

REAL OPTIONS SUPER LATTICE SOLVER

MANUEL D'UTILISATION

Dr. Johnathan Mun, *Ph.D., MBA, MS, BS, CFC, CRM, FRM, MIFC,*

Real Options SLS

Ce manuel et le logiciel qu'il décrit sont fournis sous licence et ne peuvent être utilisés ou copiés que selon les conditions du contrat de licence de l'utilisateur final. Les informations dans ce document sont fournies à des fins informatives uniquement, peuvent changer sans préavis et ne représentent aucun engagement quant à la commerciabilité ou l'adaptation à un usage particulier de la part de Real Options Valuation, Inc

Aucune partie de ce manuel ne peut être reproduite ou transmise sous quelque forme que ce soit ni par quelque moyen que ce soit, électronique ou mécanique, notamment la photocopie ou l'enregistrement, dans quelque but que ce soit, sans l'autorisation écrite expresse de Real Options Valuation, Inc.

Matériels basés sur des publications sous copyright du Dr. Johnathan Mun.

Écrit, conçu et publié aux États-Unis d'Amérique.

Pour acheter d'autres exemplaires de ce document, contactez Real Options Valuation, Inc. à l'adresse e-mail ci-dessous :

Admin@RealOptionsValuation.com

© 2006-2012 by Dr. Johnathan Mun. Tous droits réservés.

Real Options Valuation, Inc.® et Real Options SLS® sont des marques déposées de l'entreprise.

Microsoft® est une marque déposée de Microsoft Corporation aux États-Unis et dans d'autres pays.

Les autres noms de produits mentionnés dans le présent document peuvent être des marques commerciales et/ou des marques déposées appartenant à leurs détenteurs respectifs.

PRÉFACE

Bienvenue dans le logiciel Real Options Super Lattice Solver (Résolveur de super treillis d'options réelles)

Bienvenue dans le logiciel Real Options Super Lattice Solver (SLS). Ce logiciel inclut plusieurs modules, notamment :

Résolveur de super treillis à actif simple ou Single Asset Super Lattice Solver (SLS)

- Résolveur de super treillis à actifs multiples ou Multiple Asset Super Lattice Solver (MSLS)
- Résolveur de treillis multinomiaux ou Multinomial Lattice Solver (MNLS)
- Créateur de treillis ou Lattice Maker
- Solution Excel SLS
- Fonctions SLS
- ROV Strategy Tree

Ces modules utilisent les concepts financiers d'options tels qu'appliqués à des actifs réels ou physiques. Par exemple, lorsque vous achetez une option d'achat sur une action sous-jacente, vous achetez le droit, mais pas l'obligation, d'acheter une action à un coût défini ou prix d'exercice. Le moment venu d'acheter l'action ou d'exercer votre option, que ce soit à maturité ou avant, vous exercez l'option si le prix de l'action est supérieur au prix d'exercice de votre option. Exercer l'option signifie acheter l'action à un prix d'exercice et la vendre au prix du marché supérieur pour dégager un bénéfice (moins les taxes, coûts de transaction et primes payés pour obtenir l'option). Cependant, si le prix est inférieur au prix d'exercice, vous n'achetez pas l'action et vos seules pertes sont les coûts de transaction et les primes. Le futur est difficile à prévoir et compte une part d'incertitude et de risques. Vous ne pouvez pas savoir avec certitude si une action particulière gagnera ou perdra de la valeur. C'est l'avantage des options : vous pouvez maximiser vos gains (spéculation avec hausse illimitée) tout en minimisant vos pertes (en vous couvrant contre la baisse en définissant les pertes maximum sur la prime payée sur l'option). On peut appliquer le même principe aux actifs. Les actifs d'une entreprise peuvent inclure des usines, des brevets, des projets, des initiatives de recherche et développement, etc. Chacun de ces actifs a un niveau d'incertitude propre. Par exemple, le projet de recherche de plusieurs millions de dollars d'une entreprise débouchera-t-il sur un produit rentable ? L'investissement dans une entreprise émergente aidera-t-il une entreprise à étendre sa présence sur d'autres marchés ? Les directions d'entreprises se posent ce type de questions tous les jours. Le logiciel Real Options Super Lattice Solver (collectivement SLS, MSLS et MNLS) permet aux analystes et aux cadres de direction de pouvoir déterminer la valeur d'un investissement dans un futur incertain.

À qui est destiné ce logiciel ?

Les programmes SLS, MSLS, MNLS, Créateur de treillis, Solution Excel et Fonctions Excel sont adaptés aux analystes qui savent utiliser la modélisation de feuilles de calcul dans Excel, ainsi que l'évaluation d'options réelles. Le logiciel accompagne les livres *Real Options Analysis: Tools and Techniques*, 2^{ème} édition (Wiley 2005), *Modeling Risk* (Wiley 2006), et *Valuing Employee Stock Options* (Wiley 2004) du Dr. Johnathan Mun, le concepteur du logiciel.¹ Il existe aussi plusieurs cours de formation : *Certified Risk Analyst (CRA)*, *The Basics of Real Options* et *Advanced Real Options* tous enseignés par le Dr. Mun. Le logiciel et ses modèles sont basés sur les livres, mais les cours de formation couvrent le sujet des options réelles de façon plus approfondie, y compris la possibilité d'études de cas échantillons et le cadrage d'options réelles de cas réels. Il est fortement conseillé à l'utilisateur de se familiariser avec les concepts fondamentaux des options réelles, comme les décrit *Real Options Analysis: Tools and Techniques*, 2^{ème} édition, (Wiley, 2006).

¹ Le concept et l'analytique du logiciel Real Options SLS ont été créés par le Dr. Johnathan Mun, et la programmation du logiciel a été développée par l'ingénieur principal J.C. Chin.

TABLE DES MATIÈRES

SECTION I – COMMENCER	6
<i>Introduction au Résolveur de super treillis ou Super Lattice Solver (SLS).....</i>	<i>7</i>
<i>Résolveur de super treillis à actif simple.....</i>	<i>10</i>
<i>Résolveur de super treillis à actifs multiples ou Multiple Asset Super Lattice Solver (MSLS)</i>	<i>17</i>
<i>Résolveur de treillis multinomiaux ou Multinomial Lattice Solver (MNLS)</i>	<i>19</i>
<i>Créateur de treillis SLS</i>	<i>21</i>
<i>Solution Excel SLS (modèles SLS, MSLS et à volatilité changeante dans Excel).....</i>	<i>22</i>
<i>Fonctions SLS.....</i>	<i>26</i>
<i>Évaluateur d'options financières exotiques.....</i>	<i>28</i>
<i>Graphiques de gains, analyses Tornado, de convergence, de scénario et, sensibilité, Graphiques de gains, analyse de sensibilité, Monte Carlo Simulation et Arbre de stratégie.....</i>	<i>29</i>
<i>Notes clés et conseils pour SLS</i>	<i>36</i>
SECTION II : ANALYSE DES OPTIONS RÉELLES.....	39
<i>Options d'abandon américaines, européennes, des Bermudes et personnalisées.....</i>	<i>40</i>
<i>Options de contraction américaines, européennes, des Bermudes et personnalisées</i>	<i>49</i>
<i>Options de croissance américaines, européennes, des Bermudes et personnalisées</i>	<i>56</i>
<i>Options de contraction, de croissance et d'abandon</i>	<i>63</i>
<i>Options d'achat américaines, européennes et des Bermudes de base.....</i>	<i>67</i>
<i>Options de vente américaines, européennes et des Bermudes de base.....</i>	<i>69</i>
<i>Options à choix différé exotiques</i>	<i>71</i>
<i>Options composées séquentielles.....</i>	<i>74</i>
<i>Options composées séquentielles à phases multiples</i>	<i>76</i>
<i>Personnalisation des options composées séquentielles.....</i>	<i>78</i>
<i>Options dépendantes du chemin suivi, options indépendantes du chemin suivi, options mutuellement exclusives, options non mutuellement exclusives et options imbriquées combinatoires complexes.....</i>	<i>80</i>
<i>Options composées simultanées</i>	<i>82</i>
<i>Options américaines et européennes utilisant des treillis trinomiaux.....</i>	<i>84</i>
<i>Options américaines et européennes de retour à la moyenne utilisant les treillis trinomiaux.....</i>	<i>87</i>
<i>Options de diffusion par saut utilisant les treillis quadrimomiaux</i>	<i>90</i>
<i>Options en arc-en-ciel à deux variables utilisant les treillis pentanomiaux</i>	<i>92</i>
<i>Options à barrière inférieure américaines et européennes</i>	<i>94</i>

<i>Options à barrière supérieure américaines et européennes</i>	97
<i>Options à double barrière américaines et européennes et options à barrière exotiques</i>	100

SECTION III – OPTIONS D’ACHAT D’ACTIONS (STOCK OPTIONS) DES

EMPLOYÉS	102
<i>Option d’achat d’actions des employés (ESO) avec période d’acquisition des droits</i>	103
<i>Option d’achat d’actions des employés (ESO) américaine avec comportement d’exercice sous-optimal</i>	106
<i>Option d’achat d’actions des employés (ESO) américaine avec acquisition des droits et comportement d’exercice sous-optimal</i>	108
<i>Option d’achat d’actions des employés (ESO) américaine avec acquisition des droits, comportement d’exercice sous-optimal, périodes d’interdiction et taux de renonciation</i>	111
<i>Annexe A : Convergence des treillis</i>	113
<i>Annexe B : Estimations de la volatilité</i>	114
<i>Estimations de la volatilité (approche des rendements de flux monétaires/du prix de l’action logarithmique)</i>	115
<i>Estimations de la volatilité (rendements de la valeur actualisée logarithmique)</i>	120
<i>Annexe C : Formules techniques – Formules d’options exotiques</i>	133
<i>Modèle d’option de Black-Scholes – Version européenne</i>	133
<i>Black-Scholes avec dérive (dividendes) – Version européenne</i>	134
<i>Black-Scholes avec paiements futurs – Version européenne</i>	135
<i>Options à choix différé (de base)</i>	136
<i>Option à choix différé complexe</i>	137
<i>Options composées sur options</i>	138
<i>Options à début différé</i>	139
<i>Modèle de Black-Scholes généralisé</i>	140
<i>Options sur les futures</i>	141
<i>Options à deux actifs corrélés</i>	142
<i>Annexe D – Guide d’installation et d’activation de licence</i>	143
<i>Préparation à l’activation de la licence :</i>	143
<i>Installation des licences :</i>	143
<i>Annexe E – Instructions d’installation détaillées</i>	144
<i>Annexe F – Activation de la licence permanente</i>	155

