

Évaluation de projet :
De la VAN aux options réelles :
Étude de cas du marché immobilier

Rapport de recherche de maîtrise
Présenté par David Jarry
JARD16028108
Courriel : david.jarry@umontreal.ca

Sous la direction de M. Marcel Boyer

Université de Montréal
Avril 2007

Remerciements

Je tiens à remercier spécialement le Professeur Marcel Boyer pour son temps, ses conseils et son support financier lors de ce travail. J'aimerais également le remercier de m'avoir donné l'opportunité de travailler quotidiennement avec lui au CIRANO et la chance de côtoyer des gens de grande qualité. Merci beaucoup Monsieur Boyer d'être un modèle inspirant, j'espère un jour atteindre votre niveau de sagesse et surtout avoir le regard aussi passionné que le vôtre lorsque j'y serai parvenu.

Mes sincères remerciements à mes parents, qui, tout au long de ma vie, m'ont toujours encouragé et supporté dans tout ce que j'ai fait. Merci chère mère d'avoir toujours cru en moi, mais surtout de m'avoir permis de me bâtir une confiance en moi inébranlable. Merci bon papa pour ta disponibilité et ton écoute. Tes conseils, bien que la forme soit parfois contestable, sont toujours réfléchis et ils influencent positivement ma vie.

Finalement, je voudrais remercier ma belle, sans qui, je ne serais assurément pas là où je suis. Trouver les mots justes pour te remercier en seulement quelques lignes m'est totalement impossible, c'est pourquoi je compte bien prendre le reste de ma vie pour le faire...

Ce rapport de recherche porte sur l'évaluation d'un projet d'investissement en utilisant les options réelles. Pour ce faire, l'étude se basera sur un projet d'investissement immobilier de la compagnie Citic Pacific Limited, et sera inspirée du cas HKU199 de la Harvard Business School.

Il est important que les gestionnaires utilisent des méthodes de calcul rigoureuses et adaptées à la réalité. Dans cette optique, une partie importante du rapport montre l'évolution et les forces & faiblesses des trois méthodes d'évaluation de projets complémentaires suivantes : la valeur actualisée nette, la valeur actualisée nette optimisée et la valorisation d'options réelles.

Finalement, la théorie options réelles permet de voir que la volatilité et la flexibilité ajoutées de la valeur aux projets. Une attention particulière est portée sur l'impact que les dirigeants peuvent avoir avec leurs actions et sur l'attitude qu'ils doivent adoptés.

Table des matières

Chapitre 1	6
Introduction	6
Chapitre 2	7
Description générale du projet	7
Chapitre 3	9
Méthodes d'évaluations d'investissements	9
3.1 La Valeur Actualisée Nette (VAN)	9
3.1.1 Calcul de la VAN	10
3.1.2 Les faiblesses de la VAN	11
3.2 La Valeur Actualisée Nette Optimisée (VAN-O)	13
3.2.1 Démarche pour le calcul de la VAN-O	14
3.3 La Valorisation d'Options Réelles (VOR)	17
3.3.1 Options financières	18
3.3.2 Options réelles	18
3.3.3 Les paramètres d'influence des options réelles et financières	19
3.3.4 Différences entre les options réelles et les options financières	21
3.3.5 Les conditions d'existence d'options réelles	22
3.3.6 Procédure d'évaluation de la VOR	23
3.3.7 Calcul de la VOR	24
3.3.8 Critiques et solutions de la VOR	24
Chapitre 4	26
Évaluation du projet d'investissement	26
4.1 Les processus stochastiques	26
4.1.1 Mouvement Brownien Géométrique (MBG)	26
4.1.2 Le Mouvement de Retour à la Moyenne (MRM)	27
4.1.3 Choix du processus stochastique adéquat : MBG ou MRM?	28
4.2 Description des données	28
4.2.1 Respects des conditions (Options réelles)	30
4.3 Valeur actualisée nette du projet (VAN)	31
4.4 Valeur actualisée nette optimisée du projet (VAN-O)	32
4.5 Valorisation options réelles du projet	33
4.6 Analyse et possibilités de création de valeur	35
4.6.1 Négociation de la date d'échéance optimale	36
4.6.2 Négociation du pourcentage de location fixe	37
Chapitre 5	39
Conclusion	39
Annexe	40
Référence	42

Tableaux

<i>Tableau 1 : Critère de sélection de la Valeur Actualisé Nette (VAN)</i>	<u>10</u>
<i>Tableau 2 : Critère de sélection de la Valeur Actualisé Nette (VAN-O)</i>	<u>15</u>
<i>Tableau 3 : Les paramètres d'influence d'une option (réelle et financière)</i>	<u>21</u>
<i>Tableau 4 : Description des données</i>	<u>29</u>
<i>Tableau 5 : Les résultats des différentes évaluations</i>	<u>37</u>
<i>Tableau 6 : Effet de la volatilité sur la valeur du projet</i>	<u>38</u>

Introduction

L'évaluation de projets est un domaine en pleine expansion et de premier intérêt pour les gestionnaires qui cherchent à calculer la valeur que peut créer un projet d'investissement.

Dans un premier temps, ce rapport de recherche tente d'expliquer clairement le cheminement visant à l'amélioration de la méthode d'évaluation de projet la plus utilisée par les gestionnaires : la valeur actualisée nette. En évaluation de projets, il est important de pouvoir compter sur une méthode qui tienne compte des diverses sources de risques, de l'incertitude et de la flexibilité. Pour bien comprendre, les trois méthodes suivantes sont exposées à la manière d'un crescendo; la valeur actualisée nette, la valeur actualisée nette optimisée et la valorisation d'options réelles.

Ensuite, une illustration des trois méthodes est faite pour confirmer les propos de la section théorique. L'évaluation du projet en question est inspirée d'une étude de cas d'un projet d'investissement immobilier. L'emphase de l'analyse sera mise sur la valorisation des options réelles afin de démontrer l'impact que les gestionnaires de projet peuvent avoir en se concentrant sur les paramètres qui influencent la valeur du projet et sur lesquels ils peuvent avoir une influence en adoptant une gestion active et éclairée.

Description générale du projet

La compagnie Citic Pacific Limited (CPL) fût incorporée et inscrite à la bourse de Hong-Kong en 1991. Au tournant du deuxième millénaire, la compagnie concentre principalement ses activités dans les infrastructures et ses dérivés, comme les ponts, les routes, les tunnels, la production d'énergie, les projets environnementaux, l'aviation et les télécommunications. CPL a également des activités dans le secteur immobilier. En 1995, elle réalise un projet ambitieux de construction d'un édifice à bureaux (CITIC Tower). Le département du développement immobilier de la compagnie a su acquérir, avec les années et ce dernier projet, une expertise dans le domaine de la construction immobilière commerciale. En dépit de l'impact significatif de la crise financière asiatique sur la demande et les prix de l'immobilier, CITIC Tower a su maintenir un taux d'occupation très élevé et toujours être rentable.

En l'an 2000, le président de la compagnie Citic Pacific Limited, M. Larry Yung, veut évaluer la possibilité de construire un édifice à bureau, CITIC Tower II, sur un terrain situé dans la ville de Hong-Kong. Forte de son expérience récente avec CITIC Tower construit cinq années auparavant, la compagnie CPL voudrait réaliser le même type de projet immobilier, ce qui lui permettrait d'estimer des coûts similaires pour la construction du second édifice. Malheureusement, ce projet d'investissement ne fait pas l'unanimité auprès des membres du conseil d'administration. Certains membres du conseil sont soucieux des risques d'investir dans ce marché qui est aussi volatile, ainsi que des répercussions négatives possibles de la crise financière asiatique. L'incertitude qui entoure les flux de revenus anticipés préoccupe les dirigeants puisque les prix de location anticipés de ce type d'édifice sont volatiles.

L'équipe de gestion immobilière a évalué le projet et est arrivée à la conclusion que sa valeur présente nette était positive, et qu'en se basant sur ce critère de décision, l'entreprise devrait investir dans le projet. Le président croit toutefois que cette évaluation semble rigide et incomplète, et qu'elle ne tient pas compte de la flexibilité que comporte le projet. M.Yung croit que l'entreprise ne devrait pas accepter cette option seulement sous les indications de la valeur présente nette, mais qu'elle devrait prendre le temps de réévaluer mieux ce projet d'investissement. Il croit que ce projet peut être une très belle opportunité de devancer la concurrence advenant que le marché immobilier connaisse une expansion, CPL pourrait ainsi saisir la vague.

