande firme voit son avantage concurrentiel augmenté.<sup>10</sup>

Ainsi, la grande firme se trouve confortée dans sa position concurrentielle à la fois parce qu'elle bénéficie d'un *mispricing* plus favorable et parce qu'elle peut exercer plus tôt son option et réaliser l'investissement avant ses concurrents (cf. supra commentaire sur  $C_i^*$ ).

Cependant l'importance de l'avantage de la grande firme est dépendant des données retenues pour la simulation. Si, par exemple, le montant des investissements  $I$  diminue et tend à

---

<sup>10</sup> Nos simulations permettent d'évaluer le *mispricing* de l'option, qui correspond à  $\bar{C}_i - C_{(i,0)}$ . Cependant, les données numériques sont partiellement fictives, notamment en raison du caractère confidentiel de certaines données. Nous laissons aux différents opérateurs télécom le soin de réaliser leurs propres calculs...

s'homogénéiser, les seuils  $C^*$  vont également diminuer et s'homogénéiser. Ils tendront vers  $\bar{C}$  et le coût de la licence pourrait alors être plus rapidement rentabilisé que dans les simulations présentées. Néanmoins l'avantage de la grande firme ne disparaît pas entièrement, dans la mesure où elle dispose de cash-flows potentiels au départ plus élevés.

## Conclusion

Cet article a étudié l'impact de différents paramètres sur la valeur d'une licence UMTS selon un modèle d'options réelles. Ainsi, nous avons montré que la valeur théorique de la licence augmente quand :

- le coût d'investissement diminue ;
- le taux de croissance des cash-flows augmente ;
- la volatilité des cash-flows et le taux de rendement requis diminuent simultanément.<sup>11</sup>

L'étude de trois types distincts d'opérateurs (nouvel entrant, petite firme et grande firme) a montré qu'un prix de licence fixe tend à conforter la grande firme dans sa position concurrentielle.

Ce résultat est corroboré dans le cas français par le retrait successif de Suez-Telefonica et de Bouygues Telecom, alors qu'une procédure d'enchères pures a permis dans d'autres pays européens l'introduction de nouveaux entrants et a montré que le leader de marché offrait un prix plus élevé : deux nouveaux entrants (France Telecom et Telefonica-Sonera) sur six licences en Allemagne, où l'on constate que l'opérateur historique (Deutsche Telekom) a proposé l'enchère la plus élevée, un nouvel entrant (TIW) sur cinq licences au Royaume-Uni, où le leader mondial Vodaphone a obtenu la licence la plus convoitée car offrant la capacité la plus large, en s'imposant en tête des enchères.

Néanmoins, la procédure de sélection sur dossier ne s'avère pas nécessairement favorable à l'opérateur dominant et défavorable au nouvel entrant si le prix de la licence est tel qu'il permet à ce dernier de participer au concours de beauté, comme l'illustre le cas de la Suède : l'attribution s'est effectuée quasi gratuitement (11495 Euros), accompagnée d'une redevance annuelle correspondant à 0,15% du chiffre d'affaires et d'une exigence de couverture minimum de 99% du territoire d'ici 2003. Cette procédure de sélection s'est traduite par l'éviction de l'opérateur historique suédois Telia.

Cependant, nos résultats sont obtenus dans un cadre d'analyse restrictif, qui suppose un investissement instantané et d'un montant certain. Ce cas est sous-tendu par l'idée que le succès d'une norme nouvelle, telle que l'UMTS, dépend de la rapidité de sa diffusion. Il pourrait néanmoins

---

<sup>11</sup> La valeur de la licence  $F$  augmente avec  $\sigma$  mais diminue avec  $\mu$  ; la variation conjointe de ces deux variables a cependant pour effet de faire diminuer la valeur de la licence.

être intéressant d'intégrer dans le modèle la possibilité d'un investissement séquentiel et variable et d'en étudier les effets sur la position concurrentielle des opérateurs.

## Références

- Benaroch, M. et R. J. Kaufmann (1999)** “A Case for Using Real Option Pricing Analysis to Evaluate Information Technology Project Investments”, *Information Systems Research* 10, 1, pp. 70-86.
- Brennan, M. J. et E. S. Schwartz (1985)** “Evaluating Natural Resource Investment”, *Journal of Business* 58, N° 2, pp. 135-157.
- Dixit, A. K. et R. S. Pindyck (1994)** *Investment under Uncertainty*, Princeton University Press.
- Goffin, R. (1994)** “L'application de la Théorie des Options au Choix des Investissements des Entreprises”, *Banque et Marchés*, pp. 9-15.
- \_\_\_\_\_ (1999) *Principes de Finance Moderne*, Economica, 2ème édition.
- Jäggle, A. J. (1999)** “Shareholder value, Real options, and Innovation in Technology Intensive Companies”, *R&D Management* 29, 3, pp. 271-288.
- Kulatilaka, N. (2000)** “The value of Flexibility: A General Model for Real Options” in Real Options in Capital Investment : Models, Strategies, and Applications, Trigeorgis L., ed., Praeger Publishers (1995).
- Lamberton D. et B. Lapeyre (1996)** *Introduction au Calcul Stochastique Appliqué à la Finance*, Ellipses.
- Øksendal, B. (1996)** *Stochastic Differential Equations*, Springer, 4ème édition.
- Paddock J. L., D. R. Siegel, et J. L. Smith (1988)** “Option Valuation of Claims on Real Assets: the Case of Offshore Petroleum Leases”, *Quarterly Journal of Economics* 103 (August), pp. 479-508.
- Perlitz, M., T. Peske, et R. Schrank (1999)** “Real Options Valuation: The New Frontier in R&D Project Evaluation ?”, *R&D Management* 29, 3, pp. 255-270.
- Perrotti, E. et S. Rossetto (2000)** “Internet Portals as Portfolios of Entry Options”, *Tinbergen Institute Discussion Paper TI2000 - 105/2*.
- Schwartz, E. S. et M. Moon (2000)** “Evaluating Research and Development Investments”, in Project Flexibility, Agency, and Competition, Brennan, M.J. et Trigeorgis, L., Editors, Oxford University Press: New York (2000).
- Schwartz, E. S. et C. Zozaya-Gorostiza (2000)** “Valuation of Information Technology Investments as Real Options”, *AFA 2001 - New Orleans Meetings*.
- Trigeorgis, L. (1995)** “Real Options: An Overview” in Real Options in Capital Investment: Models, Strategies, and Applications, Trigeorgis L., ed., Praeger Publishers (1995).