SECTION I – COMMENCER

**Résolveur de super treillis à actif simple ou
Single Asset Super Lattice Solver (SLS)**

**Résolveur de super treillis à actifs multiples ou
Multiple Asset Super Lattice Solver (MSLS)**

**Résolveur de treillis multinomiaux ou
Multinomial Lattice Solver (MNLS)**

Feuille d’audit de treillis ou Lattice Audit Sheet

Créateur de treillis ou Lattice Maker

Solution Excel SLS

Fonctions SLS

Graphiques de gains

Analyse de sensibilité

Tableaux de scénario

Analyse de convergence

Monte Carlo Simulation

Arbre de stratégie

Introduction au Résolveur de super treillis ou Super Lattice Solver (SLS)

Le logiciel *Real Options Super Lattice Solver (SLS)* comprend plusieurs modules, notamment : *Résolveur de super treillis à actif simple ou Single Asset Super Lattice Solver (SLS)*, *Résolveur de super treillis à actif multiples ou Multiple Asset Super Lattice Solver (MSLS)*, *Résolveur de treillis multinomiaux ou Multinomial Lattice Solver (MNLS)*, *Créateur de treillis*, *Évaluateur d'options financières exotiques avancé*, *Solution Excel SLS* et *Fonctions SLS*. Ces modules sont des solveurs de treillis binomiaux et multinomiaux extrêmement puissants et personnalisables, et peuvent être utilisés pour résoudre de nombreux types d'options (y compris les trois familles d'options principales : *les options réelles* qui traitent des actifs réels et intangibles, *les options financières*, qui traitent des actifs financiers et des investissements de tels actifs, et *les options d'achat d'actions (stock options) des employés*, qui traitent des actifs financiers fournis aux employés au sein d'une entreprise). Ce document illustre les exemples d'options réelles, d'options financières et d'options d'achat d'actions des employés que les utilisateurs rencontreront le plus souvent.

- Le **modèle à actif simple** est essentiellement utilisé pour résoudre les options avec un *seul actif sous-jacent* en utilisant les treillis binomiaux. Même les options extrêmement complexes à un seul actif sous-jacent peuvent être résolues avec ce modèle.
- Le **modèle à actifs multiples** est essentiellement utilisé pour résoudre les options avec *plusieurs actifs sous-jacents* et les options composées séquentielles avec *plusieurs phases* en utilisant des treillis binomiaux. Même les options extrêmement complexes à plusieurs phases et actifs sous-jacents peuvent être résolues avec ce modèle.
- Le **modèle multinomial** utilise les *treillis multinomiaux* (trinomial, quadrimomial, pentanomial) pour résoudre des options spécifiques, qui ne peuvent pas être résolues à l'aide de treillis binomiaux.
- Le **Créateur de treillis** est utilisé pour créer des treillis dans Excel avec des équations visibles et actives, ce qui est utile pour exécuter des simulations de Monte Carlo avec le Simulateur de risques (un logiciel de simulation, prévision et optimisation basé sur les risques s'intégrant à Excel, également développé par Real Options Valuation, Inc.) ou pour effectuer des liaisons avec d'autres modèles de feuilles de calcul. Les treillis générés incluent également des treillis de décision, qui affichent les décisions stratégiques d'exécution de certaines options et la temporisation optimale pour l'exécution de ces options.
- L'**Évaluateur d'options financières exotiques** est un calculateur complet de plus de 250 fonctions et modèles, des options de base aux options exotiques (par ex. de Black-Scholes aux treillis multinomiaux aux équations différentielles fermées et méthodes analytiques pour l'évaluation des options exotiques, ainsi que d'autres modèles ayant trait aux options tels que les options sur obligations, les calculs de volatilité, la couverture delta-gamma, etc.). Cet évaluateur complète les outils logiciels ROV Risk Modeler et ROV Valuator, avec plus de 800 fonctions et modèles, également développés par Real Options Valuation, Inc. (ROV), qui sont capables de s'exécuter à des vitesses très élevées, de traiter des jeux de données volumineux et de se relier à des bases de données conformes ODBC existantes (par ex. Oracle, SAP, Access, Excel, CSV, etc.).
- La **solution Excel SLS** met en œuvre les calculs SLS et MSLS dans l'environnement Excel, permettant ainsi aux utilisateurs d'accéder aux fonctions SLS et MSLS directement dans Excel. Cette fonctionnalité facilite la création de modèles, la liaison et l'incorporation de formules et de valeurs et l'exécution de simulations, tout en fournissant à l'utilisateur des exemples à partir desquels créer ses modèles.
- Les **fonctions SLS** sont des modèles d'options réelles et financières supplémentaires, accessibles directement dans Excel. Ce module facilite la création de modèles, la liaison et l'incorporation, ainsi que l'exécution de simulations.

- Les **tableaux d'options** sont utilisés pour analyser visuellement la structure de gain des options, les tableaux de sensibilité et de scénario d'options avec diverses entrées, la convergence des résultats de treillis, et autres analyses précieuses.

Le logiciel SLS a été créé par le Dr. Johnathan Mun, professeur, consultant et auteur de nombreux ouvrages dont *Real Options Analysis: Tools and Techniques*, 2^{ème} édition (Wiley 2005), *Modeling Risk* (Wiley 2006), et *Valuing Employee Stock Options: Under 2004 FAS 123* (Wiley 2004). Ce logiciel accompagne également les matériels présentés dans le cadre de divers cours de formation sur les options réelles, les simulations et l'évaluation des options d'achat d'actions des employés enseignés par le Dr. Mun. Le logiciel et ses modèles sont basés sur les livres, mais les cours de formation couvrent le sujet des options réelles de façon plus approfondie, y compris la possibilité d'études de cas échantillons et le cadrage d'options réelles de cas réels. Il est fortement conseillé à l'utilisateur de se familiariser avec les concepts fondamentaux des options réelles, comme les décrit *Real Options Analysis: Tools and Techniques*, 2^{ème} édition, (Wiley, 2006) avant de se lancer dans l'analyse approfondie d'options réelles avec ce logiciel. Ce manuel ne couvre pas certains sujets fondamentaux déjà abordés dans le livre.

Remarque : La 1^{ère} édition de *Real Options Analysis: Tools and Techniques* publiée en 2002 illustre le logiciel *Real Options Analysis Toolkit*, précurseur du logiciel *Super Lattice Solver (Résolveur de super treillis)*, également créé par le Dr. Johnathan Mun. Le logiciel *Real Options Super Lattice Solver (Résolveur de super treillis d'options réelles)*, introduit dans *Real Options Analysis*, 2^{ème} édition (2005), remplace le logiciel *Real Options Analysis Toolkit (ROAT)* et fournit les améliorations suivantes :

- S'exécute 100 fois plus vite et offre une souplesse et une personnalisation complètes
- Toutes les incohérences, toutes les erreurs de calculs et tous les bugs ont été corrigés et vérifiés
- Permet de changer les paramètres d'entrée dans le temps (options personnalisées)
- Permet de changer les volatilités dans le temps
- Incorpore les options des Bermudes (périodes d'acquisition des droits et d'interdiction) et les options personnalisées
- A des capacités de modélisation souples permettant de créer vos propres options personnalisées
- Inclut des améliorations générales en termes d'exactitude, de précision et de capacité analytique
- Inclut plus de 250 modèles d'options exotiques (à forme fermée, exotique, treillis multinomial)

En tant que créateur des deux logiciels Super Lattice Solver et Real Options Analysis Toolkit (ROAT), l'auteur suggère que le lecteur se concentre sur l'utilisation du Super Lattice Solver (Résolveur de super treillis) car il fournit de nombreuses améliorations puissantes et une souplesse analytique supérieure par rapport à son prédécesseur, ROAT. Le logiciel SLS nécessite la configuration minimum suivante :

- Windows XP, Vista, Windows 7 et au-delà
- Excel XP, Excel 2003, Excel 2007 ou Excel 2010
- .NET Framework 2.0 ou version ultérieure
- Droits administratifs (pour l'installation du logiciel)
- 1 GB de RAM minimum (1 Go recommandé)
- 150 Mo d'espace disque dur libre

Le logiciel fonctionne sur la majorité des systèmes d'exploitation étrangers, par exemple Windows ou Excel en langue étrangère, et le fonctionnement du logiciel SLS a été testé sur la plupart des systèmes d'exploitation Windows étrangers avec un changement de paramètres rapide : cliquez sur *Démarrer | Panneau de configuration | Options régionales et linguistiques*, puis sélectionnez *Anglais (États-Unis)*. Cette modification est nécessaire car le format des nombres diffère selon les pays (par exemple mille dollars et cinquante cents s'écrit 1,000.50 aux États-Unis et 1.000,50 dans certains pays européens).

Pour installer le logiciel, assurez-vous que votre ordinateur dispose de la configuration minimum décrite ci-dessus. Si vous avez besoin de .NET Framework 2.0, accédez au CD d'installation du logiciel et

installez le fichier intitulé *dotnetfx20.exe* ; si vous n'avez pas le CD d'installation, vous pouvez télécharger ce fichier à partir de www.realoptionsvaluation.com/attachments/dotnetfx20.exe. Vous devez commencer par installer ce logiciel, avant de passer à l'installation de SLS. Remarque : .NET 2.0 fonctionne en parallèle avec .NET 1.1 et vous ne devez pas désinstaller une version pour la remplacer par l'autre. Pour bénéficier des meilleures performances, les deux versions doivent s'exécuter simultanément sur votre ordinateur.

Ensuite, installez le logiciel SLS à partir du CD d'installation ou de www.realoptionsvaluation.com, en cliquant sur Downloads (Téléchargements), puis Real Options SLS. Vous pouvez télécharger la version COMPLÈTE (en supposant que vous avez déjà acheté le logiciel et reçu les clés de licence permanentes ainsi que les instructions pour obtenir une licence permanente du logiciel) ou une version d'ESSAI. La version d'essai est identique à la version complète, mais elle expire après 10 jours et vous devez ensuite obtenir la licence complète pour continuer à utiliser le logiciel. Installez le logiciel en suivant les invites qui s'affichent à l'écran.