M.Yung propose donc de négocier une option d'achat et de développement sur le terrain qu'ils pourront exercer dans deux ans, ce qui leur laissera le temps de voir l'évolution du marché. Cette idée est acceptée par le conseil d'administration et est ensuite proposée au propriétaire du terrain. Durant les négociations, ce dernier offre de vendre une option d'achat et de construction sur son terrain pour un montant de 1M\$ avec une échéance de deux ans. Connaissant les conditions du propriétaire du terrain pour l'achat de l'option, et en tenant compte de l'incertitude de certains paramètres et de la flexibilité du projet, M.Yung se questionne sur la valeur de cette option et sur la rentabilité de l'investissement de ce projet immobilier.

Il demande donc à son équipe de gestion immobilière de voir les possibilités d'évaluation du projet qui permettraient de prendre une décision optimale pour l'entreprise.

Méthodes d'évaluations d'investissements

L'évaluation de projet d'investissement est un domaine en pleine évolution et certaines améliorations récentes méritent d'être regardées avec attention afin d'en augmenter la rigueur et la précision. Cette section traitera de trois méthodes d'évaluation de projet complémentaire; la Valeur Actualisé Nette (VAN), la Valeur Actualisée Nette – Optimisée (VAN-O) et la Valorisation d'Options Réelles (VOR). Il sera question de la méthodologie employée pour les calculer, de leurs avantages et de leurs faiblesses, ainsi que de la façon dont chacune des méthodes vient pallier aux faiblesses de la précédente pour que l'évaluation du projet soit la plus réaliste possible et permette aux dirigeants de prendre des décisions optimales.

3.1 La Valeur Actualisée Nette (VAN)

Étant l'une des méthodes d'évaluations de projets d'investissements les plus connues et utilisées par les entreprises et leurs dirigeants, la valeur actualisée nette représente une méthode qui permet de calculer la valeur incrémentale d'un projet d'investissement et qui est relativement simple. Le principe de cette méthode est d'actualiser la valeur du projet, en dollars d'aujourd'hui, pour voir si le projet crée de la richesse pour l'entreprise et ses actionnaires.

Un des avantages de la VAN est qu'elle ne requière pas beaucoup de données et permet de donner une approximation raisonnable de la valeur du projet, tout en n'étant pas

intensive en temps et en capital. Par contre, comme nous allons le voir ultérieurement, il existe des méthodes de calcul plus rigoureuses qui tiennent compte de plusieurs composantes du projet que la VAN omet de prendre en considération.

3.1.1 Calcul de la VAN

Pour calculer la valeur actualisée nette d'un projet, on se base sur le taux de rendement exigé de l'entreprise ajusté pour le risque, les flux monétaires anticipés du projet, ainsi que le coût d'investissement initial. Le principe est de sommer les flux monétaires anticipés actualisés en utilisant le taux ajusté pour le risque et d'y soustraire le coût d'investissement initial. Généralement, la VAN est représentée sous la forme simplifiée suivante :

$$VAN = \sum_{t=1}^T \frac{FM_{nt}}{(1 + r_a)^t} - I_0 \quad (1)$$

Paramètre	Description
VAN	Valeur Actualisée Nette
FM _{nt}	Flux Monétaires anticipés n à la période t.
I ₀	Investissement initial
r _a	Taux de rendement ajusté pour le risque

La règle de décision de la VAN est représentée dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Critère de sélection de la Valeur Actualisé Nette (VAN)

VAN ≥ 0	Acceptation du projet
VAN < 0	Rejet du projet

Un projet avec une VAN positive, ajoute de la valeur à l'entreprise, donc, s'il n'y a pas de contrainte en ce qui a trait à l'utilisation du capital, le projet devrait être accepté par l'entreprise. Par contre, dans le cas où le résultat du calcul de la VAN serait négatif, ceci

indiquerait que le projet ne crée pas de valeur pour l'entreprise, par conséquent, sous cette méthode d'évaluation et si l'on se fie seulement à ce critère pour prendre la décision, le projet ne devrait pas être accepté. Il est toutefois important de noter que ceci représente une version abrégée du calcul de la valeur actualisée nette. Il ne faut pas négliger tout ce qui influence également la valeur du projet comme la fiscalité concernant le projet, les autres investissements qui entrent dans le fond de roulement, les coûts d'opportunités, ainsi que tous les effets qui pourraient apporter une valeur incrémentale au projet.

3.1.2 Les faiblesses de la VAN

Une lacune majeure de la valeur actualisée nette est l'utilisation d'un seul taux de rendement ajusté pour le risque qui est utilisé pour actualiser l'ensemble du projet. Toutefois, un projet peut y avoir une multitude de composantes différentes, flux monétaires anticipés ou autres, qui peuvent comporter des risques différents. Dès lors, en utilisant le même taux d'actualisation ajusté pour le risque pour l'ensemble du projet lorsqu'il y a présence de différents niveaux d'incertitude à l'intérieur du projet, ceci a pour effet de rendre le choix du taux d'actualisation aléatoire, et, par le fait même, contestable. Dans un même ordre d'idées, la VAN ne prend pas en considération l'envergure des risques associés aux différents projets. Ainsi, des projets nécessitant des investissements considérablement différents, voire une différence de plusieurs centaines de milliers de dollars, peuvent donner la même VAN, ce qui n'est évidemment pas réaliste.

Un autre défaut dans la méthode traditionnelle de calcul de la valeur actualisée nette est que plus le projet est incertain, plus les dirigeants et actionnaires vont exiger un taux de rendement plus élevé, et comme plus le taux de rendement peut avoir un effet important sur la valeur de la VAN, ceci peut mener à des résultats non représentatifs de la valeur du projet. Non seulement la présence d'incertitude à l'intérieur d'un projet n'aura pas pour effet d'augmenter la valeur du projet, mais elle peut exercer une pression à la baisse sur la valeur de celui-ci. Ce phénomène peut avoir comme conséquence de sous-estimer la

valeur d'un projet d'investissement, et ainsi amener l'entreprise à prendre des décisions sous-optimales pour l'entreprise et pour l'ensemble de ses actionnaires.

D'autres critiques qui peuvent être apportées au calcul de la VAN sont qu'elle est rigide, statique et qu'elle ne tient pas compte de la flexibilité présente dans une grande quantité de projets. En effet, plusieurs dirigeants d'entreprises critiquent le fait que la VAN, dans un contexte de gestion dynamique où il y a présence de flexibilité, n'est souvent pas représentative de la réalité. La valeur actualisée nette n'accorde donc aucune valeur aux ajustements qui peuvent être faits tout au long du projet selon les aléas du marché. En effet, la méthode de calcul traditionnelle de la VAN se base sur un scénario moyen et ne prend pas en considération que, dans la majorité des cas, certaines parties du projet peuvent varier à travers le temps et que différentes décisions stratégiques peuvent être prises quant à la gestion du projet.

En fait, la VAN est une méthode de calcul qui est adéquate dans un contexte statique, mais comme la plupart des projets permettent une gestion dynamique et ont des composantes flexibles, la VAN traditionnelle ne semble pas être une méthode d'évaluation qui tient compte de cette réalité. Également, la VAN n'apporte aucune information supplémentaire en ce qui concerne la période optimale d'investissement, elle nous indique seulement s'il peut être profitable d'investir ou non au temps présent. Ce qui pourrait mener l'entreprise à refuser complètement un projet d'investissement qui n'est pas favorable au temps présent dans son entièreté, mais qui pourrait s'avérer être rentable dans le futur dû aux options qui le composent.

Bref, la valeur actualisée nette comporte plusieurs lacunes, ce qui laisse place à des améliorations qui donneraient une évaluation plus précise et apporteraient une vision plus réaliste. La prochaine section montre comment il est possible de corriger certaines lacunes de la VAN en l'optimisant.

3.2 La Valeur Actualisée Nette Optimisée (VAN-O)

La valeur actualisée nette optimisée (VAN-O) est une méthode d'évaluation de projet d'investissement qui vient pallier à certaines faiblesses de la VAN, qui, dans un contexte d'incertitude variant entre les différentes composantes d'un même projet, font en sorte que le taux d'actualisation ajusté pour le risque utilisé pour l'ensemble du projet devient arbitraire et peut fausser les résultats.

Cette section, qui est basée sur l'article de Boyer et Gravel (2005); *Évaluations de projets : la valeur actualisée nette optimisée (VAN-O)*, traitera des solutions dont la VAN-O peut venir corriger certaines des faiblesses de la VAN. Cette méthode d'évaluation de projets, plus rigoureuse que la VAN, permet d'arriver à une meilleure approximation de la valeur du projet. Comme le font remarquer Boyer et Gravel, en présence d'une multitude de risques à l'intérieur d'un projet, la méthode d'évaluation VAN vient violer deux principes fondamentaux de la création de valeur, soit le principe d'additivité et le principe d'absence d'arbitrage. C'est pourquoi il est d'abord important de bien définir les deux principes violés par la VAN.

