



HAL
open science

JUSTE VALEUR ET RISQUE DE MODELE : LE CAS DE LA VALORISATION DES STOCK-OPTIONS

Jean-François Casta, Hamza Bahaji

► **To cite this version:**

Jean-François Casta, Hamza Bahaji. JUSTE VALEUR ET RISQUE DE MODELE : LE CAS DE LA VALORISATION DES STOCK-OPTIONS. Mesure, évaluation, notation – les comptabilités de la société du calcul, May 2014, Lille, France. pp.cd-rom. hal-01899601

HAL Id: hal-01899601

<https://hal.science/hal-01899601>

Submitted on 24 Oct 2018

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.

JUSTE VALEUR ET RISQUE DE MODELE : LE CAS DE LA VALORISATION DES STOCK-OPTIONS

*Jean-François CASTA
Hamza BAHAJI*

Résumé :

Les normes comptables internationales se réfèrent à la juste valeur pour la comptabilisation de nombreux instruments financiers et plus particulièrement pour les stock-options (IFRS 2). La mesure sous-jacente renvoie au prix observé sur un marché ou, à défaut, à une évaluation par le modèle (Mark-to-Model). La présente contribution se propose d'étudier les caractéristiques des modèles couramment utilisés, d'identifier les limites inhérentes au cadre théorique sous-jacent (Théorie de l'utilité espérée, axiomatique von Neuman-Morgenstern) et de mettre en évidence le risque de modèle lié au biais de représentation du comportement d'exercice anticipé des bénéficiaires. Il est ensuite proposé une modélisation fondée sur la *Prospect Theory* (Kahneman et Tversky, 1979 ; 1992), cadre plus cohérent en termes de préférences face au risque des bénéficiaires (rationalité limitée). Les deux types de modélisation sont soumis à un protocole visant à tester, par simulation, leur capacité à représenter les comportements observés en situation de risque.

Mots clés : Juste valeur, Modèle d'évaluation des stock-options, Théorie de l'utilité espérée, Théorie des perspectives, Approche comportementale.

Abstract :

Fair value is recommended by the international accounting standards for the valuation of several financial instruments including stock options (IFRS 2). Our contribution aims to outline the limits of the stock options standard valuation models related to their underlying behavioural assumptions. It suggests an alternative behavioural representation relying on the Prospect Theory (Kahneman et Tversky, 1979, 1992). This approach would lead to more relevant fair value assessment.

Key words : Fair value, Stock option valuation model, Expected utility theory, Prospect theory, Behavioral approach

Introduction

Pierre angulaire du référentiel comptable international, le principe d'évaluation et de comptabilisation à la juste valeur a particulièrement été exposé lors des récentes crises financières, relançant ainsi la controverse sur les modalités de sa mise en œuvre. Le concept de juste valeur (Fair value) renvoie à une valorisation des actifs et des passifs fondée sur leur valeur de marché (Market fair value) ou, à défaut, sur leur valeur d'utilité, déterminée à partir de modèle d'actualisation des flux de trésorerie attendus de leur utilisation. L'inexistence d'un marché, ou l'absence de liquidité de celui-ci, en rendant impossible toute référence à un prix de transactions observable sur un marché actif renvoie souvent le praticien à une évaluation par le modèle (Mark-to-model). Dans ce contexte, on assiste à un glissement sémantique du concept de « prix » (de transaction) vers celui de « valeur », impliquant des choix méthodologiques très structurants, souvent implicites, qui sont le reflet d'une véritable ingénierie technologie invisible, mais sont aussi à l'origine du risque de modèle (Casta et Colasse, 2001, p. 8).

En effet, la plupart des modèles d'évaluation utilisés reposent sur un cadre théorique strictement normatif, qui postule une parfaite rationalité des agents économiques et qui occulte l'impact des aspects comportementaux. C'est particulièrement le cas des contrats de rémunérations incitatives reposant sur l'attribution de stock-options. Leur étude est particulièrement intéressante en raison de trois spécificités : (1) la norme IFRS 2 prescrit de valoriser en juste valeur la transaction non monétaire relative à la compensation réalisée entre les droits du salarié et ceux des actionnaires de l'entité ; (2) les instruments de capitaux propres ainsi attribués étant non négociables sur un marché, ils doivent faire l'objet d'une évaluation par le modèle et (3), s'agissant d'options, leur juste valeur est impactée par le comportement d'exercice des bénéficiaires. La reconnaissance comptable, sous IFRS 2, de l'attribution de stock-options constitue un cas de figure emblématique pour l'étude de la pertinence du modèle d'évaluation à la juste valeur.

La spécification correcte du modèle d'évaluation et la bonne adéquation du cadre théorique sous-jacent au comportement des bénéficiaires face au risque constituent un enjeu majeur du processus de valorisation par le modèle. Bien qu'il y ait convergence des pratiques relatives à l'estimation des différents paramètres de marché (par ex. volatilité, taux sans risque, taux de dividendes...), la question relative à la prise en compte du comportement d'exercice anticipé des bénéficiaires reste ouverte. Impactant fortement la valorisation des stock-options,

le comportement d'exercice anticipé des bénéficiaires a fait l'objet de nombreuses propositions de traitement. Celles-ci reposent soit sur l'intégration dans les modèles classiques de facteurs exogènes (barrières optimales d'exercice, d'horizon ou de durée détention moyenne), soit sur la représentation explicite des préférences des bénéficiaires face au risque et des modèles fondés sur la maximisation de l'espérance d'utilité des gains. Cependant, de nombreux travaux montrent que le comportement d'exercice des salariés relève d'un ensemble plus complexe de facteurs économiques et psychologiques (Huddart and Lang, 1996) qui sont mal représentés par le cadre théorique conventionnel de l'utilité espérée.

Les limites de la théorie de l'utilité espérée, fondée sur l'axiomatique von Neuman-Morgenstern (1944), portent sur sa capacité à représenter certains comportements individuels face au risque. Déjà identifiées par les travaux fondateurs d'Allais (1953), ces limites se traduisent par certains paradoxes au regard du comportement réel des individus en situation d'incertitude. Les nombreux travaux psychométriques ultérieurs ont engendré l'émergence d'un cadre alternatif — la Théorie des perspectives (*Prospect Theory* : Kahneman et Tversky, 1979 ; Tversky et Kahneman, 1992) — qui constitue le fondement de l'approche comportementale. Au regard de la modélisation conventionnelle, la présente communication propose un protocole visant à tester la pertinence de l'évaluation (par le modèle) de la juste valeur des stock-options à partir de ce cadre théorique alternatif, présumé plus représentatif des préférences des bénéficiaires face au risque. A cette fin, il convient : (1) d'explicitier l'impact des deux cadres théoriques sous-jacents sur le processus d'évaluation des stock-options et (2) de réaliser un protocole de simulation visant à mesurer la performance du modèle « candidat » par référence à un benchmark constitué par le modèle d'évaluation conventionnel.