Si vous avez la version d'essai et souhaitez vous procurer une licence permanente, rendez-vous sur www.realoptionsvaluation.com, cliquez sur le lien d'achat (Purchase) sur la gauche et remplissez le bon de commande. Vous recevrez alors les instructions pertinentes pour l'installation de la licence permanente. Consultez les annexes D et E pour de plus amples détails au sujet de l'installation et l'annexe F pour les instructions au sujet de la licence. Rendez-vous sur www.realoptionsvaluation.com et cliquez sur FAQ et DOWNLOADS (FAQ et TÉLÉCHARGEMENTS) pour vous procurer toutes mises à jour des instructions d'installation et informations sur les problèmes de dépannage.

Résolveur de super treillis à actif simple

La figure 1 illustre l'écran principal du logiciel SLS. Après avoir installé le logiciel, l'utilisateur peut accéder à l'écran principal de SLS en cliquant sur *Démarrer / Programmes / Real Options Valuation / Real Options SLS / Real Options SLS*. À partir de cet écran principal, vous pouvez exécuter le modèle à actif simple, le modèle à actifs multiples, le modèle multinomial, le Créateur de treillis et l'Évaluateur d'options financières exotiques avancé, ouvrir des exemples de modèles, et ouvrir un modèle existant. Vous pouvez faire glisser votre souris sur n'importe quel élément pour voir une courte description du module en question. Vous pouvez aussi acheter ou installer une nouvelle licence permanente en cliquant sur les liens de licence au bas de l'écran. Enfin, Real Options SLS prend en charge 8 langues (anglais, français, chinois, espagnol, japonais, italien, allemand et portugais) et vous pouvez changer de langue à l'aide de la liste déroulante.

Pour accéder aux Fonctions SLS, à la Solution Excel SLS ou à un exemple de fichier de calcul de volatilité, cliquez sur *Démarrer / Programmes / Real Options Valuation / Real Options SLS* et sélectionnez le module pertinent.



Figure 1 – Résolveur de super treillis à actif simple (SLS)

Exemples du Résolveur de super treillis à actif simple

Pour vous aider à vous lancer, nous allons commencer avec plusieurs exemples simples. Dans cet exemple, une simple option d'achat européenne est calculée à l'aide de SLS. Pour suivre l'exemple, à l'écran principal, cliquez sur [Créer un nouveau modèle d'option à actif simple](#), puis sur [Fichier / Exemples / Classique Vanille – Option d'achat I](#). Cet exemple de fichier se charge dans le logiciel SLS comme illustré à la figure 2. La valeur actualisée de l'actif sous-jacent de départ ou prix de départ de l'action est \$100, et le coût d'implémentation ou prix d'exercice est \$100 avec une maturité de 5 ans. Le taux de rendement hors risque annualisé est de 5 %, et la volatilité annualisée attendue historique, comparable ou future est de 10 %. Cliquez sur [EXÉCUTER](#) (ou Alt-R) et un treillis binomial à 100 étapes est calculé, avec les résultats indiquant une valeur de \$23.3975 pour les options d'achat européenne et américaine. Les valeurs de référence utilisant des modèles d'approximation de Black-Scholes et de forme fermée différentielle partielle, ainsi que des options d'achat et de vente binomiales classiques Vanille américaine et européenne avec des treillis binomiaux à 1 000 étapes sont également calculées. Notez que seules les options américaine et européenne sont sélectionnées et que les résultats calculés sont pour ces options d'achat américaine et européenne classiques Vanille.

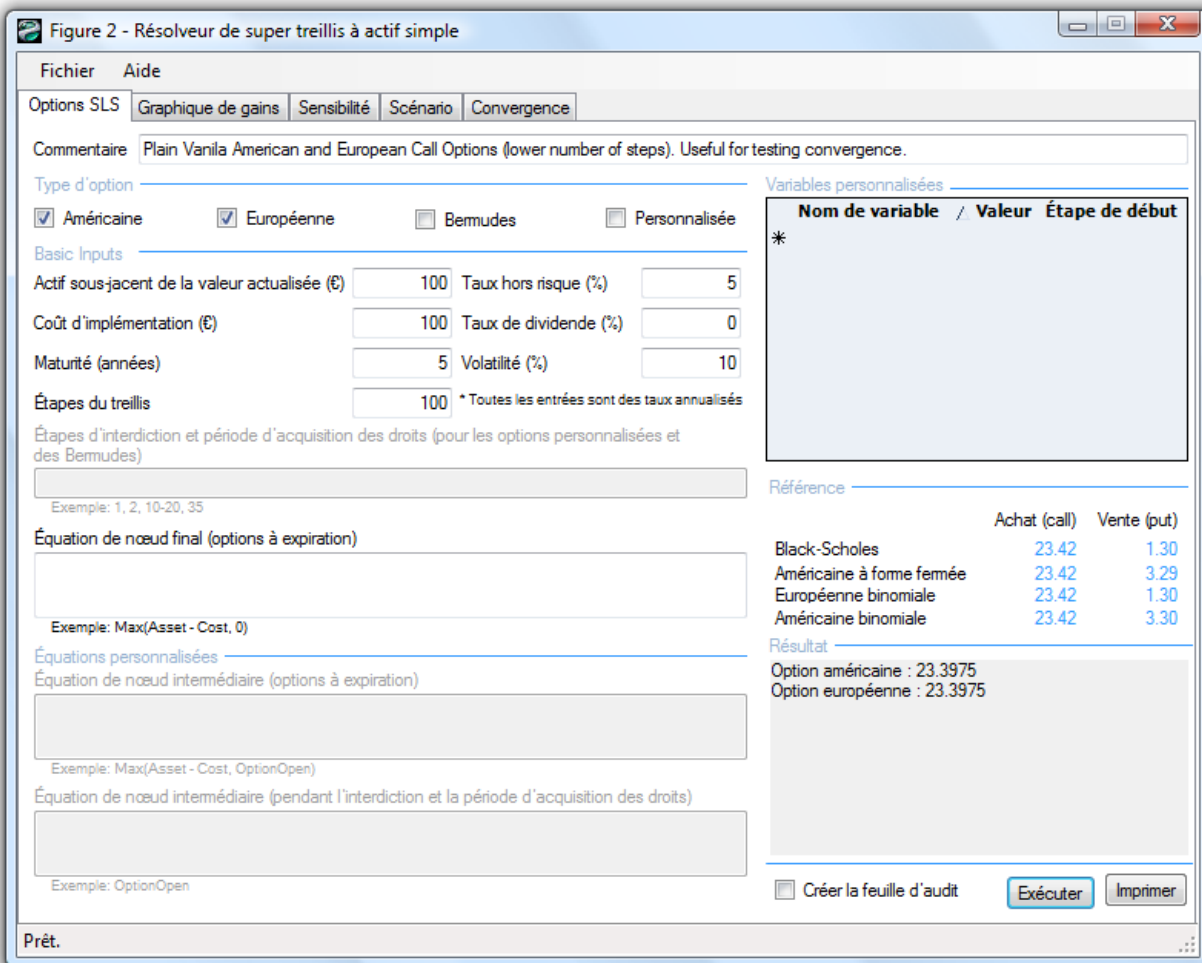


Figure 2 – Résultats SLS d'une option d'achat européenne et américaine simple

Les résultats de référence sont tous les deux des modèles à forme fermée (modèles d'approximation de Black-Scholes et à forme fermée) et des treillis binomiaux à 1 000 étapes sur des options classiques Vanille. Vous pouvez modifier le nombre d'étapes et saisir *1000* dans la section des entrées de base afin de vérifier que les réponses calculées sont équivalentes aux valeurs de référence,

comme illustré à la figure 3. Notez que, bien sûr, les valeurs calculées pour les options américaine et européenne sont identiques l'une à l'autre et identiques aux valeurs de référence de \$23.4187, car il n'est jamais optimal d'exercer une option d'achat classique Vanille standard précocement s'il n'y a pas de dividendes. Remarque : Plus le nombre d'étapes du treillis est élevé, plus le calcul des résultats prend longtemps. Il est conseillé de commencer avec un nombre d'étapes inférieur pour vérifier que l'analyse est robuste, puis d'augmenter progressivement le nombre d'étapes pour vérifier la convergence des résultats. Consultez l'annexe A portant sur les critères de convergence des treillis pour de plus amples détails sur la convergence des treillis binomiaux et le nombre d'étapes requis pour une évaluation d'option robuste.