Principe d'additivité

Le principe d'additivité est un des fondements logiques de la finance. Selon ce principe, la valeur d'un projet doit être égale à la somme des valeurs des différentes composantes de ce même projet. Ce qui veut dire qu'il est possible de séparer les différentes composantes d'un projet, de les traiter comme des projets distincts en les actualisant à un taux de rendement ajusté pour le risque qui est propre à chacun, et, ensuite, faire la somme de ces résultats pour ainsi obtenir la valeur totale du projet.

Principe d'arbitrage

Il y a possibilité d'arbitrage lorsqu'il existe au moins une stratégie d'investissement où une certaine quantité d'actifs peut être achetée et qu'une quantité d'une autre peut être vendue dans le but de réaliser un profit à coup sûr, c'est-à-dire, une possibilité de profit

sans aucune forme de risque.¹ Dans un marché concurrentiel avec des agents rationnels, s'il y avait possibilité d'arbitrage, les agents actifs sur le marché tenteraient de tirer profit de cette situation, et rapidement, toutes possibilités d'arbitrage seraient éliminées. Donc, à l'intérieur d'un marché concurrentiel, il ne devrait pas y avoir de possibilité d'arbitrage.

3.2.1 Démarche pour le calcul de la VAN-O²

- 1) Tout d'abord, il faut décomposer les flux monétaires en différentes sections qui correspondent aux divers types de risques présents à l'intérieur du projet. Par exemple : les coûts de production volatiles, les coûts de production fixes, les revenus monétaires volatiles, les revenus monétaires fixes. En fait, toutes les sections du projet qui ne représentent pas le même niveau de risque doivent être séparées et traités comme des projets distincts.
- 2) Ensuite, pour chacune des sections, il faut déterminer leurs équivalents certains en utilisant les probabilités risques neutres, et ce, également pour chacune des périodes du projet. Ce qui permet de respecter le principe d'absence d'arbitrage qui était violé par la méthode de la VAN.
- 3) Ensuite, il est possible de prendre la sommation des équivalents certains des flux monétaires à chacune des périodes du projet et d'ensuite faire l'actualisation de ces totaux à chaque période au taux sans risque.
- 4) Finalement, calculer la somme des résultats obtenus à l'étape précédente et ainsi obtenir la valeur actualisée nette optimisée (VAN-O) du projet.

Il est également possible de diviser le projet en différentes composantes selon leur risque et d'utiliser un taux d'actualisation qui leur est propre et ensuite les additionner pour

¹ Varian, Hal R. (2002)

² Boyer, M. et Gravel, É. (2005)

obtenir la valeur totale du projet. Le critère de sélection de la VAN-O est exactement le même que celui de la VAN :

Tableau 2 : Critère de sélection de la Valeur Actualisé Nette (VAN-O)

VAN-O \geq 0	Acceptation du projet
VAN-O < 0	Rejet du projet

En fractionnant le projet en différents secteurs et en calculant leurs équivalents certains, cela permet d'utiliser un taux sans risque, identique, unique et observable.³ La méthode est simple et logique, on traite les différentes composantes du projet comme s'ils étaient des projets distincts pour les additionner par la suite et ainsi obtenir la valeur totale du projet. Pour bien comprendre les conséquences des erreurs de calcul qui peuvent être faites en utilisant la méthode de la VAN, il est important de constater les différences des deux méthodes :

$$VAN = \sum_{t=1}^T \frac{FM_{nt}}{(1 + r_a)^t} - I_0 \quad (2)$$

$$VAN - O = \sum_{t=1}^T \frac{E[FM_{nt}] - Prime_n}{(1 + r_f)^t} - I_0 \quad (3)$$

Paramètre	Description
VAN	Valeur Actualisée Nette
VAN-O	Valeur Actualisée Nette Optimisée
FM _{nt}	Flux Monétaires anticipés n à la période t
Prime _n	Prime de risque associé à au flux monétaire n
I ₀	Investissement initial
r _a	de rendement ajusté pour le risque du projet ⁴
r _f	Taux de rendement sans risque
E[FM _{nt}] - Prime _n	Équivalent certain des flux monétaires anticipés n à la période t

³ Boyer, Gravel. (2005)

⁴ Taux de rendement ajusté (r) = Taux sans risque (r_f) + prime de risque du projet

Le problème de la VAN est simple à remarquer, en actualisant tous les flux monétaires au même taux d'intérêt ajusté pour le risque, il y a un biais systématique dans notre résultat, et ce, à chaque fois qu'il y a présence de risque multiple dans le projet. Il est dès lors impossible de trouver un taux d'actualisation qui représente parfaitement l'ensemble des composantes d'un projet qui ont des niveaux de risque différents, ce qui fait en sorte que le choix du taux de rendement ajusté pour le risque, utilisé pour l'ensemble du projet lors du calcul de la VAN, devient un nombre aléatoire, et ceci peut fausser considérablement le résultat lors de l'évaluation du projet.

En effet, la VAN tend à sous-estimer ou surestimer la valeur du projet. Par exemple, si une partie des coûts sont certains, ils doivent être séparés et actualisés au taux de rendement sans risque, dans le cas contraire le résultat de la VAN surestime la valeur du projet. Dans un même ordre d'idées, si une partie des revenus sont certains, ils doivent être également actualisés au taux sans risque sinon le résultat de la VAN sous-estime la valeur du projet.

La VAN-O, quant à elle, vient corriger cette erreur et ainsi faire respecter les principes d'arbitrage et d'additivité. La VAN-O est donc plus adéquate que la VAN pour les projets qui sont composés de différents flux monétaires à risques multiples, et comme la majorité des projets ont cette caractéristique, la VAN-O représente donc une méthode de calcul plus précise et plus rigoureuse que la VAN.

Bien que la méthode d'évaluation de projet VAN-O vienne corriger certaines faiblesses de la VAN, il n'en demeure pas moins que cette méthode ne tient toujours pas compte d'une autre caractéristique présente dans la majorité des projets, la flexibilité. La prochaine section traite de la méthode de Valorisation d'Options Réelles (VOR) qui prend en considération la valeur de la flexibilité dans l'évaluation de la valeur du projet et permet d'en calculer la valeur.

3.3 La Valorisation d'Options Réelles (VOR)

La valorisation d'options réelles (VOR) est une méthode d'évaluation de projets qui gagne à être connue sur le marché depuis plus d'une trentaine d'années. Les articles fondamentaux sur le sujet, publiés par Black & Scholes (1973) et Merton (1973), ont créé une véritable révolution en évaluation de projets, d'ailleurs messieurs Scholes et Merton se sont vus décerner le prix Nobel d'économie en 1997 pour leur contribution sur le sujet.

Étant directement dérivée de la finance et utilisant les mêmes techniques et méthodologie, en plus d'utiliser le même langage, la valorisation d'options réelles a l'avantage d'être simple à comprendre. La VAN et la VAN-O sont, comme nous l'avons vu précédemment, des méthodes statiques qui ne tiennent pas compte de la flexibilité. La VOR, qui n'invalide en rien la VAN et la VAN-O, vient simplement pallier à certaines de leurs lacunes en considérant l'incertitude et la flexibilité comme sources créatrices de valeur. Elle permet aux dirigeants de s'adapter et de réagir aux nouvelles informations disponibles ainsi qu'aux nouvelles conditions économiques du marché, et prendre des décisions plus optimales quant à l'objectif de maximisation de la valeur de l'entreprise.

Cette section traitera de la façon dont la valorisation d'options réelles vient pallier à certaines lacunes de la VAN et de la VAN-O. Dans un premier temps, une brève introduction aux définitions des options financières et réelles sera exposée pour bien comprendre leurs similitudes et leurs différences. Par la suite, il sera question des conditions nécessaires à l'existence d'options réelles, ainsi que de la méthodologie à suivre pour procéder à l'évaluation par options réelles.

3.3.1 Options financières

Une option financière représente un contrat entre deux partis qui donne au détenteur de l'option le droit, mais non l'obligation, d'*acheter* ou de *vendre* un actif à un prix prédéterminé à une date fixe ou à l'intérieur d'une période de temps stipuler dans le contrat signé par les deux partis.

Il existe plusieurs types d'options financières, les deux plus connues et utilisées sont les options américaines et européennes. La différence majeure entre les deux est que l'option américaine permet une plus grande flexibilité puisqu'elle peut être exercée à n'importe quel moment à l'intérieur de l'intervalle de temps prédéterminé par le contrat, tandis que l'option européenne ne peut être exercée qu'à l'échéance déterminée par le contrat.