Après un rappel des fondements conceptuels de la juste valeur (section 1), nous examinerons l'émergence du concept de juste valeur par le modèle (Mark-to-Model) dans le référentiel international, puis nous développerons une analyse critique relative à la traduction du comportement des agents (section 2). Enfin, nous examinerons, dans le cas des stock-options, la performance du modèle proposé par comparaison avec les modèles d'évaluation conventionnels (section 3).

1. Les fondements conceptuels de la juste valeur

La norme IFRS 13 (2011) définit la juste valeur comme « *le prix qui serait reçu pour*

la vente d'un actif ou payé pour le transfert d'un passif lors d'une transaction normale entre des intervenants du marché à la date d'évaluation. L'IASB a édicté des règles applicables à l'ensemble des évaluations à la juste valeur requises par son référentiel. Ces règles reposent sur les concepts de « prix de sortie », c'est-à-dire de mesure fondée sur le marché, et de hiérarchie des justes valeurs, plutôt que sur une perspective spécifique à l'entité. Les intentions de l'entité à l'égard de l'actif ou du passif qu'elle détient ne sont pas prises en compte. Cette norme établit une hiérarchie de la juste valeur en trois niveaux dépendant de l'utilisation ou non d'un modèle d'évaluation, ainsi que de la nature des données utilisées.

- Les données de niveau 1 font référence à un cours observable sur un marché actif pour un instrument identique auquel l'entité peut avoir accès à la date d'évaluation ;
- Les données de niveau 2 correspondent à des données observables, comme les cours sur des marchés actifs pour des éléments similaires, les taux d'intérêt ... ;
- Le niveau 3 s'entend des données non observables, y compris des données propres à l'entité. La juste valeur déterminée sur la base d'un modèle d'évaluation utilise des données non observables sur un marché.

En ce qui concerne les instruments financiers de marché, nous pouvons distinguer deux cas de figure :

- S'il existe une cotation, la juste valeur se référera à la valeur de marché (*Mark-to-market*) ;
- En l'absence de cotation (par exemple marché de gré à gré) ou de marché actif, la meilleure estimation de la juste valeur sera le prix de sortie (*Exit price*). Celui-ci correspond à la juste valeur de la contrepartie donnée (ou reçue) afin de liquider l'instrument — à moins que la juste valeur de cet instrument puisse être confortée par la comparaison à d'autres transactions courantes observables sur le marché, ou puisse être déterminée par des modèles dont les paramètres proviennent de valeurs de marché (*Mark-to-model*).

L'IASB, comme le FASB américain, s'appuie sur une conception financière du capital fondée sur la théorie de la valeur (*Value theory*). Celle-ci trouve son origine chez Hicks (1946), pour qui tout actif est assimilable à un instrument financier dont la juste valeur serait égale à l'espérance des flux actualisés qu'il générerait compte tenu de son profil de risque (Casta, 2003).

2. De la pertinence de la juste valeur par le modèle

Le référentiel de l'IASB accorde une place emblématique aux prescriptions relatives à l'évaluation et à la comptabilisation des instruments financiers qui, de fait, ont conduit à une acception extensive de l'application du principe du « *Mark-to-model* ». En effet, lors des récentes crises financières, les autorités de surveillance et les instances de normalisation comptable ont cherché à légitimer le recours au principe de la juste valeur par le modèle (*Mark-to-model*), devenu indispensable en raison de la situation sur les marchés. Ceci pose avec acuité le problème de la validité des hypothèses comportementales sous-jacentes aux modèles utilisés et celui de la pertinence de l'évaluation. S'agit-il d'obtenir une valeur normative résultant des préférences et des anticipations d'un investisseur parfaitement rationnel face au risque ou, au contraire, de déterminer une valeur pertinente au regard du comportement réel des agents ?

2.1. IFRS 2 et la détermination de la juste valeur par le modèle

La norme IFRS 2 « Paiements fondés sur des actions » s'applique à toutes les formes de paiements en actions ou basées sur la valeur des instruments de capitaux propres de l'entité. Les rémunérations incitatives reposant sur l'attribution d'instruments de capitaux propres, tels que les stock-options, relèvent du champ d'application de la norme. Elles nécessitent de déterminer, à la date d'octroi, la juste valeur des options. Dans le cas des stock-options, s'agissant d'instruments non négociables, le recours à des modèles d'évaluation s'impose dans la mesure où le bénéficiaire ne peut pas les céder sur le marché. Cependant, la norme IFRS 2 laisse une grande latitude aux entreprises : elle renvoie aux modèles d'évaluation les plus adaptés aux spécificités des plans de stock-options et elle se réfère à l'utilisation d'approches « largement admises » comme, pour les options, le modèle Black-Scholes-Merton (BSM) ou les modèles binomiaux — bien que ceux-ci postulent une parfaite rationalité des agents économiques. Le normalisateur semble ainsi orienter ses préconisations vers l'emploi des modèles d'évaluation enracinés dans les pratiques financières et issus majoritairement des théories normatives de la finance moderne.

Dans certaines situations, la mise en oeuvre du principe de la juste valeur par le modèle pose des difficultés d'ordre pratique. Selon l'étude réalisée par Duff et Phelps (2009), le recours à des approches standardisées et simplifiées est courant dans les sociétés ayant un plus faible niveau d'expertise (par ex. les sociétés des secteurs non financiers). L'étude des

pratiques d'évaluation IFRS 2, menée auprès des entreprises du FTSE 100 entre 2005 et 2007, montre que la majorité des entreprises sondées (85 %) utilisent le modèle de BSM (55% en moyenne) ou le modèle binomial (30% en moyenne) pour l'évaluation de leurs plans complexes d'attribution de stock-options ou d'actions de performances, plutôt que des approches plus sophistiquées. Inversement, les sociétés pratiquant l'usage des instruments financiers complexes dans leur activité, comme les banques ou les sociétés de l'industrie financières, recourent à des modèles d'évaluation beaucoup plus complexes qui intègrent davantage les spécificités de leurs plans de stock-options. Par ailleurs, la principale qualité requise par les praticiens réside dans la facilité d'implémentation du modèle sur le plan opérationnel. Cette qualité peut être à l'origine du succès d'un modèle fermé et contraint (par ex. BSM). Dès lors, en pratique, le choix d'un modèle d'évaluation pourrait revêtir une dimension exclusivement normative, voire purement conventionnelle.