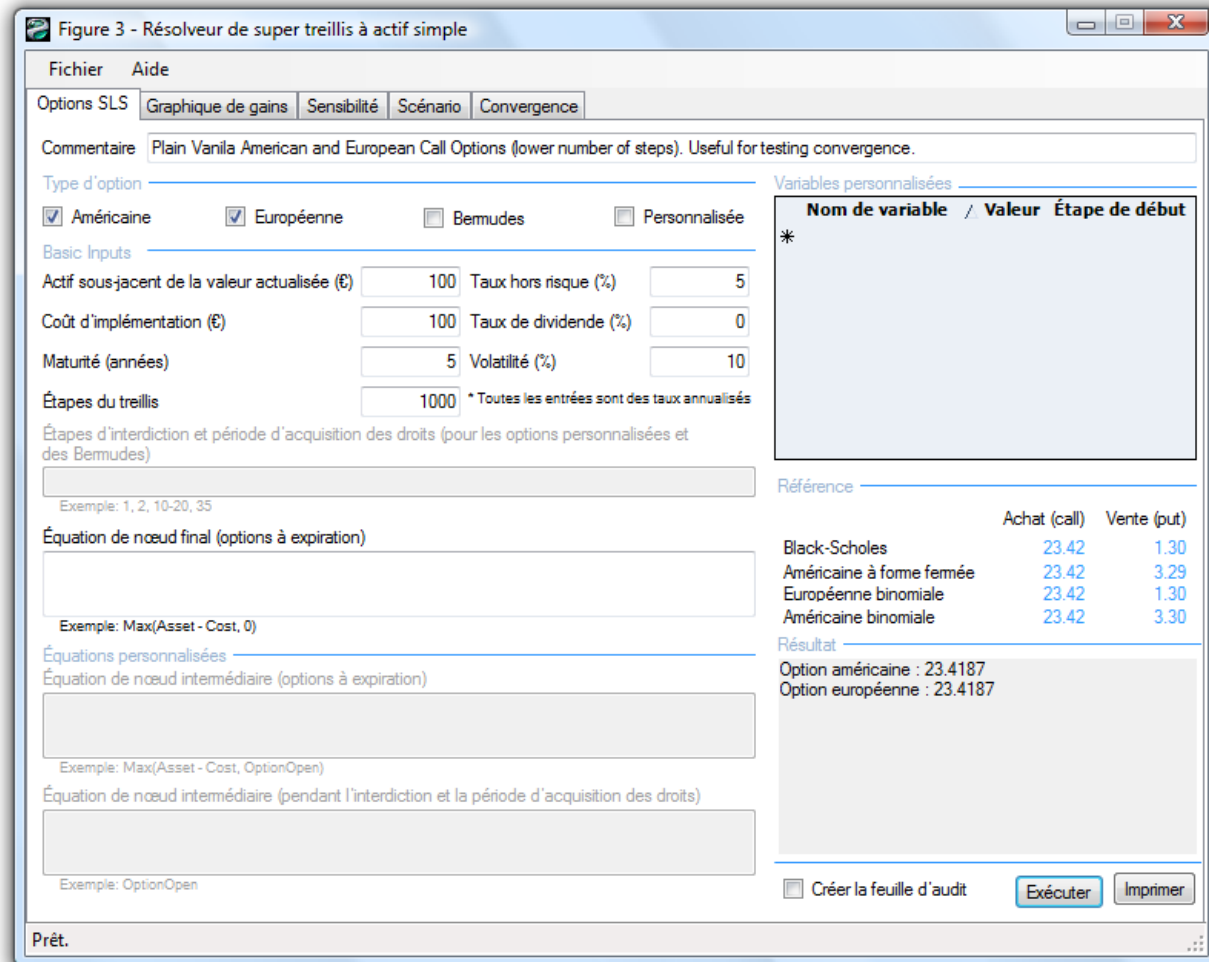


Figure 3 – Comparaison des résultats SLS aux valeurs de référence

Vous pouvez aussi entrer les équations de nœuds terminal et intermédiaire pour une option d'achat afin d'obtenir les mêmes résultats. Notez qu'en utilisant 100 étapes et en créant vos propres équation de nœud terminal $Max(Asset-Cost,0)$ et équation de nœud intermédiaire $Max(Asset-Cost,OptionOpen)$, vous obtiendrez la même réponse. Lorsque vous entrez vos propres équations, vérifiez que vous avez d'abord coché l'option Personnalisée.

Lorsque vous entrez vos propres équations, vérifiez que vous avez d'abord coché l'option Personnalisée.

La figure 4 illustre comment est effectuée cette analyse. Notez que la valeur \$23.3975 à la figure 4 est identique à la valeur à la figure 2. L'équation de nœud terminal est le calcul qui a lieu à maturité, alors que l'équation de nœud intermédiaire est le calcul qui a lieu à toutes les périodes avant la maturité, et est calculée à l'aide de la rétro-induction. Le terme « *OptionOpen* » représente le fait de « garder l'option ouverte » et est souvent utilisé dans l'équation de nœud intermédiaire quand on représente analytiquement le fait que l'option n'est pas exécutée, mais gardée ouverte pour une exécution future potentielle. Ainsi, à la figure 4, l'équation de nœud intermédiaire $Max(Asset-Cost, OptionOpen)$ représente la décision de maximisation des bénéfices d'exécuter l'option ou de la garder ouverte pour une exécution future potentielle. Par contre, l'équation de nœud terminal $Max(Asset-Cost, 0)$ représente la décision de maximisation des bénéfices à maturité d'exécuter l'option si elle est en jeu (en dedans) ou de la laisser expirer sans valeur si elle est à parité ou hors jeu (en dehors).

The screenshot shows the 'Figure 4 - Résolveur de super treillis à actif simple' application. It features a menu bar with 'Fichier' and 'Aide'. Below the menu is a tabbed interface with 'Options SLS' selected, and sub-tabs for 'Graphique de gains', 'Sensibilité', 'Scénario', and 'Convergence'. A comment field contains the text: 'Plain Vanilla American and European Call Options (lower number of steps). Useful for testing convergence.' The 'Type d'option' section has checkboxes for 'Américaine' (checked), 'Européenne' (checked), 'Bermudes' (unchecked), and 'Personnalisée' (checked). The 'Basic Inputs' section includes: 'Actif sous-jacent de la valeur actualisée (€)' (100), 'Taux hors risque (%)' (5), 'Coût d'implémentation (€)' (100), 'Taux de dividende (%)' (0), 'Maturité (années)' (5), and 'Volatilité (%)' (10). The 'Étapes du treillis' is set to 100. The 'Équation de nœud final' is $Max(Asset-Cost, 0)$. The 'Équation de nœud intermédiaire' is $Max(Asset-Cost, OptionOpen)$. The 'Résultat' section displays 'Option personnalisée : 23.3975'. A table of references is also visible:

	Achat (call)	Vente (put)
Black-Scholes	23.42	1.30
Américaine à forme fermée	23.42	3.29
Européenne binomiale	23.42	1.30
Américaine binomiale	23.42	3.30

Figure 4 – Entrées d'équation personnalisée

En outre, vous pouvez créer une feuille d'audit dans Excel pour voir un exemple de treillis binomial à 10 étapes en cochant la case *Créer la feuille d'audit*. Par exemple, le chargement de l'exemple de fichier *Classique Vanille – Option d'achat I* et la sélection de cette case crée une feuille de calcul comme celle illustrée à la figure 5. Cette feuille d'audit contient plusieurs éléments dignes d'intérêt :

- La feuille d'audit générée affichera les 10 premières étapes du treillis, quelque soit le nombre d'étapes que vous saisissez. C'est-à-dire que si vous saisissez 1 000 étapes, les 10 premières étapes seront générées. Si un treillis complet est requis, saisissez 10 étapes dans SLS et le treillis à 10 étapes complet sera généré.

Les calculs et les résultats intermédiaires sont pour le super treillis, d'après le nombre d'étapes de treillis saisies et non d'après le treillis à 10 étapes généré. Pour obtenir les calculs intermédiaires pour les treillis à 10 étapes, il vous suffit de ré-exécuter l'analyse en saisissant *10* pour les étapes du treillis. De cette façon, la feuille d'audit générée le sera pour un treillis à 10 étapes et les résultats de SLS seront alors comparables (figure 6).

- La feuille de calcul ne fournit que des valeurs car on suppose que c'est l'utilisateur qui a saisi les équations de nœuds terminal et intermédiaire, et qu'il n'est donc pas nécessaire de recréer ces équations dans Excel. L'utilisateur peut toujours recharger le fichier SLS et consulter les équations ou imprimer le formulaire si nécessaire (en cliquant sur *Fichier / Imprimer*).

Le logiciel vous permet aussi d'enregistrer ou d'ouvrir des fichiers d'analyse. C'est-à-dire que toutes les entrées dans le logiciel sont enregistrées et pourront être récupérées pour une utilisation future. Les résultats ne sont pas enregistrés car vous pouvez accidentellement supprimer ou modifier une entrée, et les résultats ne seront donc plus valides. De plus, la ré-exécution des calculs du super treillis ne prendra que quelques secondes, et il est toujours conseillé de ré-exécuter le modèle à l'ouverture d'un ancien fichier d'analyse.

Vous pouvez aussi saisir des étapes d'interdiction. Ce sont les étapes dans le super treillis qui auront des comportements différents que les étapes terminales ou intermédiaires. Par exemple, vous pouvez saisir *1 000* comme étapes du treillis, *0-400* comme étapes d'interdiction, et une équation d'interdiction (par ex. *OptionOpen*). Cela signifie que pour les 400 premières étapes, le détenteur de l'option ne peut que garder l'option ouverte. D'autres exemples incluent saisir *1, 3, 5, 10* s'il s'agit des étapes du treillis où les périodes d'interdiction ont lieu. Vous devrez calculer les étapes pertinentes dans le treillis où existe l'interdiction. Par exemple, si l'interdiction existe aux années 1 et 3 dans un treillis de 10 ans à 10 étapes, alors les étapes 1 et 3 seront les dates d'interdiction. Cette fonctionnalité d'étape d'interdiction est pratique pour l'analyse d'options avec des périodes de détention, des périodes d'acquisition des droits ou des périodes pendant lesquelles l'option ne peut pas être exécutée. Les options d'achat d'actions des employés ont des périodes d'interdiction et d'acquisition des droits, et certaines options réelles contractuelles ont des périodes pendant lesquelles l'option ne peut pas être exécutée (par ex. périodes de réflexion ou de validité de principe).

Si des équations sont saisies dans le champ Équation de nœud terminal et que les options américaines, européennes ou des Bermudes sont choisies, l'équation de nœud terminal saisie sera celle utilisée dans le super treillis pour les nœuds terminaux. Cependant, pour les nœuds intermédiaires, l'option américaine supposera la même équation de nœud terminal plus la capacité à garder l'option ouverte, l'option européenne supposera que l'option peut seulement être gardée ouverte et pas exécutée, et l'option des Bermudes supposera que pendant les étapes d'interdiction du treillis, l'option sera gardée ouverte et ne pourra pas être exécutée. Si vous souhaitez aussi saisir l'équation de nœud intermédiaire, vous devez d'abord sélectionner l'option Personnalisée (sinon, vous ne pouvez pas utiliser le champ d'équation de nœud intermédiaire). Le résultat de l'option Personnalisée utilisera toutes les équations que vous savez saisies dans les sections Terminal, Intermédiaire et Intermédiaire avec interdiction.