3.3.2 Options réelles

Une option réelle donne le droit, mais non l'obligation, d'*investir* dans un projet à une date fixe ou à l'intérieur d'un intervalle de temps. Il est toutefois important de noter que les options réelles portent sur des actifs réels qui ne peuvent pas être recréés sur le marché financier. Les options réelles ont une valeur incrémentale sur le projet. Le but est de capter l'entière valeur du projet, que créent ses différentes options possibles, en tenant compte des risques, de l'incertitude et de la flexibilité.

Les options réelles permettent d'augmenter l'exposition aux opportunités favorables et de réduire l'exposition au risque baissier du marché. En effet, une option réelle ne peut affecter négativement la valeur d'un projet, puisqu'elle donne le droit, mais non l'obligation, d'exercer l'option en question, ce qui fait en sorte de toujours évaluer ou augmenter la valeur présente nette du projet.

Les options réelles sont présentes et applicables sur plusieurs champs d'activités, que se soit dans les domaines de la finance, de la gestion des ressources humaines, de la couverture ou le développement de marché, de la gestion des technologies, de la

recherche et développement, etc. Essentiellement, les options réelles sont applicables au secteur privé, au secteur public, tout aussi bien qu'au niveau personnel. C'est pourquoi il est important de bien les comprendre et d'essayer de déterminer leurs valeurs afin de ne pas manquer des opportunités.

Il existe une multitude d'options réelles, les plus fréquentes sont les suivantes;

- ◆ Option d'expansion (temporaire ou permanente) :
 - ⇒ Augmentation de la production.
 - ⇒ Nouveau marché.
 - ⇒ Agrandir ou construire une nouvelle usine.
- ◆ Option d'abandon :
 - ⇒ Fermeture d'usine temporaire ou permanente.
 - ⇒ Arrêter la production lorsque les coûts dépassent les revenus.
- ◆ Option de différer (retarder) le projet :
 - ⇒ Attendre que les conditions économiques soient favorables.
 - ⇒ Remettre un projet en marche.
- ◆ Option de contraction du projet :
 - ⇒ Diminuer l'envergure du projet pour maximiser les ressources.
 - ⇒ Réduire la production dans un contexte économique défavorable.

3.3.3 Les paramètres d'influence des options réelles et financières

Les options réelles sont affectées sensiblement par les mêmes paramètres que les options financières et leurs corrélations avec les paramètres sont de même signe pour ces différents paramètres. Les cinq principaux paramètres sont les suivants : l'incertitude, l'échéance de l'option, les flux monétaires, le taux d'intérêt sans risque et les coûts d'investissements.

Incertitude

Tout comme les options financières, la volatilité sur les différents flux monétaires a un effet positif sur la valeur des options réelles. La volatilité permet une exposition à plus de possibilités, ce qui, logiquement, en augmente la valeur. Les options permettent de capitaliser sur les opportunités favorables et de se protéger contre les variations défavorables au projet qui peuvent survenir selon les variations du marché. Comme l'option donne un droit et non une obligation, c'est seulement la partie positive de la volatilité qui affecte la valeur de l'option réelle, ce qui en augmente la valeur.

Échéance de l'option

L'échéance de l'option influence positivement sa valeur. Logiquement, un horizon plus grand permet une plus grande exposition aux possibilités et augmente l'incertitude, et, par conséquent, fait augmenter la valeur de l'option. Une plus grande période de temps permet également aux gestionnaires d'analyser davantage les projets et d'ainsi prendre des solutions plus éclairées.

Flux monétaires anticipés / Valeur du titre

L'espérance des flux monétaires a une influence positive sur la valeur de l'option. En effet, lorsque les profits anticipés augmentent, la valeur de l'option augmente, et, conséquemment, lorsque les profits anticipés diminuent, la valeur de l'option diminue.

Taux d'intérêt sans risque

Le taux d'intérêt sans risque a un effet négatif sur la valeur de l'option. Effectivement, puisque le taux d'intérêt sans risque est utilisé pour actualiser les différents flux monétaires anticipés, s'il augmente, cela a pour effet de faire diminuer la valeur actualisée de l'option.

Coût d'investissement / Prix d'exercice

Les coûts d'investissements ont un effet négatif sur la valeur d'une option réelle, tout comme le prix d'exercice d'une option financière. En effet, lorsque le prix d'exercice d'une option financière augmente, le prix de l'action doit augmenter davantage pour que

l'option soit exercée, ce qui en fait diminuer la probabilité qu'elle le soit et affecte sa valeur à la baisse. Dans le cas des options réelles, les coûts d'investissements sont déduits de la valeur du projet, donc, lorsqu'ils augmentent, la valeur de l'option diminue.

Tableau 3 : Les paramètres d'influence d'une option (réelle et financière)

Effet positif	Effet négatif
Incertitude	Taux d'intérêt sans risque
Échéance de l'option	Coût d'investissement / Prix d'exercice
Flux monétaires anticipés / Valeur du titre	

3.3.4 Différences entre les options réelles et les options financières

Une première distinction vient du fait que les options financières peuvent être exécutées sur le marché, ce qui ne crée pas de valeur ajoutée pour l'entreprise. Les actionnaires de l'entreprise peuvent, via les marchés financiers, effectuer des transactions leur permettant d'acheter des options financières, donc si l'entreprise investit dans des options financières, elle n'ajoute pas de valeur incrémentale à l'entreprise et ses actionnaires, puisque chacun a déjà la possibilité de faire le même type de transaction. Outre l'économie sur les coûts de transaction, ce type d'option est redondant et n'apporte pas de valeur incrémentale à la compagnie.

Une autre différence réside sur la valeur ajoutée des gestionnaires. En effet, un détenteur d'option financière peut demeurer passif une fois qu'il l'a acquis, à l'opposé, c'est justement la qualité du travail des gestionnaires qui peut influencer la valeur de l'option et du projet. En fait, les détenteurs d'options réelles ne peuvent se permettre d'avoir un comportement passif, ils doivent adopter une gestion active de l'entreprise et prendre des décisions afin de s'assurer qu'ils atteignent les objectifs fixés, et ainsi favoriser le plein potentiel de leurs investissements.

Il est important de noter que les options réelles ne sont pas transigées nécessairement sur la base d'un contrat entre deux parties comme les options financières, et n'impliquent pas nécessairement un autre tiers. Également, comme les options réelles ne sont pas transigées sur un marché comme les actifs financiers, ceci a pour effet de rendre l'information beaucoup plus difficile et onéreuse à obtenir, et peut amener des problèmes d'asymétrie d'information. Les options financières sont choisies parmi une vaste gamme d'outils disponibles sur le marché, en revanche, les options réelles laissent plus de place à la créativité de ses dirigeants, ce qui a pour effet d'en accroître les possibilités.

3.3.5 Les conditions d'existence d'options réelles

- 1) Incertitude : Le projet doit absolument comporter une partie volatile, sinon la valorisation d'options réelles n'apporte rien de plus que la VAN ou la VAN-O.
- 2) Irréversibilité : Les coûts d'investissements doivent être totalement ou en partie irréversibles.⁵ Logiquement, si l'entreprise peut récupérer la totalité des sommes investies, elle investira, peu importe le risque.
- 3) Flexibilité : Le projet doit permettre une gestion active selon l'évolution du marché pour saisir les opportunités favorables et éviter celles qui ne le sont pas. Le but de la valorisation d'options réelles est justement de calculer la valeur de cette gestion active créée par ses dirigeants.

⁵ Exemples : Investissement spécifique à l'entreprise (usine spécialisée et difficile à transformer), dépenses en marketing et publicité, R&D, équipement informatique (perd automatiquement de leur valeur), formation d'employés, réglementation gouvernementale, etc.

3.3.6 Procédure d'évaluation de la VOR

La méthode de valorisation d'options réelles suit un processus qui peut être décomposé en 4 étapes⁶:

1. Description détaillée du projet :
 - ⇒ Tracer une ligne du temps pour décomposer les différentes sections du projet.⁷
 - ⇒ Identifier toutes les composantes monétaires (coûts d'investissements, dépenses en capital, flux monétaires, etc.) ainsi que les différentes contraintes qui peuvent influencer le projet et sa valeur (réglementation gouvernementale, contrats, etc.)
2. Cibler les sources d'incertitude du problème :
 - ⇒ Rassembler une base de données pertinente sur les variables aléatoires du projet, ainsi que les variables qui sont nécessaires à leur évaluation et estimation.
 - ⇒ Estimer la tendance anticipée des variables qui sont volatiles et choisir les techniques adéquates pour modéliser leurs évolutions.
3. Cibler les points de flexibilités du projet :
 - ⇒ Cibler toutes les dates de décisions présentes dans le projet.
 - ⇒ Faire preuve de créativité et de vision en déterminant toutes les possibilités de flexibilités (et leurs coûts) qui pourraient découler du projet.
4. Déterminer la valeur du projet :
 - ⇒ Déterminer le processus dynamique stochastique à utiliser pour l'évaluation :
 - Mouvement Brownien Géométrique (MBG)
 - Mouvement de Retour à la Moyenne (MRM)
 - Processus de poisson
 - Etc.
 - ⇒ Calculer la valeur du projet.
 - ⇒ Déterminer les règles de décisions optimales relatives au projet.