2.2. Les fondements de la modélisation de la juste valeur en question

Les nombreuses critiques et interrogations portant sur la mise en œuvre opérationnelle du principe de la juste valeur par le modèle ont souvent occulté un questionnement d'ordre conceptuel. La juste valeur d'un instrument financier est assimilée à sa valeur fondamentale obtenue à partir de l'actualisation de l'espérance de ses cash-flows futurs. Aussi, la finalité du « Mark-to-model » serait-elle d'estimer, de la manière la plus fiable possible, cette valeur actuelle. A cette fin, les normes comptables prescrivent l'application de modèles d'évaluation internes basés sur des paramètres raisonnables et sur les hypothèses qui seraient utilisées par les acteurs de marchés pour évaluer l'instrument. La plupart des modèles d'évaluation largement diffusés dans les milieux professionnels sont issus d'approches normatives. Ils se réfèrent, directement ou indirectement, à des hypothèses qui constituent le fondement de ces théories.

Le cadre dominant en théorie de la décision face au risque est celui de la théorie de l'utilité espérée, introduit par von Neumann et Morgenstern (1944). Ce cadre normatif a été mis en défaut en raison de son incompatibilité avec certains comportements observés, qualifiés de paradoxes (Allais, 1953 ; Ellsberg, 1961). Sur les marchés financiers plus particulièrement, l'observation de certaines anomalies ayant pour conséquence la persistance de prix erronés réfute le postulat de rationalité parfaite des investisseurs. Ces anomalies, qui témoignent de la divergence des prédictions du modèle normatif par rapport au comportement avéré des investisseurs, ont suscité l'émergence de la finance comportementale. Ce courant de

recherche explique ces biais par la limitation des ressources cognitives des individus (par ex. biais cognitifs) plutôt que par leur irrationalité. S'appuyant sur un important courant d'études psychométriques, la *Prospect theory* (Kahneman et Tversky, 1979 ; Tversky et Kahneman, 1992) propose ainsi une alternative à la théorie de l'utilité espérée.

Par ailleurs, la validité des postulats comportementaux qui sous-tendent les modèles d'évaluation peut être mise en perspective à travers deux exemples.

Le premier concerne les modèles gaussiens, qui sont des conventions de représentation de la dynamique des actifs sous-jacents aux instruments dérivés, tels que les actions et les indices actions. L'hypothèse de distribution gaussienne des rentabilités des sous-jacents constitue une condition technique permettant de déterminer l'espérance mathématique du « *payoff* » de l'instrument dérivé et, par conséquent, sa juste valeur (par ex. le modèle de BSM). Or, cette hypothèse de normalité trouve sa justification théorique dans la théorie de l'efficience des marchés et, plus particulièrement, dans son corollaire, la marche aléatoire qui implique que les rentabilités instantanées des actifs sont statistiquement indépendantes. Cependant, la constatation sur certains marchés actions, d'une part, de niveaux d'auto-corrélation significatifs sur des séries historiques de rentabilités et, d'autre part, de distributions empiriques leptokurtiques des rentabilités (s'écartant significativement de la distribution normale) est en contradiction avec l'hypothèse de l'efficience. L'observation de prix erronés persistants (*misspricings*) serait due à l'intervention d'investisseurs « irrationnels » dont le comportement s'écarte du cadre normatif (Barberis et Thaler, 2003).

Le second exemple permettant est celui des modèles d'évaluation des options américaines ou bermudiennes. En effet, la pratique sur les marchés financiers en termes d'évaluation de ce type d'options est de recourir aux modèles d'évaluation standards, tels que les modèles d'arbres. Ces modèles sont fondés sur le principe de temps d'arrêt optimal, qui implique que l'exercice anticipé de l'option intervient lorsque le gain d'exercice est maximal. Ils postulent ainsi une forme de rationalité parfaite du porteur de l'option. Cette hypothèse concernant le comportement d'exercice du porteur de l'option peut être raisonnable lorsque le porteur de l'option est un professionnel averti, qui utilise ce type d'approche pour vérifier l'optimalité de l'exercice anticipé. Cependant, dans le cas d'agents économiques non avertis, tels que les salariés bénéficiaires de stock-options, l'hypothèse de comportement d'exercice parfaitement rationnel est très critiquable.

La mise en œuvre du principe du « *Mark-to-model* » pose le problème de la validité des

hypothèses ou des postulats qui sous-tendent les modèles d'évaluation, plus particulièrement celles qui se rapportent au comportement des agents. Ce questionnement met en lumière la possible incompatibilité entre l'objectif de recherche d'une valeur pertinente ou, au contraire, de valeurs « rationnelles », acceptable, voire conventionnelle.

2.3. Le risque de modèle

Le risque de modèle a donné lieu à une abondante littérature en matière de contrôle prudentiel des institutions financières. « Le risque de modèle s'analyse comme l'éventualité, pour un établissement financier, de supporter des pertes ou de devoir reconnaître un résultat mal évalué en raison de l'utilisation d'un modèle de valorisation ou de couverture partiellement ou totalement inadapté. L'inadéquation du modèle peut avoir plusieurs causes : en premier lieu, les hypothèses sous-jacentes au modèle peuvent ne pas être respectées ; en second lieu, l'implémentation peut ne pas en être satisfaisante ; en troisième lieu, le paramétrage peut être incorrect ; en dernier lieu, le modèle peut ne pas être suffisamment stable ou robuste. Par ailleurs, toutes ces limitations peuvent être explicites ou implicites » (Bois, 2001).

Une erreur de spécification du modèle peut se traduire par une évaluation fortement biaisée. En l'occurrence, quel pourrait-être son impact en termes d'évaluation le coût de l'attribution de stock-options ?

La valorisation produite par le modèle doit traduire une espérance de flux futurs en adéquation avec les comportements d'exercice du porteur de l'option. Le modèle d'évaluation doit donc intégrer une représentation du comportement d'exercice et de ses préférences face au risque.