La liste Variables personnalisées vous permet d'ajouter, de modifier ou de supprimer des variables personnalisées, les variables requises au-delà des entrées de base. Par exemple, lorsque vous exécutez une option d'abandon, vous aurez besoin de la valeur de récupération. Vous pouvez l'ajouter dans la liste Variables personnalisées, lui donner un nom (un nom de variable doit être un seul mot sans espaces), la valeur appropriée et l'étape de début à laquelle cette valeur entre en vigueur. Par exemple, si vous avez plusieurs valeurs de récupération (c.-à-d. si les valeurs de récupération changent dans le temps), vous pouvez saisir le même nom de variable (par ex. *récupération*) plusieurs fois, mais à chaque fois, sa

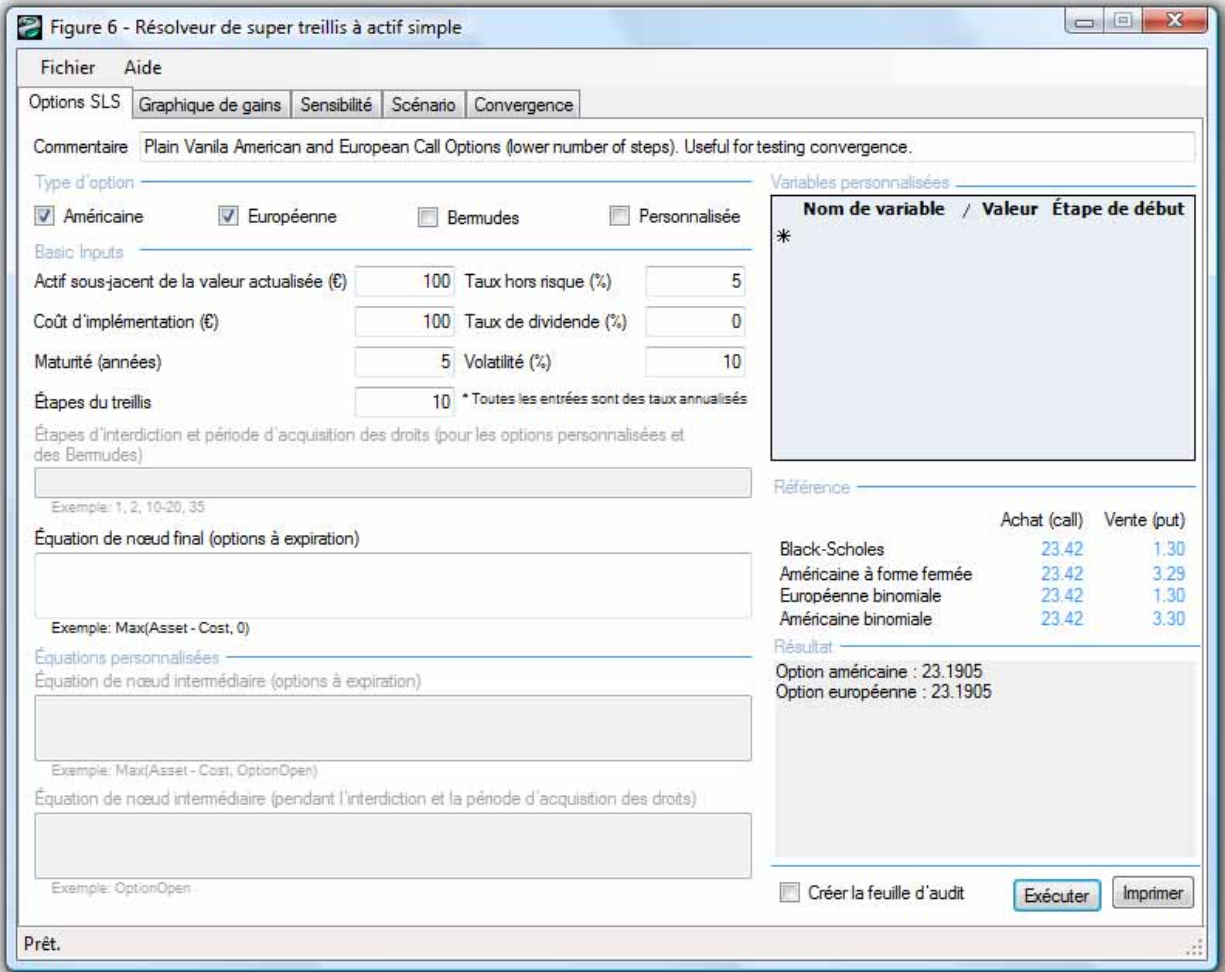


Figure 6 – Résultats SLS avec un treillis à 10 étapes

Résolveur de super treillis à actifs multiples ou Multiple Asset Super Lattice Solver (MSLS)

Le Résolveur de super treillis à actifs multiples (MSLS) est une extension de SLS car MSLS peut être utilisé pour résoudre des options avec multiples actifs sous-jacents et multiples phases. MSLS permet à l'utilisateur de saisir plusieurs actifs sous-jacents ainsi que plusieurs treillis d'évaluation. Ces treillis d'évaluation peuvent appeler des variables personnalisées, définies par l'utilisateur. Voici quelques exemples des types d'options que vous pouvez résoudre avec MSLS :

- **Options composées séquentielles (options séquentielles à deux, trois ou multiples phases)**
- **Options composées simultanées (multiples actifs avec multiples options simultanées)**
- **Options de choix et de commutation (choix entre plusieurs options et actifs sous-jacents)**
- **Options flottantes (choix entre achats et ventes)**
- **Options à multiples actifs (modèles d'options binomiales 3D)**

Le logiciel MSLS comporte plusieurs sections, notamment des sections *Maturité* et *Commentaire*. La valeur Maturité est une valeur globale pour l'ensemble de l'option, quelque soit le nombre de treillis sous-jacents ou d'évaluations existants. Le champ Commentaire vous permet de saisir des notes personnelles, décrivant le modèle que vous êtes en train de construire. Il y a également une section *Étapes des périodes d'interdiction et d'acquisition des droits* et une liste *Variables personnalisées* semblable à celle de SLS. MSLS vous permet également de créer des feuilles d'audit. Notez que l'interface utilisateur est redimensionnable (par ex. vous pouvez cliquer et faire glisser le bord droit du formulaire pour l'élargir).

The screenshot shows the MSLS software interface with the following components:

- Menu:** Fichier, Aide
- Inputs:** Maturité (text box), Commentaire (text box)
- Actifs sous-jacents:** Table with columns: Nom, Valeur actualisée..., Volatilité (%), Notes. Contains one row with an asterisk (*).
- Variables personnalisées:** Table with columns: Nom, Valeur, Étape de... Contains one row with an asterisk (*).
- Evaluations des options:** Étapes des périodes d'interdiction et d'acquisition des droits (text box)
- Table:** Table with columns: Nom, Coût, Hors..., Dividende..., Éta..., Équation finale, Équ. Contains one row with an asterisk (*).
- Résultat:** Prêt.
- Options:** Apply the Average Volatility from Underlying Asset Lattices to Valuation Lattices; Apply the Correlated Portfolio Volatility from Underlying Asset Lattices to Valuation Lattices; Créer la feuille d'audit; Exécuter button.

Figure 8 – Résolveur de super treillis à actifs multiples (MSLS)

Pour démontrer la puissance du logiciel MSLS, voici une simple illustration. Cliquez sur *Démarrer / Programmes / Real Options Valuation / Real Options SLS / Real Options SLS*. À l'écran principal, cliquez sur *Nouveau modèle d'option à actifs multiples*, puis sélectionnez *Fichier / Exemples / Option composée séquentielle simple à deux phases*. La figure 9 illustre l'exemple MSLS chargé. Dans cet exemple simple, un seul actif sous-jacent est créé avec deux phases d'évaluation.

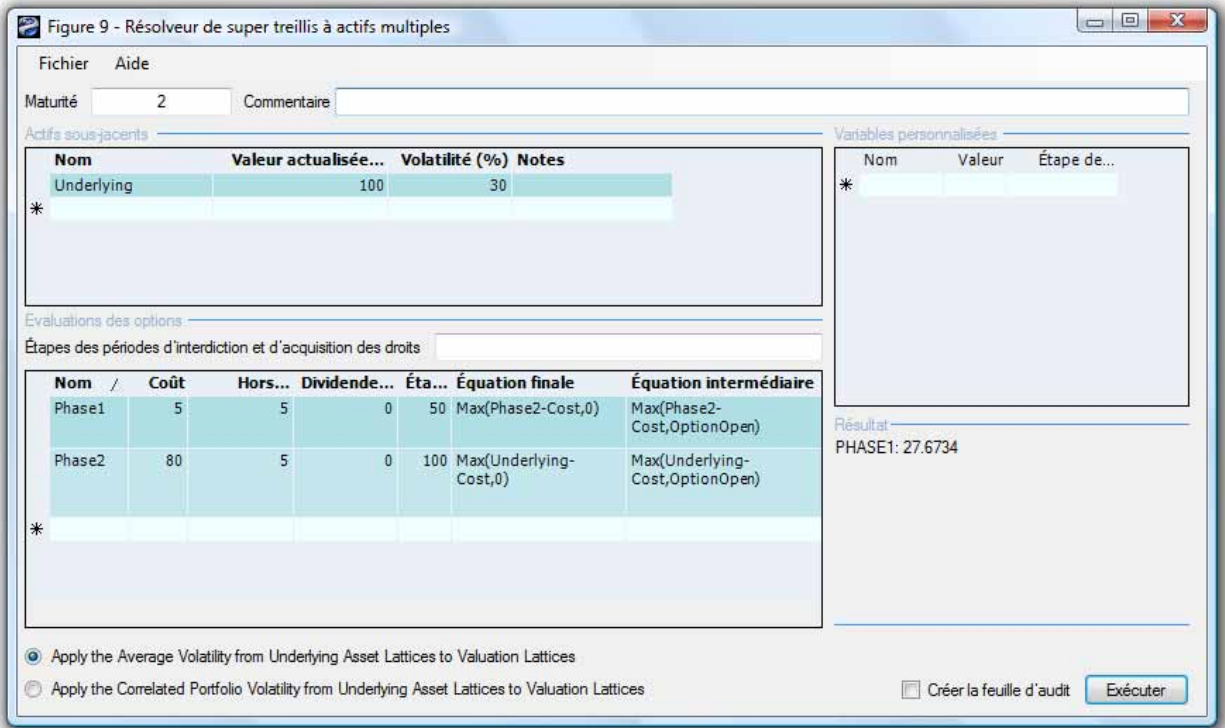


Figure 9 – Solution MSLS à une option composée séquentielle simple à deux phases

L'arbre de stratégie pour cette option est présenté à la figure 10. Le projet est exécuté en deux phases : la première phase au cours de la première année coûte 5 millions, et la deuxième phase sur une période de deux ans, mais seulement après l'exécution de la première phase, coûte 80 millions, toutes deux en dollars de valeur actualisée. La valeur actualisée de l'actif du projet est 100 millions (la VAN est donc 15 millions) et fait face à une volatilité de 30 % dans ses flux monétaires (voir l'annexe A sur la volatilité pour les calculs de la volatilité pertinents). La valeur stratégique calculée avec MSLS est de 27,67 millions, indiquant une valeur d'option de 12,67 millions. C'est-à-dire que l'étalement de l'investissement sur deux phases a une valeur considérable (une valeur attendue de 12,67 millions pour être précis).