⁶ Boyer, M., Gravel, É. (2004)

⁷ Chacune des étapes importantes du projet doivent être considérées : les alliances, la restructuration organisationnelle, les acquisitions et fusions, les effets connexes, le développement de la gestion technologique, etc.

3.3.7 Calcul de la VOR

La méthode d'évaluation par options réelles permet de calculer la période d'investissement optimale en utilisant la programmation dynamique stochastique et en tenant compte des différents points de flexibilité et de l'information qui sera disponible dans le futur. Puisque l'option réelle donne le droit, mais non l'obligation d'investir, pour calculer la valeur de cette flexibilité, il faut tenir compte seulement des probabilités de se retrouver dans un état de la nature favorable à l'exercice de l'option. La valorisation d'options réelles peut être représentée sous la forme simplifiée suivante ;

$$\text{VOR} = \text{VAN-O} + \text{Prime des options réelles (flexibilité)} \quad (4)$$

Les options futures doivent être évaluées par rapport aux options présentes en utilisant une méthode de calcul à rebours, puisque chaque option ajoute de la valeur à la précédente. Lorsque des décisions éliminent ou créent une ou plusieurs options, celles-ci doivent être prise en considération en tant que coûts d'opportunités, il faut donc en soustraire ou additionner la valeur. Il est également important de réaliser que chaque étude de cas est distincte et requiert une application spécifique et adaptée aux caractéristiques de ce dernier.

3.3.8 Critiques et solutions de la VOR

Cette section traite des critiques faites à l'endroit de l'évaluation de projet et des options réelles, ainsi que des pistes de solutions pour y répondre.

➤ Critique : La période de temps d'un projet d'investissement est généralement illimitée ou tout simplement mal définie.

⇒ Solution : La valorisation d'options réelles peut cibler le moment optimal d'investissement en utilisant la programmation dynamique stochastique. Il est possible de calculer le seuil qui optimisera la valeur du projet, une fois ce seuil

atteint, l'entreprise doit exercer l'option.⁸ Il est possible d'utiliser la simulation pour déterminer la période optimale d'investissement ou résoudre le problème d'optimisation analytiquement.

➤ Critique : Contrairement aux options financières qui bénéficient de bases de données abondantes et facilement accessibles, les données nécessaires à l'évaluation d'options réelles peuvent parfois être difficiles (voir impossibles dans certains cas), ou tout simplement très onéreuses à obtenir ou à produire, en plus d'amener le problème d'asymétrie d'information.

⇒ Solution : La qualité de l'évaluation par options réelles dépend fortement de la qualité de l'information, c'est pourquoi, dans certains cas, l'entreprise doit être prête à faire des investissements importants pour recueillir cette information et en faire l'analyse.

➤ Critique : La volatilité peut être parfois difficile à calculer, surtout lorsque l'actif est nouveau sur le marché ou qu'il n'est tout simplement pas encore inventé.

⇒ Solution : Il est vrai que certains projets sont plus complexes et délicats à calculer, mais en utilisant les bons outils de programmation dynamique et l'expérience des gestionnaires, il est possible d'arriver à un résultat représentatif de la situation.

En résumé, la valorisation d'options réelles est une méthode d'évaluation de projet qui vient compléter la VAN et la VAN-O, elle est plus précise et rigoureuse lorsqu'il y a présence, comme dans la plupart des cas, d'incertitude et de flexibilité. La prochaine section mettra en évidence la méthode d'évaluation par options réelles en se basant sur un projet d'investissement immobilier inspiré d'une étude de cas de la Harvard Business School.

⁸ Voir section 4.6

Évaluation du projet d'investissement

4.1 Les processus stochastiques

Il existe plusieurs processus stochastiques qui servent à estimer le parcours des variables aléatoires dans le futur. Cette section traitera de deux processus qui sont beaucoup utilisés en évaluation d'options réelles, soit le mouvement brownien géométrique (MGB) et le Mouvement de retour à la moyenne (MRM).

4.1.1 Mouvement Brownien Géométrique (MBG)

Le processus stochastique de mouvement brownien géométrique sert à estimer la valeur d'une variable aléatoire en simulant plusieurs fois des parcours possibles de la variable, en s'assurant que chacune de ses simulations soit indépendante, et ensuite on prend la moyenne de ses simulations pour arriver à une valeur estimée de la variable. Le MBG donne un résultat toujours positif puisque la variable aléatoire est déterminée dans l'ensemble des réels positifs.

Par souci de simplification, une seule variable aléatoire sera considérée dans notre calcul, bien que le même raisonnement tienne en présence de plusieurs sources d'incertitude. Il est également important de noter l'hypothèse de marché de concurrence parfaite, c'est-à-dire, les décisions prises par les agents n'affectent pas la variable aléatoire. Le mouvement brownien géométrique prend la forme simplifiée suivante :

$$dX_t = \alpha X_t dt + \sigma X_t dz \quad \text{où} \quad dz = \varepsilon_t \sqrt{dt} \quad \text{et} \quad \varepsilon \sim N(0,1) \quad (5)$$

Où;

Paramètre	Description
X_t	Variable aléatoire estimée au temps t
σ	Volatilité de la variable estimée (X).
α	Taux de croissance du marché
dz	Processus de Wiener avec moyenne nulle et variance égale à un

Les variations de la variable X_t seront distribuées selon une loi log normale. Le processus est caractérisé par une partie qui représente la volatilité ($\alpha X_t dt$) et l'autre partie représente la tendance ($\sigma X_t dz$), ce qui permet d'estimer la variable aléatoire avec une certaine précision suite aux simulations répétées.

4.1.2 Le Mouvement de Retour à la Moyenne (MRM)

Il est possible d'apporter des variantes au mouvement Brownien géométrique. Effectivement, lorsque la variable semble suivre une certaine moyenne stable à travers le temps, on peut ajouter un processus de retour à la moyenne pour revenir à sa moyenne. En fait, le mouvement de retour à la moyenne est un processus stochastique qui permet de reproduire une variable qui converge vers un niveau moyen d'équilibre, tout en tenant compte des chocs à court terme du marché qui peuvent survenir. Le mouvement de retour à la moyenne prend la forme suivante :

$$dY_t = \eta (\bar{X} - X_t) dt + \sigma dz \quad (6)$$

$$\text{où } Y_t = \ln X_t, dz_t = \varepsilon_t \sqrt{dt} \text{ et } \varepsilon_t \sim N(0,1)$$

Le paramètre important est η , il représente la force du retour à la moyenne, plus η est grand, moins le choc est persistant. À l'extrême, s'il tend vers l'infini, la variable aléatoire X ne dévie pas de sa moyenne. À l'opposé, plus η est petit, plus l'écart entre la valeur de la variable X au temps t et sa moyenne persiste à travers le temps, si η tend vers zéro, le mouvement de retour à la moyenne devient un mouvement brownien.

4.1.3 Choix du processus stochastique adéquat : MBG ou MRM?

Le choix du processus stochastique utilisé peut s'avérer un choix difficile, cela dépend de la disponibilité des données, de leurs qualités, ainsi que de la période de temps couverte par les séries de données. Dans un cas où des données concrètement utilisables ne seraient pas disponibles, il est possible de recourir à l'intuition et aux connaissances sur la variable. Lorsque la variable suit une tendance à la hausse, c'est le mouvement brownien géométrique qui décrit le mieux ce genre de situation. À l'opposé, lorsque la variable suit une moyenne constante à travers le temps, c'est le mouvement de retour à la moyenne qui décrit le mieux ce phénomène.

Lorsqu'une série de données est disponible, le choix du processus stochastique peut être fait en utilisant un test de racine unitaire Dickey-Fuller.⁹ Ce test permet de détecter la présence de racine unitaire, et en présence de racine unitaire, il est indiqué d'utiliser un processus de retour à la moyenne, dans le cas contraire, on utilise un mouvement brownien géométrique.