3. Un cas d'école : les stock-options

Le cas des stock-options constitue un exemple typique qui illustre bien cette problématique. Rappelons de prime abord que les stock-options sont des instruments de rémunération incitative attribués par l'entreprise à certains salariés. Mais il s'agit avant tout d'options incessibles (le plus souvent de type bermudien) dont le sous-jacent est le titre de l'entreprise et dont la couverture est difficilement réalisable, voire inaccessible au bénéficiaire. Par ailleurs, les stock-options constituent des instruments de fonds propres qui en vertu de la norme IFRS 2 doivent être évalués, puis comptabilisés, à leur juste valeur. Or, cette juste valeur, qui n'est autre qu'une espérance du *payoff* de l'option, est fonction du comportement d'exercice de l'optionnaire. Ce comportement est à l'évidence dicté par les préférences de

risque de ce dernier ainsi que par la manière dont il formule ses croyances. La dimension comportementale ne peut ainsi être occultée dans l'estimation de la juste valeur des stock-options. Au-delà des enjeux d'évaluation comptable, cette dimension comportementale pourrait revêtir une importance capitale pour l'entreprise dès lors qu'il s'agisse de cerner des problématiques de pilotage de la dilution du capital, ou encore des aspects de gestion de trésorerie liées aux stock-options dénouées en cash (*cash settled*).

Dans le cas spécifique des optionnaires, plusieurs études empiriques ont démontré que leur comportement d'exercice dénote d'une forme de rationalité limitée dans la mesure où il serait empreint de biais psychologiques (Huddart et Lang, 1996; Heath et *al.*, 1999; Core et Guay, 2001; Sautner et Weber, 2005). Par conséquent, le recours aux modèles standards pour l'estimation de la juste valeur des stock-options dans le cadre des normes IFRS 2 et SFAS 123R ne serait pas approprié. Pourtant, beaucoup d'entreprises semblent avoir fait ce choix, confortés d'ailleurs - rappelons-le - par les préconisations des deux normes.

Afin d'illustrer la problématique relative à la représentation du comportement d'exercice des stock-options dans la détermination de leur juste valeur par le modèle, nous allons présenter d'une manière sommaire un exemple fondé sur une approche heuristique. Plus spécifiquement, cet exemple montre que la valeur subjective d'une stock-option (i.e. la valeur du point de vue de l'optionnaire) et, par conséquent, sa juste valeur¹, découle de la manière dont l'employé formule ses préférences de risque. Il permet de souligner alors l'importance du choix du cadre théorique des préférences sous-jacent au modèle d'évaluation de ces instruments.

3.1. Le cadre théorique de référence

Kahneman et Tversky ont tenté, au travers d'une théorie descriptive du comportement décisionnel des individus, d'intégrer au mieux les biais comportementaux révélés par les expérimentations de laboratoire. Une première version de leur théorie a été publiée en 1979. Celle-ci abordait la problématique des choix portant sur des loteries avec deux résultats. Les deux chercheurs ont proposé en 1992 une généralisation de leur théorie en l'étendant aux choix portant sur des loteries avec plusieurs résultats.

¹ En effet, comme le souligne Huddart (1994), l'exercice anticipé de l'option dépend de sa valeur subjective : plus la valeur subjective est faible plus tôt l'option sera exercée. Il existe par conséquent un lien de cause à effet entre la valeur subjective et la juste valeur d'une stock-option.

Dans la version généralisée de cette théorie, appelée « théorie des perspectives cumulative » (*Cumulative Prospect Theory*), un prospect $X = (x_{i \in \{1...n\}}; p_{i \in \{1...n\}})$ comportant n résultats ordonnés, dont m engendrant des rentabilités négatives, est évalué grâce à une fonction $V(.)$:

$$V(X) = \sum_{i=1}^n \omega_i v(x_i) \quad (1)$$

- La fonction $v(.)$, dite fonction d'évaluation (*value function*), est l'équivalente de la fonction d'utilité dans le cadre de l'utilité espérée. La forme paramétrique de cette fonction proposée par Kahneman et Tversky est la suivante :

$$v(x) = \begin{cases} (x - x^*)^\alpha & ; x \geq x^* \\ -\lambda (x^* - x)^\beta & ; x < x^* \end{cases} \quad (2)$$

Où x^* est le niveau de référence à partir duquel l'individu détermine ses gains et ses pertes. Ce niveau de référence peut correspondre par exemple à la richesse de l'agent lorsque les retombées de ses décisions sont immédiates (i.e. le temps n'intervient pas et les résultats du prospect sont connus immédiatement) comme il peut correspondre à une somme intégrant le coût d'opportunité qui résulte du choix d'un prospect risqué plutôt qu'un prospect sans risque dont les résultats sont certains (ex : richesse initiale capitalisée au taux sans risque).

Les paramètres de cette fonction ont été estimés par Kahneman et Tversky sur la base d'expérimentation de laboratoire. Ils ont obtenus ainsi $\alpha = \beta = 0.88$, ce qui indique que la fonction d'évaluation est concave à droite du point de référence (i.e. du côté des gains) et qu'elle est convexe à gauche de ce point (i.e. du côté des pertes). De plus, le coefficient λ , appelé coefficient d'aversion aux pertes, a été estimé à une valeur de 2.25 environ. Par conséquent, la pente de la fonction d'évaluation est plus forte du côté des pertes. Ceci traduit le fait que les agents manifestent une aversion pour les pertes. La présence du coefficient d'aversion aux pertes induit un point où la fonction d'évaluation n'est pas différentiable et qui correspond au niveau de référence.

- ω_i sont des poids affectés par l'agent aux différents résultats. Ces poids sont obtenus à partir de la transformation des probabilités des résultats grâce à une fonction de pondération. Il est à noter que dans la première version de leur modèle (1979), Kahneman et Tversky appliquait la transformation aux probabilités des états, alors que dans leur modèle généralisé (1992), ils

transformaient les probabilités cumulées à l'instar du modèle Utilité Espérée Dépendante du Rang. Le poids appliqué à chaque résultat est obtenu ainsi de la manière suivante :