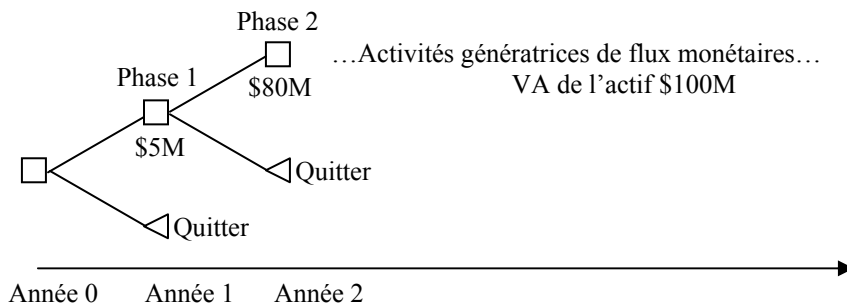


Figure 10 – Arbre de stratégie pour l'option composée séquentielle à deux phases

Résolveur de treillis multinomiaux ou Multinomial Lattice Solver (MNLS)

Le Résolveur de treillis multinomiaux ou Multinomial Lattice Solver (MNLS) est un autre module du Résolveur de super treillis d'options réelles ou Real Options Super Lattice Solver. MNLS applique des treillis multinomiaux (où plusieurs branches partent de chaque nœud), tels que des treillis trinomiaux (trois branches), quadrimomiaux (quatre branches) et pentanomiaux (cinq branches). La figure 11 illustre le module MNLS. Le module a une section d'entrées de base, où toutes les entrées communes des treillis multinomiaux sont répertoriées. Puis, il y a quatre sections avec quatre applications multinomiales différentes, comprenant les entrées et résultats requis supplémentaires pour les options d'achat et de vente américaines et européennes. Pour suivre cet exemple simple, à l'écran *principal*, cliquez sur *Nouveau modèle d'option multinomial*, puis sélectionnez *Fichier | Exemples | Trinomiale – Option d'achat américaine*, définissez le dividende sur 0 % et cliquez sur Exécuter.

Figure 11 - Multinomial Lattice Solver (Résolveur de treillis multinomiaux)

Fichier Aide

Commentaire

Type de treillis

Trinomial Trinomial de retour à la moyenne Quadrimomial de diffusion par saut Pentanomial en arc-en-ciel à deux actifs

Entrées de base

Actif sous-jacent de la valeur actualisée (€) 100 Taux de dividende (%) 0

Actif sous-jacent de la valeur actualisée 2 (€) Taux à long terme (€)

Coût d'implémentation (€) 100 Taux de retour (%)

Volatilité (%) 10 Cours du marché du risque (.)

Volatilité 2 (%) Taux de saut (%)

Taux hors risque (%) 5 Intensité de saut (.)

Maturité (années) 5 Corrélation (.)

Étapes du treillis 50 * Toutes les entrées sont des taux annualisés

Variables personnalisées

Nom de variable / Valeur	Étape de début
*	

Résultat

Treillis trinomial : 23.3975

Exécuter

Équation de nœud terminal (options à expiration)

Max(Asset-Cost, 0)

Exemple: Max(Asset - Cost, 0)

Équations personnalisées

Équation de nœud intermédiaire (options avant expiration)

Max(Asset-Cost, OptionOpen)

Exemple: Max(Asset - Cost, OptionOpen)

Équation de nœud intermédiaire (pendant l'interdiction et la période d'acquisition des droits)

Exemple: OptionOpen

Figure 11 – Résolveur de treillis multinomiaux (MNLS)

La figure 11 illustre un exemple de calcul d'option d'achat et de vente avec des treillis trinomiaux. Notez que les résultats illustrés à la figure 11 utilisant un treillis à 50 étapes sont équivalents

aux résultats illustrés à la figure 2 en utilisant un treillis binomial à 100 étapes. En fait, un treillis trinomial ou tout autre treillis multinomial fournit des réponses identiques au treillis binomial à la limite, mais la convergence est atteinte plus rapidement aux étapes plus basses. En effet, les deux produisent des résultats identiques à la limite, mais les treillis trinomiaux sont beaucoup plus difficiles et longs à calculer ; en pratique, on utilise donc plutôt le treillis binomial. Néanmoins, en utilisant le logiciel SLS, les temps de calcul ne sont que de quelques secondes, rendant ce modèle traditionnellement difficile à exécuter calculable quasi instantanément. En outre, un treillis trinomial est requis dans un cas particulier : quand l'actif sous-jacent suit un processus de retour à la moyenne.

En suivant la même logique, les treillis quadrimoniaux et pentanomiaux produisent des résultats identiques que le treillis binomial, sauf que ces treillis multinomiaux peuvent être utilisés pour résoudre les conditions limites spéciales suivantes :

- Trinomiaux : Les résultats sont identiques aux treillis binomiaux et sont particulièrement appropriés pour résoudre des actifs sous-jacents avec retour à la moyenne.
- Quadrimoniaux : Les résultats sont identiques aux treillis binomiaux et sont particulièrement appropriés pour résoudre des options dont les actifs sous-jacents suivent des processus de diffusion par saut.
- Pentanomiaux : Les résultats sont identiques aux treillis binomiaux et sont particulièrement appropriés pour résoudre deux actifs sous-jacents qui sont combinés, appelés options en arc-en-ciel (par ex. le prix et la quantité sont multipliés pour obtenir les bénéfices totaux, mais le prix et la quantité suivent chacun un treillis sous-jacent différent avec sa propre volatilité, cependant les deux paramètres sous-jacents pourraient être corrélés).

Consultez les sections portant sur les options par retour à la moyenne, par diffusion de saut et en arc-en-ciel pour de plus amples détails, des exemples et l'interprétation des résultats. De plus, comme dans les modules de treillis à actif simple et à actifs multiples, vous pouvez personnaliser ces treillis multinomiaux à l'aide de vos propres équations et variables personnalisées.

Créateur de treillis SLS

Le module Créateur de treillis est capable de générer des treillis binomiaux et des treillis de décision avec des formules visibles dans une feuille de calcul Excel (il est compatible avec Excel XP, 2003, 2007 et 2010). La figure 12 illustre un exemple d'option générée avec ce module. L'illustration montre les entrées du module (vous pouvez accéder à ce module en cliquant sur *Créer un treillis* à partir de l'*écran principal*) et le treillis de sortie résultant. Notez que les équations visibles sont reliées à la feuille de calcul existante, ce qui signifie que ce module est très pratique pour l'exécution de simulations de Monte Carlo ou pour effectuer la liaison avec d'autres modèles de feuille de calcul. Les résultats peuvent aussi être utilisés comme outil de présentation et d'apprentissage pour jeter un œil à l'intérieur de la « boîte noire » analytique des treillis binomiaux. Enfin, un treillis de décision est également disponible, avec des nœuds de décision spécifiques indiquant les temps optimaux d'exécution attendus de certaines options dans ce module. Les résultats générés à partir de ce module sont identiques à ceux générés avec les fonctions SLS et Excel, mais présentent l'avantage d'un treillis visible (des treillis contenant jusqu'à 200 étapes peuvent être générés avec ce module).

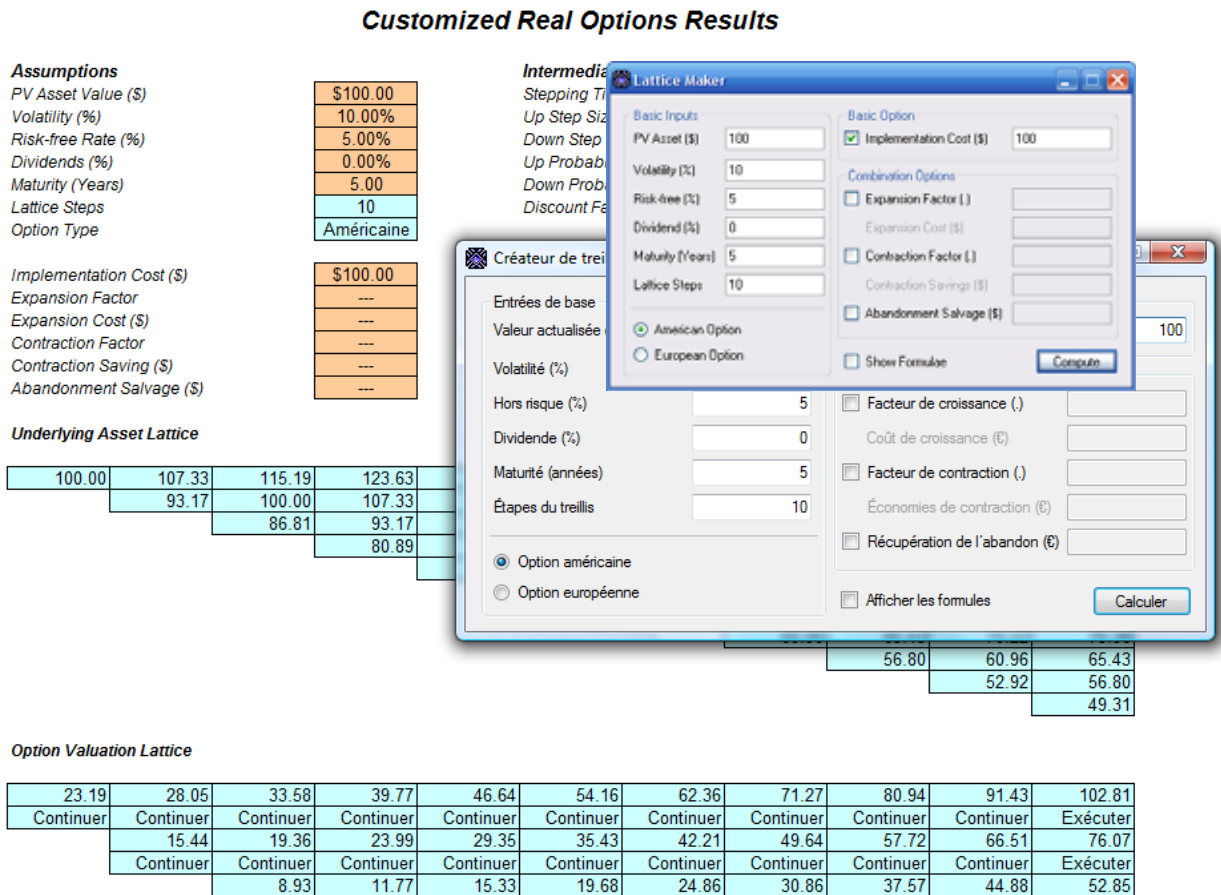


Figure 12 – Module Créateur de treillis et résultats de feuille de calcul avec équations visibles

Solution Excel SLS (modèles SLS, MSLS et à volatilité changeante dans Excel)

Le logiciel SLS vous permet aussi de créer vos propres modèles dans Excel en utilisant des fonctions personnalisées. Il s'agit d'une fonctionnalité importante car certains modèles peuvent nécessiter une liaison à partir d'autres feuilles de calcul ou bases de données, ou exécuter des macros et des fonctions Excel ; il se peut également que certaines entrées doivent être simulées ou que les entrées changent au cours de la modélisation de vos options. Cette compatibilité avec Excel vous apporte la souplesse nécessaire pour innover au sein de l'environnement de feuilles de calcul Excel. Spécifiquement, l'exemple de feuille de calcul résout les modèles SLS, MSLS et à volatilité changeante.