4.2 Description des données

Il est raisonnable de faire l'hypothèse que ce type de projet immobilier peut être considéré comme ayant une durée de vie infinie puisque les coûts annuels d'entretien permettent de conserver l'édifice sur une période de temps considérable. Également, puisqu'un entretien régulier est fait sur l'édifice, ce dernier ne subira pas de dépréciation. Les flux monétaires du projet peuvent être divisés en trois composantes; les coûts d'achat et de construction de l'édifice (CC), les coûts annuels d'opérations (CA) et les revenus annuels (R). Tout d'abord, les coûts de construction sont considérés comme certains puisque les évaluateurs du projet affirment que ses coûts peuvent être considérés comme fixes et le coût d'achat du terrain est déterminé dans le contrat et sont estimés à 140M\$.

⁹ Dickey & Fuller (1981)

En ce qui concerne les coûts d'opération annuels, l'entreprise fera appel à un sous-contractant. Elle estime la valeur présente des coûts d'entretien annuels est égale à 27M\$ à partir du moment où le projet est lancé.

Pour ce qui est des revenus de location annuels du projet, ils sont divisés en deux parties égales, une partie fixée par le contrat et considérée comme certaine et l'autre partie est volatile. L'équipe d'analyse du projet de l'entreprise affirme que les revenus volatiles suivent un mouvement brownien géométrique avec une tendance de 12% et une volatilité de 20%. Le taux d'intérêt sans risque est de 4% (arbitraire) et le taux d'intérêt ajusté pour le risque qu'utilise l'entreprise pour ses projets est de 12%. Tous les paramètres du problème sont expliqués dans le tableau 4 suivant :

Tableau 4 : Description des données

Paramètres	Valeur	Description
T	2 ans	Échéance de l'option
σ	20%	Volatilité de R_2
μ	12%	Tendance de R_2
δ	8%	Dividende
r_f	4%	Taux d'intérêt sans risque (arbitraire)
r_a	12%	Taux d'intérêt ajusté pour le risque (utilisé par l'entreprise)
I_0	1M\$	Investissement initial (prix de l'option)
CC	140M\$	Prix du terrain et coûts de construction (fixe dans le temps)
CA	27M\$	Coûts d'entretien annuels actualisés en T (fixe dans le temps)
R_1	85M\$	Valeur actualisée des revenus de location certains en T
R_2	85M\$	Valeur actualisée des revenus de location stochastiques en T
I_T	82M\$	$CC + CA - R_1$
VAN		Valeur actualisée nette
VAN-O		Valeur actualisée nette optimisée
VANO-OR		Valeur actualisée nette optimisée avec option réelles

L'entreprise évalue la possibilité de se doter d'une option d'achat au coût de 1M\$ (irréversible) qui prendra échéance dans deux ans. L'entreprise a deux dates importantes de décision, soit, au temps présent pour savoir si elle décide de se prévaloir de l'option, et si elle se dote de cette option, elle devra prendre une autre décision sur le développement du projet dans deux ans.

4.2.1 Respects des conditions (Options réelles)

Pour qu'il y ait présence d'options réelles, comme il a été décrit précédemment, il faut la présence de trois points essentiels; incertitude, flexibilité et irréversibilité. En effet, il faut qu'une partie du projet soit incertaine, sinon tous les projets seraient faciles à évaluer et l'approche options réelles n'apporterait rien à l'évaluation. La seule source d'incertitude du projet concerne une partie des revenus de location de l'édifice. Bien qu'ici, une seule source d'incertitude soit présente, il est possible qu'il y ait plusieurs sources d'incertitudes, mais l'approche demeure essentiellement la même.

La condition d'irréversibilité est respectée par le coût de l'option de 1M\$ qui est irrécupérable en totalité. Il est d'ailleurs logique de constater que si les coûts d'une option sont totalement récupérables, l'entreprise se prévaudra de l'option, peu importe le résultat de son évaluation.

Finalement, la composante flexible du projet réside dans le fait que la construction peut être reportée jusqu'à la période 2. Cette flexibilité permet aux gestionnaires de l'entreprise de se donner le temps d'évaluer le projet et d'avoir plus d'informations sur l'évolution des variables. Encore une fois, si le projet ne comporte pas de flexibilité, l'approche d'options réelles n'apporte pas de valeur ajoutée à l'évaluation du projet. En fait, c'est justement la valeur de cette flexibilité de gestion qui est calculée avec cette méthode.

4.3 Valeur actualisée nette du projet (VAN)

L'entreprise utilise la valeur actualisée nette pour procéder à l'évaluation du projet d'investissement immobilier, et elle utilise un taux d'intérêt ajusté pour le risque de 12%. Les gestionnaires du projet estiment la valeur du projet d'investissement débutant à la période 2 de la façon suivante :

$$\begin{aligned} \text{VAN}_{t=0} &= -I_0 - \frac{\text{CC}}{(1+r_a)^T} - \frac{\text{CA}}{(1+r_a)^T} + \frac{R_1}{(1+r_a)^T} + E_{t=0}[R_2] \times e^{-r_a T} \\ &= -I_0 - \frac{I_T}{(1+r_a)^T} + [E_{t=0}[R_2]] \times e^{-r_a T} \\ &= -1 - \frac{82}{(1.12)^2} + 85 \times e^{-0.12 \times 2} \\ &= 493 \text{ 500\$} \end{aligned} \tag{7}$$

Ici, toutes les composantes du projet sont actualisées au même taux d'intérêt ajusté pour le risque, ce qui ne donne pas une estimation réaliste de la valeur du projet, puisqu'une partie importante des composantes du projet est considérée comme certaine (sans risque) puisqu'elles sont fixées par un contrat. Ainsi, les coûts de construction (CC), les coûts annuels (CA) et les revenus de location fixes (R_1) doivent être actualisés au taux d'intérêt sans risque, tandis que les revenus incertains doivent être actualisés au taux d'intérêt ajusté pour le risque.

En se basant sur la VAN comme critère de décision, l'entreprise accepte le projet et décide d'investir dans la construction de l'édifice. Toutefois, dans ce cas-ci, la VAN surestime la valeur du projet puisque les coûts fixes sont plus élevés que les revenus fixes, et, en utilisant un taux d'actualisation plus élevé, on en diminue la valeur (I_T) et

comme cette valeur est négative, cela a pour effet de gonfler artificiellement la valeur actualisée du projet. Puisque le projet comporte différentes sources de risques, il serait préférable d'utiliser la valeur actualisée nette optimisée.

4.4 Valeur actualisée nette optimisée du projet (VAN-O)

Le calcul de la valeur actualisée nette optimisée vient pallier à la violation du principe d'additivité lors du calcul de la VAN précédente. Dès lors, le calcul de la VAN-O se fera en divisant le projet en plusieurs composantes et en calculant leur valeur actualisée en les traitant comme des projets distincts pour ainsi prendre en considération le risque qui est propre à chacun. Ce qui donne le résultat suivant pour un investissement à la période 2 :

$$\begin{aligned}
 VAN_{t=0} &= -I_0 - \underbrace{\frac{CC}{(1+r_f)^T} - \frac{CA}{(1+r_f)^T} + \frac{R_1}{(1+r_f)^T}}_{\text{Certain}} + \underbrace{E_{t=0}[R_2] \times e^{-r_a T}}_{\text{Incertain}} \\
 &= -I_0 - \underbrace{\frac{I_T}{(1+r_f)^T}}_{\text{Certain}} + \underbrace{E_{t=0}[R_2] \times e^{-r_a T}}_{\text{Incertain}} \\
 &= -1 - \underbrace{\frac{82}{(1.04)^2}}_{\text{Certain}} + \underbrace{85 \times e^{-0.12 \times 2}}_{\text{Incertain}} \\
 &= -9\,950\,200\$
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

En actualisant la valeur du projet correctement, on réalise que la valeur actualisée du projet est négative. Donc, le projet ne devrait pas être entrepris puisqu'il enlèverait de la valeur à l'entreprise. Toutefois, rejeter complètement le projet pourrait s'avérer être une décision hâtive puisque la VAN et la VAN-O sont des méthodes d'évaluation de projets rigides qui ne considèrent pas la flexibilité dont disposent les gestionnaires de l'entreprise. En calculant ainsi, c'est comme si l'entreprise signait un contrat les obligeant de réaliser le projet dans son entièreté, peu importe l'évolution du marché, mais, comme

le projet permet une flexibilité quand à la décision d'investir ou non dans la phase deux du projet, il faut calculer la valeur cette flexibilité.