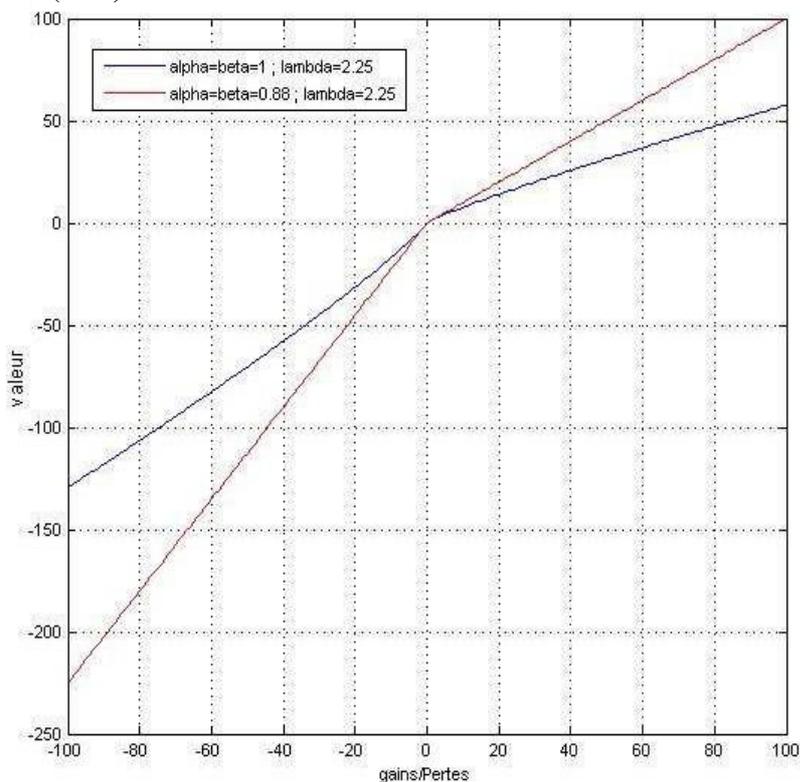
$$\omega_i = \begin{cases} \Psi \left(\sum_{j=i}^n p_j \right) - \Psi \left(\sum_{j=i+1}^n p_j \right) = \Psi (1 - F(x_{i-1})) - \Psi (1 - F(x_i)) & ; m \leq i < n \\ \Psi \left(\sum_{j=1}^i p_j \right) - \Psi \left(\sum_{j=1}^{i-1} p_j \right) = \Psi (F(x)) - \Psi (F(x_i)) & ; 2 \leq i < m \\ \Psi (p_i) & ; i = \{1, n\} \end{cases} \quad (3)$$

Nous constaterons ainsi que les gains et les pertes sont pondérés différemment. La fonction de pondération s'applique à la fonction décumulative des probabilités des gains alors qu'elle s'applique à la fonction de répartition pour les pertes. On retrouve par ailleurs cette dichotomie dans la forme paramétrique retenue par Tversky et Kahneman pour la fonction de pondération :

$$\Psi (F(x_i)) = \begin{cases} \frac{(1 - F(x_i))^a}{(F(x_i)^a + (1 - F(x_i))^a)^{\frac{1}{a}}} ; x_i \geq x \\ \frac{F(x_i)^b}{(F(x_i)^b + (1 - F(x_i))^b)^{\frac{1}{b}}} ; x_i < x \end{cases} \quad (4)$$

Les paramètres a et b définissent le degré de pondération des probabilités. TK obtiennent $a=0.61$ et $b=0.69$ à partir de leurs résultats expérimentaux.

Figure-1 : Fonction d'évaluation de KAHNEMAN et TVERSKY (1979)



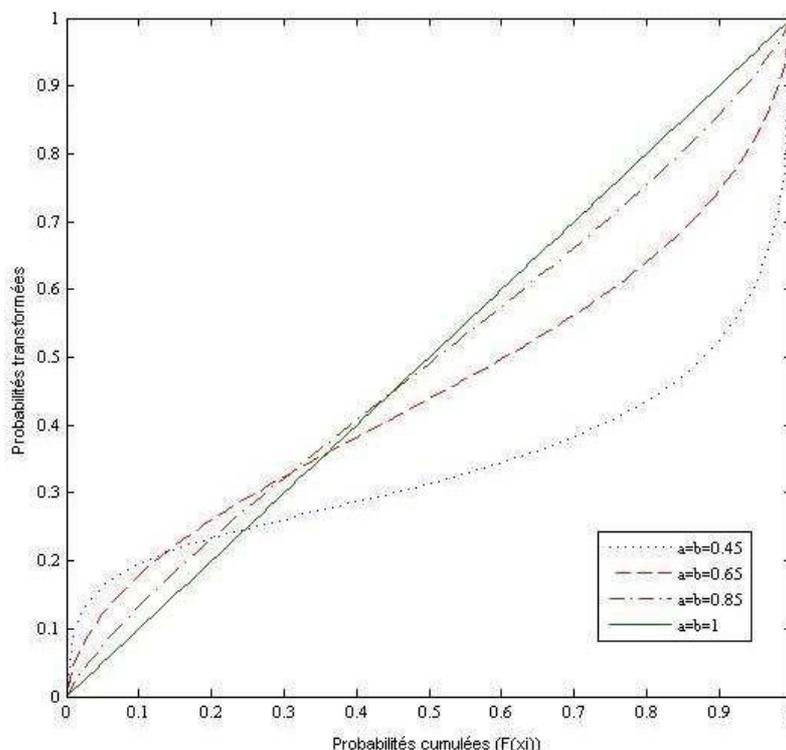
Ce graphique présente deux exemples de la fonction d'évaluation de Kahneman et Tversky (1979) avec un niveau de référence nul. Les deux exemples sont basés sur un paramètre d'aversion aux pertes égale à 2.25. La fonction tracée en couleur foncée présente un traitement linéaire des gains et des pertes. La deuxième fonction tracée est basée sur les paramètres de convexité estimée par KT ($\alpha = \beta = 0.88$).

La formulation de l'utilité proposée par Kahneman et Tversky (1979) et Tversky et Kahneman (1992) dans la théorie des perspectives a plusieurs particularités. Tout d'abord, tel que proposé par Markowitz (1952), l'utilité est définie à partir des gains et des pertes plutôt que de la richesse finale de l'agent. Ceci traduit la tendance des individus à traiter indépendamment et individuellement les nouveaux problèmes². De plus, les gains et les pertes sont traités d'une manière asymétrique de telle sorte à refléter l'aversion des agents pour les pertes. Par ailleurs, la théorie des perspectives intègre une représentation du biais de la comptabilité mentale grâce à la forme non linéaire de la fonction d'évaluation. Enfin, une autre particularité de la théorie des perspectives est la transformation non linéaire des

² Il s'agit d'une forme particulière du biais de comptabilité mentale connue sous le nom de « *Narrow framing* ».

probabilités qui traduit la tendance des individus à surpondérer les faibles probabilités. Cette déformation des probabilités revient à une représentation non additive des préférences contrairement au cadre normatif de l'utilité espérée.