À titre d'illustration, la figure 13 montre une option d'abandon personnalisée résolue avec SLS (à partir du *Module à actif simple*, cliquez sur *Fichier | Exemples | Abandon – Option personnalisée*). Le même problème peut être résolu en utilisant la *solution Excel SLS* (cliquez sur *Démarrer | Programmes | Real Options Valuation | Real Options SLS | Excel Solution*). L'exemple de solution est illustré à la figure 14. Notez que les résultats sont les mêmes que vous utilisiez le logiciel SLS ou le fichier de solution Excel SLS. Vous pouvez utiliser le modèle fourni en cliquant sur *Fichier | Enregistrer sous* dans Excel et utiliser le nouveau fichier pour vos propres besoins de modélisation.

The screenshot shows the SLS software interface for solving a personalized abandonment option. The window title is "Figure 13 - Résolveur de super treillis à actif simple". The interface includes a menu bar (Fichier, Aide), a toolbar (Options SLS, Graphique de gains, Sensibilité, Scénario, Convergence), and a main area with several sections:

- Commentaire:** A text input field.
- Type d'option:** Checkboxes for Américaine, Européenne, Bermudes, and Personnalisée (all checked).
- Basic Inputs:**
 - Actif sous-jacent de la valeur actualisée (€): 120
 - Taux hors risque (%): 5
 - Coût d'implémentation (€): 90
 - Taux de dividende (%): 0
 - Maturité (années): 5
 - Volatilité (%): 25
 - Étapes du treillis: 100
- Équation de nœud final (options à expiration):** Max(Asset, Salvage)
- Équations personnalisées:**
 - Équation de nœud intermédiaire (options à expiration): Max(Salvage, OptionOpen)
 - Équation de nœud intermédiaire (pendant l'interdiction et la période d'acquisition des droits): OptionOpen
- Variables personnalisées:**

Nom de variable	Valeur	Étape de début
Salvage	90	0
Salvage	95	21
Salvage	100	41
Salvage	105	61
Salvage	110	81
- Référence:**

	Achat (call)	Vente (put)
Black-Scholes	54.39	4.48
Américaine à forme fermée	54.39	5.36
Européenne binomiale	54.39	4.48
Américaine binomiale	54.39	5.44
- Résultat:** Option personnalisée : 130.3154

Buttons at the bottom include "Créer la feuille d'audit", "Exécuter", and "Imprimer". The status bar at the bottom left says "Prêt."

Figure 13 – Option d'abandon personnalisée avec SLS

	A	B	C	D	E	F
1						
2		SUPER LATTICE SOLVER (SINGLE ASSET)				
3						
4	Option Type				Custom Variables List	
5	PV Underlying Asset		\$120.00		Variable Name	Value
6	Annualized Volatility		25.00%		Salvage	90.00
7	Maturity (Years)		5.00		Salvage	95.00
8	Implementation Cost		\$0.00		Salvage	100.00
9	Risk-Free Rate		5.00%		Salvage	105.00
10	Dividend Yield		0.00%		Salvage	110.00
11	Lattice Steps		100			
12	Terminal Equation		MAX(Asset, Salvage)			
13	Intermediate Equation		MAX(Salvage, @@)			
14	Intermediate Equation During Blackout		@@			
15	Blackout Steps		0-10			
16						
17						
18	Super Lattice Solver Result		\$130.3154			
19						
20	Note: This is the Excel version of the Super Lattice Solver, useful when running simulations or when linking to and from other spreadsheets.					
21	Use this sample spreadsheet for your models. You can simply click on File, Save As to save as a different file and start using the model.					
22	For the option type, set 0 = American, 1 = European, 2 = Bermudan, 3 = Custom					
23	The function used is: <i>SLSSingle</i>					

Figure 14 – Option d’abandon personnalisée avec la solution Excel SLS

La seule différence est que dans la solution Excel, la fonction (cellule B18 à la figure 14) a une entrée supplémentaire, spécifiquement le *Type d’option*. Définissez la valeur du type d’option sur 0 pour une option américaine, sur 1 pour une option européenne, sur 2 pour une option des Bermudes et sur 3 pour les options personnalisées.

Similairement, MSLS peut aussi être résolu en utilisant le résolveur Excel SLS. La figure 15 montre une option composée séquentielle complexe à phases multiples résolue avec le résolveur Excel SLS. Les résultats affichés sont identiques aux résultats générés à partir du module MSLS (exemple de fichier : *Option composée séquentielle complexe à phases multiples*). Attention : si vous augmentez ou réduisez le nombre de treillis d’évaluation d’option, n’oubliez pas de changer le lien de la fonction pour que les résultats MSLS incorporent le nombre de lignes correct, sinon l’analyse ne sera pas calculée correctement. Par exemple, la valeur par défaut montre 3 treillis d’évaluation d’option, et en sélectionnant la cellule des résultats MSLS dans la feuille de calcul et en cliquant sur *Insérer | Fonction*, vous verrez que la fonction est reliée aux cellules A24:H26 pour ces trois lignes pour l’entrée OVLattices dans la fonction. Si vous ajoutez un autre treillis d’évaluation d’option, modifiez le lien et utilisez A24:H27, et ainsi de suite. Vous pouvez également laisser la liste de variables personnalisées telle quelle. Les résultats ne seront pas affectés si ces variables ne sont pas utilisées dans les équations personnalisées.

Enfin, la figure 16 montre une option avec volatilité changeante et taux hors risque changeant. Dans ce modèle, les résultats de volatilité et hors risque sont autorisés à changer dans le temps et un treillis sans recombinaison est requis pour résoudre l’option. Dans la plupart des cas, il est recommandé de créer des modèles d’option sans modifier la structure du terme de volatilité car l’obtention d’une volatilité simple étant déjà difficile, l’obtention d’une série de volatilités changeant dans le temps l’est encore plus. Si différentes volatilités qui sont incertaines doivent être modélisées, exécutez plutôt une simulation de Monte Carlo sur les volatilités. N’utilisez ce modèle que quand les volatilités sont robustement modélisées, sont plutôt certaines, et changent dans le temps. Le même conseil s’applique à la modification de la structure du terme de taux hors risque.

MULTIPLE SUPER LATTICE SOLVER (MULTIPLE ASSET & MULTIPLE PHASES)

Maturity (Years)	5.00
Blackout Steps	0-20
Correlation*	

MSLS Result \$134.0802

Underlying Asset Lattices

Lattice Name	PV Asset	Volatility
Underlying	100.00	25.00

Custom Variables

Name	Value	Starting Steps
Salvage	100.00	31
Salvage	90.00	11
Salvage	80.00	0
Contract	0.90	0
Expansion	1.50	0
Savings	20.00	0

Option Valuation Lattices

Lattice Name	Cost	Riskfree	Dividend	Steps	Terminal Equation	Intermediate Equation	Intermediate Equation for Blackout
Phase3	50.00	5.00	0.00	50	Max(Underlying*Expansion-Cost, Underlying, Salvage)	Max(Underlying*Expansion-Cost, Salvage, @@)	@@
Phase2	0.00	5.00	0.00	30	Max(Phase3, Phase3*Contract+Savings, Salvage, 0)	Max(Phase3*Contract+Savings, Salvage, @@)	@@
Phase1	0.00	5.00	0.00	10	Max(Phase2, Salvage, 0)	Max(Salvage, @@)	@@

Note: This is the Excel version of the Multiple Super Lattice Solver, useful when running simulations or when linking to and from other spreadsheets. Use this sample spreadsheet for your models. You can simply click on File, Save As to save as a different file and start using the model.
 *Because this is an Excel solution, the correlation function is not supported and is linked to an empty cell.

Figure 15 – Option composée séquentielle complexe avec le résolveur Excel SLS

Changing Volatility and Risk-Free Rates

Assumptions		Results	
PV Asset (\$)	\$100.00	Generalized Black-Scholes	\$48.78
Implementation Cost (\$)	\$100.00	10-Step Super Lattice	\$49.15
Maturity in Years (.)	10.00	Super Lattice Steps	10 Steps <input type="button" value="v"/>
Vesting in Years (.)	4.00		
Dividend Rate (%)	0.00%		

Additional Assumptions			
	<i>Year</i>	<i>Risk-free %</i>	
	1.00	5.00%	
	2.00	5.00%	
	3.00	5.00%	
	4.00	5.00%	
	5.00	5.00%	
	6.00	5.00%	
	7.00	5.00%	
	8.00	5.00%	
	9.00	5.00%	
	10.00	5.00%	
		<i>Year</i>	<i>Volatility %</i>
		1.00	20.00%
		2.00	20.00%
		3.00	20.00%
		4.00	20.00%
		5.00	20.00%
		6.00	30.00%
		7.00	30.00%
		8.00	30.00%
		9.00	30.00%
		10.00	30.00%

Please be aware that by applying multiple changing volatilities over time, a non-recombining lattice is required, which increases the computation time significantly. In addition, only smaller lattice steps may be computed. The function used is: SLSBinomialChangingVolatility

Figure 16 – Option avec volatilité changeante et taux hors risque changeant

Fonctions SLS

Le logiciel fournit aussi une série de fonctions SLS qui sont directement accessibles dans Excel. Pour illustrer leur utilisation, lancez les fonctions SLS en cliquant sur *Démarrer / Programmes / Real Options Valuation / Real Options SLS / SLS Functions*, et Excel démarrera. Une fois dans Excel, vous pouvez cliquer sur l'icône de l'assistant de fonctions ou simplement sélectionner une cellule vide et cliquer sur *Insérer / Fonction*. Quand vous êtes dans l'assistant de fonctions Excel, sélectionnez la catégorie *TOUTES* et faites défiler la liste jusqu'aux fonctions commençant par le préfixe SLS. Vous verrez une liste de fonctions SLS prêtes à l'emploi dans Excel. La figure 17 illustre l'assistant de fonctions Excel.