4.5 Valorisation options réelles du projet

Cette méthode d'évaluation permettra à l'entreprise de calculer la valeur de la flexibilité afférant au projet et ainsi savoir jusqu'à quel montant d'argent elle serait prêt à déboursier pour se prévaloir de cette option. La décision doit être prise à l'échéance, soit en période 2, ce qui revient à calculer la valeur d'une option européenne en se basant sur le modèle de Black-Scholes¹⁰.

En fait, pour calculer cette option, trois variables sont importantes : l'espérance des revenus stochastiques en période 2 (R_2), la somme de la valeur actualisée des coûts et des revenus certains à la période 2 (I_2) et l'investissement initial (I_0). Comme l'option réelle donne le droit, mais non l'obligation d'investir dans un projet, l'entreprise investira en période 2, si la valeur du projet est positive, c'est-à-dire, si $R_2 \geq I_2$, et, dans le cas contraire, elle aura la possibilité de se retirer du projet. L'espérance de profits de l'option d'investir dans deux ans est égale à :

$$\max \{ R_{2,T=2} - I_2, 0 \} \quad (9)$$

En sachant que les revenus stochastiques suivent un mouvement brownien géométrique de moyenne $\mu = 12\%$ et avec une volatilité $\sigma=20\%$, il est possible de calculer l'espérance à la période 2. Lorsqu'on tient compte de l'option réelle, la valeur du projet est égale à :

$$VANO-OR_{t=2} = -I_0 + (E_{t=0}[R_{2,T=2}]) * N(d_1) - (VP[I_2]) * N(d_2) \quad (10)$$

En fait, il faut calculer la probabilité que la valeur des revenus stochastiques ($R_{2,T=2}$) soit supérieure à la valeur de ce qui est certain ($I_{T=2}$) à la période 2. L'entreprise prévoit que la

¹⁰ Black, F. et Scholes, M. (1973)

valeur présentée en période 2 des revenus stochastiques sera égale à 85 millions de dollars. Ce qui permet de calculer l'espérance de cette valeur au temps présent :

$$E_{t=0}[R_{2,T=2}] = R_{2,T=0} e^{-r_a * T} = 85 e^{-0.12 * 2} = 66.86 \text{ M\$} \quad (11)$$

Il est également possible de calculer la valeur présente du seuil de rentabilité du projet en période 2 (VP[I₂]) :

$$VP[I_2] = \frac{CC + CA + R_1}{(1 + r_f)^T} = \frac{140 + 27 - 85}{(1.04)^2} = 75.81 \quad (12)$$

Il reste à calculer d₁ et d₂ qui permettent de calculer les fonctions de densité N(d₁) et N(d₂) :

$$d_1 = \frac{\log\left(\frac{E_{t=0}[R_{2,T=2}]}{I_T}\right) + \left(\mu + \frac{1}{2} * \sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\log\left(\frac{66.86}{82}\right) + \left(0.12 + \frac{1}{2} * (0.2)^2\right)2}{0.2 * \sqrt{2}} \quad (13)$$

$$d_2 = \frac{\log\left(\frac{E_{t=0}[R_{2,T=2}]}{I_T}\right) + \left(\mu - \frac{1}{2} * \sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\log\left(\frac{66.86}{82}\right) + \left(0.12 - \frac{1}{2} * (0.2)^2\right)2}{0.2 * \sqrt{2}}$$

La valeur du projet en tenant compte de la flexibilité est égale à :

$$VANO-OR_{T=2} = 2\,035\,800\$ \quad (14)$$

L'entreprise a donc intérêt à se prévaloir de l'option d'investissement dans deux ans puisque la valeur du projet avec option réelle est positive. Cette option donne l'opportunité aux gestionnaires du projet d'obtenir plus d'information avec le passage du temps et ainsi se donner la possibilité de bénéficier des opportunités favorables du

marché et de se protéger des risques baissiers qui rendraient l'investissement déficitaire. La valeur de l'option réelle qui tient compte de la flexibilité est égale à 11 986 000\$ (VANO-OR – VAN-O). Il est important de noter que l'entreprise doit tenir compte du coût d'opportunité d'attendre, c'est-à-dire, des autres opportunités d'investissements rentables et les revenus sacrifiés jusqu'à l'échéance de l'option.

Il est intéressant de remarquer que si l'entreprise s'était fiée à leur première analyse, elle aurait opté pour l'aval du projet. Toutefois, en acceptant un projet comportant des revenus aussi incertains, elle aurait pu se retrouver dans une situation inconfortable advenant un état de la nature non favorable concernant les revenus volatils. La VAN-O, quant à elle, donnait un résultat négatif, ce qui aurait pu mener l'entreprise à prendre une décision sous optimale et ainsi passer à côté d'une belle opportunité d'augmenter sa valeur en se prévalant de l'option d'attendre.

4.6 Analyse et possibilités de création de valeur

Dans cette section, une attention particulière sera portée sur les actions que les gestionnaires peuvent prendre pour influencer la valeur du projet positivement, et, par conséquent, sur la valeur de l'entreprise. Il est d'abord très important que l'entreprise prenne les mesures nécessaires pour mettre à jour les données et réévaluer régulièrement la valeur du projet.

Tel que vu dans la section 3.3.3, les paramètres qui affectent la valeur de l'option positivement sont l'incertitude, l'échéance et les flux monétaires, et les paramètres qui ont une influence négative sont le taux d'intérêt sans risque et les coûts d'investissement. Dès lors, seulement deux de ses paramètres peuvent être influencés par la gestion active de l'entreprise ; l'échéance et l'incertitude.

4.6.1 Négociation de la date d'échéance optimale

Précédemment, le calcul de l'option de type européenne, dont l'échéance était en période 2, a démontré que cette dernière était positive. Toutefois, l'entreprise pourrait négocier une extension de l'option jusqu'à la période où la valeur présente de l'option serait maximisée. En fait, l'entreprise pourrait négocier une option de type américaine, ce qui augmenterait la flexibilité et leur permettrait de l'exercer au moment où les revenus stochastiques atteindraient un niveau qui maximiserait la valeur présente du projet.

Ainsi, grâce à la méthode d'évaluation de projets par option réelle, l'entreprise peut calculer le seuil critique R_2^* qui maximise la valeur présente du projet d'investissement à la période optimale T^* . Tout d'abord, nous ajoutons l'hypothèse que l'entreprise versera un dividende de 8% des revenus stochastiques pour se prévaloir de cette option. Ce qui fait en sorte de faire passer le taux de croissance anticipé des revenus stochastiques à 3% (12% – 8%).

En utilisant une version développée du modèle de Black-Scholes¹¹, la valeur présente du projet est égale à 20 847 300\$ et la valeur critique du seuil R_2^* est égale à 164M\$¹². Donc, lorsque la valeur présente des revenus stochastiques atteints 164M\$, l'entreprise devrait lancer le projet. Par souci de simplification, on fait l'hypothèse qu'il n'y a pas de délais lors de l'investissement. La valeur de la flexibilité est maintenant égale à 30 797 500\$ ($VANO-OR_{T=T^*} - VAN-O$), ce qui donne une bonne marge de manœuvre aux dirigeants de l'entreprise responsables de la négociation de l'option.

Il est intéressant de remarquer que le seuil d'investissement optimal R_2^* correspond au double des coûts d'investissement (I_2). McDonald et Siegel (1986) montrent qu'en présence de cas où il est toujours préférable d'attendre, le détenteur de l'option doit investir lorsque les bénéfices excèdent le double des coûts d'investissement.¹³ Ce critère est basé sur un principe logique d'option financière qui montre que plus le temps passe,

¹¹ Black, F. et Scholes, M. (1973)

¹² Voir le détail des calculs en annexe.

¹³ McDonald et Siegel (1986)

plus la probabilité du prix d'exercice tend vers 100%, donc, à la limite, le prix d'exercice tend à être égal à la valeur du projet, ce qui incite le détenteur d'options à ne pas attendre indéfiniment.

Il est toutefois possible de déterminer une date optimale pour lancer le projet. Pour ce faire, il faut simuler plusieurs trajectoires possibles du mouvement de R_2 et ainsi avoir une idée des périodes probables où le seuil pourrait être atteint pour donner une idée de l'échéance qui doit être négocié. À partir du moment où le seuil est connu, il devient primordial pour l'entreprise de se tenir à l'affût de l'évolution de la variable stochastique et utiliser le temps disponible pour être davantage créatif et visionnaire pour trouver d'autres options qui pourraient être envisagées à travers le temps. L'entreprise bénéficie donc des résultats suivant pour prendre sa décision.