Figure-2 : Fonction de pondération des probabilités de TVERSKY et KAHNEMAN (1992)



Ce graphique présente la fonction de pondération des probabilités introduite par Tversky et Kahneman (1992). Les faibles probabilités (resp. fortes probabilités) sont surpondérées (resp. sous-pondérées) en fonction des paramètres « a » et « b ». Plus ces paramètres se rapprochent de l'unité plus le traitement des probabilités se rapproche d'une transformation linéaire (i.e. la fonction de pondération converge vers la bissectrice).

3.2. Le contrat de stock-option

Considérons le cas d'un cadre dirigeant avec une richesse initiale w investie dans un actif sans risque. Ce dirigeant détient une option d'achat européenne inscrite sur le titre de son entreprise. Cette option, de maturité T et de prix d'exercice K , ne peut pas être cédée sur le marché. Le dirigeant ne peut pas la couvrir non plus car il n'est pas autorisé à vendre le titre de son entreprise à découvert.

Nous considérerons par ailleurs que le cours du titre de l'entreprise suit un Mouvement Brownien Géométrique décrit par l'EDS suivante :

$$\frac{dS_t}{S_t} = rdt + \sigma dZ_t, \text{ où } Z_t \text{ est un Brownien sous la probabilité } IP.$$

Pour des raisons de simplicité, nous supposons que l'entreprise ne distribuera pas de dividendes sur toute la durée de vie de l'option.

3.3. Cas-1 : l'agent a des préférences décrites par la théorie de l'utilité espérée

De même que Henderson (2005), supposons que le dirigeant a une fonction d'utilité exponentielle de coefficient d'aversion absolue au risque a :

$$u(w) = -\frac{e^{-aw}}{a}$$

La valeur que le dirigeant attribuera à l'option qu'il détient est fonction de son aversion au risque. Elle correspond à un montant C_a – dit l'équivalent certain – que le dirigeant accepte d'échanger contre son option (Lambert et al., 1991; Hall et Murphy, 2000, 2002) et qui lui confère alors la même utilité que celle-ci. Cette valeur est donnée donc par la relation suivante :

$$u\left(C_a e^{rT} + we^{rT}\right) = E_{IP}\left\{u\left(we^{rT} + h_T\right)\right\} \quad (5)$$

Avec $h = (S_T - K)^+$ est le payoff de l'option. En développant la relation (5) ci-dessus nous obtenons :

$$e^{-aC_a e^{rT}} = E_{IP}\left\{e^{-ah_T}\right\} \quad (6)$$

D'où :

$$C_a = -\frac{\ln\left(E_{IP}\left(e^{-ah_T}\right)\right)}{a} e^{-rT} \quad (7)$$

Notons que la valeur de l'option ne dépend pas directement de la richesse initiale du dirigeant, mais uniquement de son aversion au risque. Ce résultat est dû à la propriété « Delta » de la fonction exponentielle que nous avons soulignée précédemment.

Revenons à la relation (6). En effectuant un développement de Taylor du premier terme au voisinage de 0, arrêté à l'ordre 1, et un développement du second terme arrêté à l'ordre 2 nous obtenons :

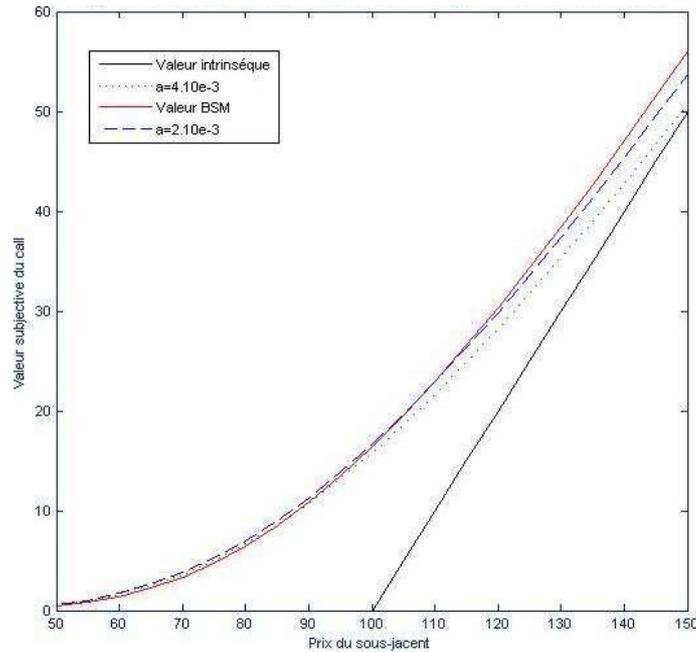
$$\begin{aligned} C_a &\approx E_{IP}\left(h_T\right) e^{-rT} - \frac{a}{2} E_{IP}\left(h_T^2\right) e^{-rT} \\ &\approx \pi_0 - \frac{a}{2} v_0 \end{aligned} \quad (8)$$

Nous remarquerons ainsi que la valeur de l'option du point de vue du dirigeant correspond à sa valeur π_0 pour un agent neutre au risque (i.e. valeur de marché donnée par la formule de Black & Scholes) corrigée d'une prime de risque qui dépend de l'aversion au risque du dirigeant a et de la variance du payoff de l'option v_0 . Cette prime de risque sera donc d'autant plus élevée que l'aversion relative au risque du dirigeant est importante et que le cours de l'action de l'entreprise est volatil.

Le graphique 3 illustre ces propos. Il présente une comparaison de la valeur de l'option pour un agent neutre au risque avec celle du point de vue d'un dirigeant dont la richesse initiale est de $w = 1000$. Cette analyse est conduite pour des coefficients d'aversion absolue au risque constants de $\gamma = 2$ et $\gamma = 4$. Il est à noter à ce niveau que les valeurs utilisées dans la littérature varient dans cet intervalle. Les coefficients d'aversion relative constants équivalents ont été obtenus grâce à la relation d'équivalence suivante : $a = \frac{\gamma}{w}$.

Les valeurs équivalentes utilisées sont alors respectivement de $a = 2 \cdot 10^{-3}$ et de $a = 4 \cdot 10^{-3}$. Par ailleurs, les valeurs retenues pour les caractéristiques du contrat optionnel (i.e. prix d'exercice, échéance, volatilité...) sont indiquées en bas du graphique. Il s'agit en effet d'ordres de grandeur standards. Comme nous pouvons le constater, la valeur de l'option pour le dirigeant est bornée par la valeur intrinsèque et par la valeur BSM lorsqu'elle est dans la monnaie. Elle est négativement corrélée à l'aversion relative au risque. Ainsi, lorsque le dirigeant est neutre au risque (i.e. $a \rightarrow 0$), il considère l'option à sa valeur de marché. Dans le cas opposé, lorsqu'il a une très grande aversion au risque, la valeur qu'il attribue à l'option se rapproche de sa valeur intrinsèque.