Tableau 5 : Les résultats des différentes évaluations

Méthode d'évaluation	Valeur du projet	Valeur de la flexibilité
VAN	493 500\$	X
VAN-O	-9 950 200\$	X
VANO-OR _{T=2}	2 035 800\$	11 986 000\$
VANO-OR _{T=T*}	20 847 300\$	30 797 500\$

4.6.2 Négociation du pourcentage de location fixe

Les gestionnaires ne peuvent pas influencer la volatilité de la variable stochastique, mais ils peuvent tenter de négocier un pourcentage plus important de location à taux variables, ce qui permettrait une plus grande exposition au risque et ainsi augmenter la valeur du projet.

Présentement, les revenus sont divisés en deux parties égales, c'est-à-dire, 50% de revenus fixes et 50% des revenus sont incertains. Dans le tableau 6, on peut remarquer l'impact important que la volatilité peut avoir sur la valeur du projet lorsque le

pourcentage de revenu stochastique varie. L'entreprise devrait donc envisager fermement de négocier avec l'autre parti une part plus élevée de revenus stochastiques.

Tableau 6 : Effet de la volatilité sur la valeur du projet

% Revenus volatils	VAN-O	VANO-OR _{T=2}
35%	-53 585 400\$	-1 072 600\$
40%	-39 040 400\$	-1 190 200\$
45%	-24 495 300\$	-747 900\$
50%*	-9 950 200\$	2 035 800\$
55%	4 594 800\$	9 030 700\$
60%	19 139 900\$	20 221 900\$
65%	33 685 000\$	33 836 900\$

*Pourcentage utilisé dans la résolution du problème.

Les autres paramètres d'influence

Les autres paramètres qui influencent la valeur du projet ne peuvent être influencés par les actions de l'entreprise. En ce qui concerne les flux monétaires, bien qu'ils aient un effet positif sur la valeur du projet, ils sont dictés par le marché. La marge de manœuvre sur la fixation des prix de location est trop mince pour que les gestionnaires puissent altérer la valeur du projet significativement par leur négociation. Pour ce qui est du taux d'intérêt sans risque, l'entreprise ne peut exercer une influence sur ce dernier. Et finalement, les coûts d'investissement et de construction sont considérés comme certains et stables à travers le temps.

Bien que les gestionnaires n'aient pas d'emprise sur les autres paramètres du projet, leurs évolutions doivent cependant être observées avec attention pour ne pas manquer des opportunités ou attendre pour rien. Les gestionnaires doivent réussir à capitaliser sur ce qu'ils peuvent contrôler ou influencer, et non rester passivement à simplement regarder l'évolution des variables dans le temps.

Conclusion

L'objectif de ce rapport était de mettre l'emphase sur la gestion de risque et sur la valeur de la gestion active en utilisant la méthode des options réelles. Il est clair que la flexibilité est une source créatrice de valeur dans un environnement volatil, c'est pourquoi il est important que les gestionnaires s'attardent sur ce qui en crée et surtout sur les paramètres sur lesquels ils peuvent avoir une influence. Il est tout aussi important de bien cibler les composantes du projet pour que l'évaluation soit réaliste.

Il est important de revenir sur le fait que la valorisation d'options réelles est une méthode d'évaluation de projets plus complète que la VAN et la VAN-O, toutefois, bien qu'elle soit plus précise et rigoureuse, elle ne permet pas d'assurer totalement l'entreprise contre les risques imprévisibles que comporte le marché.

Ce rapport vient rejoindre les arguments d'un groupe de chercheurs¹⁴ du CIRANO qui affirme que «la méthodologie des options réelles apparaît comme un outil potentiel puissant pour les dirigeants. Cependant, ce potentiel ne sera atteint que par les preneurs de décisions qui combinent "l'état d'esprit options réelles" avec des compétences techniques poussées et un bon système d'information». Les dirigeants d'entreprises doivent prendre conscience que leurs créativité et vision peuvent avoir un impact sur la valeur de l'entreprise. Ils doivent être le plus proactif possible lorsqu'ils évaluent les options qui sont à leur portée et ainsi essayer de créer des scénarios qui favorisent l'émergence d'options réelles.

Finalement, la valorisation d'options réelles permet de quantifier une partie de la vision des gestionnaires, de leurs intuitions, de leurs rêves...

¹⁴ Boyer, Christoffersen, Laserre, Pavlov. (2003) page 7.

En utilisant un développement de la formule de Black-Scholes, il est possible de calculer la valeur de l'option et son seuil optimal. La valeur présente de l'option d'investir au moment optimal est égale à :

$$\begin{aligned}
 \text{VANO-OR}_{T=T^*} &= e^{-\mu^*T} \left[\frac{A * E_0 [R_2]^{\beta_1} e^{\beta_1 \left((\mu - \frac{1}{2} * \sigma^2) T + \beta_1 \sigma^2 T \right)} * (1 - N(d_3))}{+ E_0 [R_2]^{\mu^*T} * N(d_4) - I_0 * N(d_5)} \right] - \frac{I_T}{(1 + r_f)^T} \\
 &= e^{-0.12 * 2} \left[\frac{A * 66.86^{\beta_1} e^{\beta_1 \left((\mu - \frac{1}{2} * \sigma^2) T + \beta_1 \sigma^2 T \right)} * (1 - N(d_3))}{+ 85^{\mu^*2} * N(d_4) - 82 * N(d_5)} \right] - \frac{82}{(1.04)^2} \\
 &= 20\,847\,300\$
 \end{aligned}$$

Où les constantes β_1 et A peuvent être obtenue ainsi :

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= \frac{1}{2} - \frac{(\mu - \delta)}{\sigma^2} + \sqrt{\frac{(\mu - \delta)}{\sigma^2} - \frac{1}{2} + \frac{2\mu}{\sigma^2}} \\
 &= \frac{1}{2} - \frac{(0.12 - 0.08)}{(0.2)^2} + \sqrt{\frac{(0.12 - 0.08)}{(0.2)^2} - \frac{1}{2} + \frac{2 * 0.12}{(0.2)^2}} = 2 \\
 A &= \frac{(\beta_1 - 1)^{\beta_1 - 1}}{\beta_1^{\beta_1} * I_T^{\beta_1 - 1}} = 0.0030
 \end{aligned}$$

Ce qui nous permet de calculer la valeur du seuil optimal R_2^* :

$$R_2^* = \frac{\beta_1}{\beta_1 - 1} I_T = \frac{2}{2 - 1} 82 = 164$$

Et finalement pour calculer les fonctions de densité cumulées :

$$d_3 = \frac{(\beta_1 * \sigma^2 T) + \log\left(\frac{E_{t=0}[R_{2,T=2}]}{R_2^*}\right) + (\mu - 1/2 * \sigma^2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_4 = \frac{\log\left(\frac{E_{t=0}[R_{2,T=2}]}{R_2^*}\right) + (\mu + 1/2 * \sigma^2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_5 = \frac{\log\left(\frac{E_{t=0}[R_{2,T=2}]}{R_2^*}\right) + (\mu - 1/2 * \sigma^2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

Référence

BLACK, F. & SCHOLES, M. (1973), «The Pricing of Options and Corporate Liabilities», *Journal of Political Economy*, Vol. 3, pages 637-654.

BOYER, Marcel, CHRISTOFFERSEN, Peter, LASSERRE, Pierre, & PAVLOV, Andrey (2003), «Création de valeur, gestion de risque et options réelles», CIRANO 2003RB-01 (Version anglaise 2003RB-02)

BOYER, Marcel, & GRAVEL, Éric (2005), «Évaluation de projets : la valeur actualisée nette optimisée (VAN-O)», CIRANO 2005s-37

BOYER, Marcel, & GRAVEL, Éric (2004), «Decision Making, Value Enhancement, and Real Options (Orbecan)», Étude de cas, CIRANO.

DIXIT, Avinash K. & PINDYCK, Robert S. (1994). *Investment under uncertainty*. Princeton University Press.

MCDONALD, R. & SIEGEL, D. (1986), «The Value of Waiting to Invest», *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 101, No. 4, pages 707-728.

MERTON, RC. (1973), «The Theory of Rational Option Pricing», *Bell Journal of Economics and Management Science*, Vol. 4, pages 141-183.

PINDICK, Robert S. (1991), «Irreversibility, Uncertainty, and Investment», *Journal of Economic Literature*, Vol.29, No. 3, pages 1110-1148.

SICK, Gordon (Publication à venir). *Valuation and Capital Budgeting*.

TRIGEORGIS, Lenos (1993), «The Nature of Option Interactions and the Valuation of Investments with Multiple Real Options», *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 28, No. 1, pages 1-20.

VARIAN, Hal R. (2002). *Introduction à la Microéconomie*. Traduction de la 6^e Édition américaine par Bernard Thirty. Éditions de Boeck Université.