Figure-3 : Valeur d'un Call pour un agent averse au risque



Ce graphique présente les valeurs d'une option d'achat (*Call*) européenne en fonction du prix du sous-jacent, pour un agent économique averse au risque avec une fonction d'utilité exponentielle. La courbe verte présente les valeurs de l'option pour un coefficient d'aversion absolue au risque $a=4.10^{-3}$. La valeur du coefficient utilisé pour la courbe bleu est $a=2.10^{-3}$. Les autres paramètres sont : $T=1$; $\sigma=0.40$; $K=100$; $r=0.04$.

3.4. Cas-2 : l'agent a des préférences décrites par la théorie des perspectives

Admettant maintenant que le dirigeant est averse aux pertes et qu'il formule ses préférences conformément au cadre théorique de référence décrit précédemment. Dans ce cas, l'équivalent certain de la valeur de l'option $C_{\theta,a}$ compte tenu des préférences du dirigeant, est

donné par la formule suivante :

$$C_{\theta,a} = v^{-1} \left(\int_{\mathbb{R}} v(h) d\Psi(F(S_T)) \right) e^{-rT} \quad (9)$$

Où $F(\cdot)$ est la fonction de répartition de la loi log-normale, $\Psi(\cdot)$ et $v^{-1}(\cdot)$ sont respectivement la fonction de pondération de probabilité et la réciproque de la fonction d'évaluation, telles que spécifiées par Tversky et Kahneman (1992).

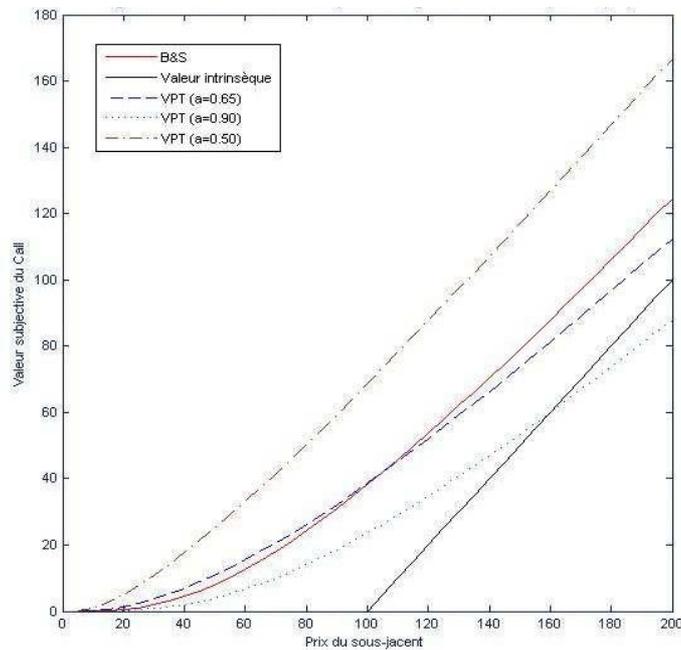
Cette valeur est sensible au paramètre de pondération des probabilités a . Afin d'illustrer cela, nous avons effectué une analyse de sensibilité par rapport à ce paramètre en supposant que le dirigeant évalue ses gains et ses pertes à partir d'un point de référence θ égal à la valeur BSM de l'option (Bahaji, 2011). L'analyse effectuée consiste à simuler

numériquement la valeur $C_{0,a}$ en fonction du cours de l'action et de trois degrés de pondération des probabilités. Les valeurs des paramètres du contrat optionnel sont les mêmes que dans le cas précédent. Comme le montre le graphique 4, la valeur que le dirigeant attribue à son option est croissante en fonction de son degré de pondération des probabilités. Ainsi, à titre d'exemple, quand l'option est à la monnaie, un dirigeant avec un coefficient de pondération $a = 0.5$ aura tendance à la surestimer par rapport à sa valeur de marché de plus de 70% lorsque la volatilité du cours est de 40%. A contrario un dirigeant avec un faible degré de pondération, tel que $a = 0.9$, sous-estimerait la valeur de l'option de moins de -40% par rapport à sa valeur BSM. En effet, le premier exemple représente le cas des agents qui ont tendance à surpondérer les faibles probabilités des grands gains. Ces agents pourraient surestimer la valeur d'un actif avec un profil de gains asymétriques, comme un *Call*, dans la mesure où ils conçoivent des queues de distribution de probabilités plus épaisses que celles de leur distribution théorique.

En résumé, l'exemple de l'évaluation des stock-options que nous venons de présenter illustre le lien entre la valeur des actifs risqués établie par les agents économiques et la manière dont ces derniers formulent leurs préférences de risque. Les agents se réfèrent ainsi à cette valeur pour prendre des décisions relatives à la façon de disposer de ces actifs. Ces décisions auront donc un impact sur la juste valeur des actifs.

Nous avons vu plus particulièrement que la valeur subjective d'une option européenne est différente selon que l'employé formule ses préférences conformément à la théorie de l'utilité espérée (i.e. parfaitement rationnel) ou selon le cadre de la théorie des perspectives (i.e. rationalité limitée). Sachant que le comportement décisionnel de l'employé quant à l'exercice anticipé d'une stock-option de type standard (i.e. bermudienne) va dépendre en partie de la valeur qu'il lui attribue, son comportement d'exercice sera alors la résultante de ses préférences de risque. En effet, plusieurs travaux empiriques montrent que le comportement d'exercice des employés dénote d'une forme de rationalité limitée dans la mesure où il reste guidé par un mix complexe de facteurs psychologiques et de facteurs rationnels (Huddart et Lang, 1996; Heath et al., 1999). La théorie des perspectives semble alors être a priori meilleur candidat pour représenter ce comportement que la théorie de l'utilité espérée.

Figure-4 : Valeur d'un Call pour un agent averse aux pertes



Ce graphique présente les valeurs d'un *Call* européen en fonction du prix du sous-jacent, pour un agent économique averse aux pertes, avec une fonction d'évaluation (de paramètres $\lambda=2.25$; $\alpha=\beta=0.88$) et une fonction de pondération de la forme décrite dans la théorie des Perspectives (1992). La courbe rouge présente les valeurs BSM. Cette valeur est utilisée comme point de référence (θ). La courbe verte présente les valeurs de l'option pour un coefficient de pondération $a=0.50$. La valeur du coefficient utilisé pour la courbe bleu est $a=0.65$. Elle est de $a=0.90$ pour la courbe marron. Les autres paramètres sont : $T=1$; $\sigma=0.40$; $K=100$; $r=0.05$.

Conclusion

De fait, la détermination de la juste valeur des actifs financiers non cotés sur les marchés ou illiquides, tels que les instruments dérivés complexes négociés de gré à gré, nécessite le recours à des modèles théoriques d'évaluation permettant d'estimer l'espérance des *cash flow* futurs actualisés. Le principe de la juste valeur par le modèle (dit également « *Mark-to-Model* ») est préconisé ainsi par lesdites normes dans le cas spécifique de cette catégorie d'instruments. Pour ce qui est de la mise en œuvre de ce principe, ces normes laissent aux entreprises une grande latitude pour le choix du modèle qui leur semble approprié. Toutefois, dans le cas particulier des instruments dérivés complexes elles recommandent l'application des modèles financiers « largement admis » tels que le modèle de Black & Scholes ou les modèles binomiaux pour l'évaluation des options. Autrement dit, les modèles qui sont ancrés

dans les pratiques financières des entreprises, grâce notamment à leur simplicité et à la facilité de leur implémentation.

Or, la majorité des modèles d'évaluation qui constituent des standards des pratiques financières (que nous pouvons qualifier ainsi de « largement admis ») sont fondés sur des formalismes mathématiques qui reposent sur un postulat de rationalité normative des agents économiques. Ce postulat peut être alors explicité dans le modèle lorsque le comportement de l'investisseur affecte directement le *payoff* de l'instrument, tel que dans le cas de l'exercice des stock-options. Néanmoins, ce cadre normatif sous-jacent a été pris en défaut à cause notamment de son incompatibilité avec certains comportements observés chez les agents économiques. Ces incompatibilités ont été qualifiées alors de paradoxes.

Oculter la réalité des aspects comportementaux des investisseurs dans la construction des modèles d'évaluation des actifs qui leur sont destinés reviendrait alors à promouvoir des modèles d'évaluation normatifs et conventionnels, plutôt que des modèles de la « juste valeur ». L'objectif du principe du « *Mark-to-Model* » serait-il donc d'aboutir à une valeur « rationnelle » qui découle des préférences et des anticipations d'un investisseur représentatif rationnel, ou au contraire de parvenir à une valeur pertinente compte tenu du comportement décisionnel avéré des agents. Autrement dit, un prix qui s'établirait sur les marchés si l'instrument en question était coté. Cette problématique de validité des postulats comportementaux sous-tendant les modèles d'évaluation pourrait conduire ainsi à une incompatibilité avec l'objectif affiché du principe du « *Mark-to-Model* », à savoir l'aboutissement à une valeur comptable pertinente.

Bibliographie

Allais M. (1953), Le comportement de l'homme rationnel devant le risque : critique des postulats de l'école américaine, *Econometrica*, n°22 : 503-546.

Bahaji H. (2011), Incentives from stock-option grants: a behavioral approach, *Review of Accounting and Finance*, Vol. 10, n°3 : 200-227.

Barberis N. et Thaler R. (2003), A survey of behavioral finance, in G. Constantinides, M. Harris, and R. Stulz (editors), *Handbook of the Economics of Finance*, North-Holland, Amsterdam.

Bois M. (2001), Juste valeur et risque de modèle, in J.F. Casta et B. Colasse (ed.), *Juste Valeur : enjeux techniques et politiques*, Economica, Paris : 167-177.

Casta J.F. (2003), La comptabilité en juste valeur permet-elle une meilleure représentation de l'entreprise ?, *Revue d'Economie Financière*, n°71 : 17-31.

Casta J.F. et Colasse B. (2001), *Juste Valeur : enjeux techniques et politiques*, Economica, Paris.

- Core J.E. et Guay W. (2001), Stock-option plans for non-executive employees, *Journal of Financial Economics*, Vol. 61, n°2 : 253-287.
- Duff & Phelps (2009), A study of the implementation of IFRS 2 by FTSE 100 companies in 2006 and 2007, *White paper*, London.
- Ellsberg D. (1961), Risk, ambiguity and the savage axioms, *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 75, n°4 : 643-669.
- FASB (2004), *Statement of Financial Accounting Standards No.123R, Share-Based Payment*, Financial Accounting Standards Board, Norwalk, CT.
- FASB (2006), *SFAS 157: Fair value measurement*, Financial Accounting Standards Board, Norwalk, CT.
- Hall B. and Murphy K. (2000), Optimal Exercise prices for executive stock-options, *American Economic Review*, Vol. 90, n°2 : 209-214.
- Hall B. and Murphy K. (2002), Stock-options for undiversified executives, *Journal of Accounting and Economics* Vol. 33, n°2 : 3-42.
- Heath C., Huddart S. and Lang M. (1999), Psychological factors and stock-option exercise, *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 114, n°2 : 601-628.
- Henderson V. (2005), The impact of the market portfolio on the valuation, incentives and optimality of executive stock-options, *Quantitative Finance*, Vol. 5, n°1 : 35-47.
- Huddart S. (1994), Employee stock-options, *Journal of Accounting and Economics*, Vol. 18, n°2 : 207-231.
- Huddart, S. and Lang, M. (1996), Employee stock-option exercises: an empirical analysis, *Journal of Accounting and Economics*, Vol. 21, n°1 : 5-43.
- IASB (2004), *IFRS 2: Share-based payments*, IASB Foundation Publication Department, London.
- IASB (2011), *IFRS 13: fair value measurement*, IASB Foundation Publication Department, London.
- Kahneman D. et Tversky A. (1979), Prospect Theory: An analysis of decision under risk, *Econometrica*, Vol. 47, n°2 : 263-292.
- Lambert R., Larcker D. et Verrecchia R. (1991), Portfolio considerations in valuing Executive Compensation, *Journal of Accounting Research*, Vol. 29, n°1 : 129-149.
- Sautner Z. et Weber M. (2005), Stock-options and Employee Behavior, *Working paper*, Mannheim university.
- Tversky A. et Kahneman D. (1992), Advances in Prospect Theory: Cumulative representation of uncertainty, *Journal of Risk and Uncertainty*, Vol. 5, n°4 : 297-323.
- von Neumann J. et Morgenstern O. (1944), *Theory Games and Economic Behavior*, Princeton University Press.