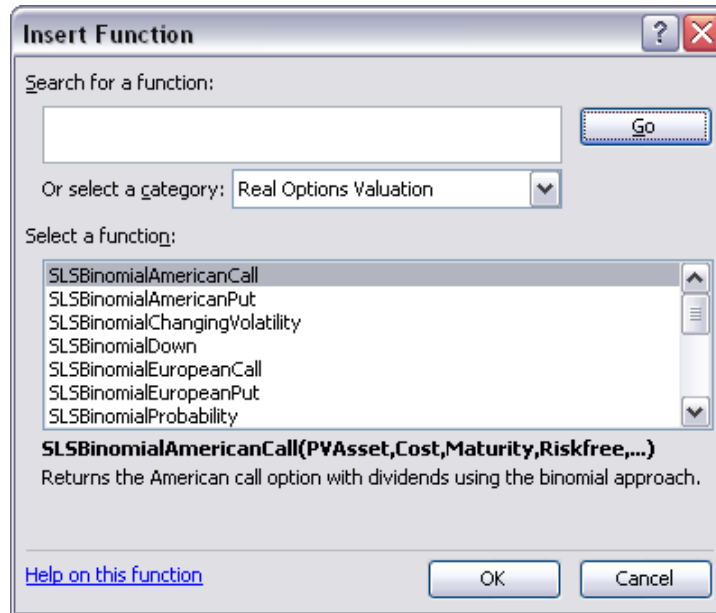
Lancez le module des fonctions Excel et sélectionnez la catégorie TOUTES dans l'assistant de fonctions Excel, puis faites défiler la liste pour accéder aux fonctions SLS.

Vous devrez peut-être vérifier vos paramètres de sécurité de macros avant de commencer dans Excel XP/2003 (cliquez sur Outils, Macro, Sécurité, et vérifiez que le niveau de sécurité est défini sur Moyen ou inférieur) ainsi que dans Excel 2007/2010 (cliquez sur le grand bouton Office dans le coin supérieur gauche d'Excel, puis sur Options Excel, Centre de gestion de la confidentialité, Paramètres du Centre de gestion de la confidentialité, Compléments, décochez les 3 options, puis cliquez sur Paramètres des macros et sélectionnez Activer toutes les macros et cochez Accès approuvé au modèle d'objet du projet VBA, puis cliquez sur OK).

Supposez que vous sélectionniez la première fonction, *SLSBinomialAmericanCall*, et cliquez sur OK. La figure 17 montre comment la fonction peut être reliée à un modèle Excel existant. Les valeurs dans les cellules B1 à B7 peuvent être reliées à partir d'autres modèles ou feuilles de calcul, peuvent être créées à l'aide de macros VBA, ou peuvent être dynamiques et changeantes comme lors de l'exécution d'une simulation.

Remarque : Certaines fonctions nécessitent de nombreuses variables d'entrée et l'assistant d'équations Excel ne peut afficher que 5 variables à la fois. N'oubliez donc pas de faire défiler la liste des variables en cliquant sur la barre de défilement vertical pour accéder au reste des variables.

Si vous êtes un nouvel utilisateur de Real Options SLS ou avez mis à niveau à partir d'une version plus ancienne, prenez le temps de lire attentivement les notes clés et conseils pour SLS aux pages suivantes afin de vous familiariser avec les subtilités de modélisation du logiciel.



	A	B
1	<i>PV Asset</i>	\$100.00
2	<i>Cost</i>	\$100.00
3	<i>Maturity</i>	1
4	<i>Risk-Free</i>	5%
5	<i>Volatility</i>	25%
6	<i>Dividend</i>	0%
7	<i>Steps</i>	100
8		
9	Result	\$12.31
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		

SUM X ✓ ✖ =SLSBinomialAmericanCall(B1,B2,B3,B4,B5,B6,B7)

Function Arguments

SLSBinomialAmericanCall

PVAsset B1 = 100

Cost B2 = 100

Maturity B3 = 1

Riskfree B4 = 0.05

Volatility B5 = 0.25

= 12.31130972

Returns the American call option with dividends using the binomial approach.

PVAsset

Formula result = 12.31130972

[Help on this function](#)

OK Cancel

Figure 17 – Assistant de fonctions Excel

Évaluateur d'options financières exotiques

L'Évaluateur d'options financières exotiques est un calculateur complet de plus de 250 fonctions et modèles, des options de base aux options exotiques (par ex. Black-Scholes, treillis multinomiaux, équations différentielles à forme fermée et méthodes analytiques pour évaluer les options exotiques, ainsi que d'autres modèles ayant trait aux options comme les options sur obligations, les calculs de volatilité, la couverture delta-gamma, etc.). La figure 18 illustre cet Évaluateur. Vous pouvez cliquer sur le bouton *Charger les valeurs échantillons* pour charger des exemples et vous lancer. Puis sélectionnez la *catégorie de modèle* (panneau gauche) de votre choix et sélectionnez le *modèle* (panneau droit) que vous souhaitez exécuter. Cliquez sur *CALCULER* pour obtenir le résultat. Notez que cet évaluateur complète les outils logiciels ROV Risk Modeler et ROV Valuator, avec plus de 800 fonctions et modèles, également développés by Real Options Valuation, Inc. (ROV), qui sont capables de s'exécuter à des vitesses très élevées, de traiter des jeux de données volumineux et de se relier à des bases de données conformes ODBC existantes (par ex. Oracle, SAP, Access, Excel, CSV, etc.). Enfin, si vous voulez accéder à ces 800 fonctions (y compris celles de cet Évaluateur d'options financières exotiques), utilisez plutôt le logiciel ROV Modeling Toolkit, où, en plus de l'accès à ces fonctions et plus, vous pouvez exécuter une simulation de Monte Carlo sur vos modèles en utilisant le Simulateur de risques de ROV.

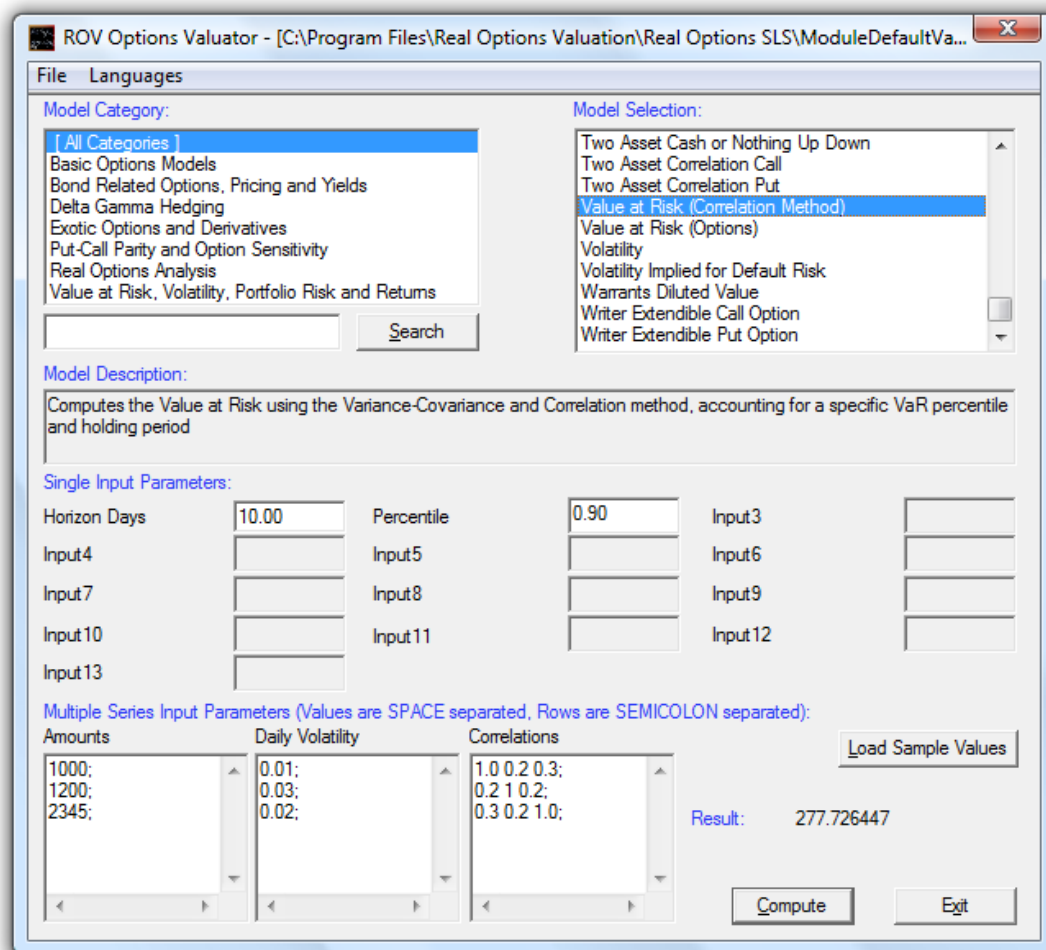


Figure 18 – Évaluateur d'options financières exotiques

Graphiques de gains, analyses Tornado, de convergence, de scénario et, sensibilité, Graphiques de gains, analyse de sensibilité, Monte Carlo Simulation et Arbre de stratégie

Le module principal Résolveur de super treillis à actif simple fournit aussi des graphiques de gains, des tableaux de sensibilité, des analyses de scénarios et des analyses de convergence (figure 18A). Pour exécuter ces analyses, commencez par créer un nouveau modèle ou ouvrir et exécuter un modèle existant (par ex. à partir du premier onglet *Résolveurs de super treillis d'options*, cliquez sur *Fichier, Exemples*, et sélectionnez *Classique Vanille – Option d'achat I*, puis cliquez sur *Exécuter* pour calculer la valeur de l'option, et cliquez sur n'importe quel onglet). Pour utiliser ces outils, vous devez d'abord spécifier un modèle dans l'onglet *Options SLS* principal. Voici de brèves explications de ces onglets et de l'utilisation des contrôles correspondants, comme illustré à la figure 18A :

Graphique de gains : L'onglet *Graphique de gains (A)* vous permet de générer un graphique de gains d'option typique, où vous pouvez choisir la variable d'entrée pour laquelle générer le graphique (*B*) en saisissant des valeurs minimum et maximum (*C*) ainsi que la taille de l'étape/incrément (par ex. une valeur minimum de 20 et une valeur maximum de 200 avec un incrément de 10 exécute l'analyse pour les valeurs 20, 30, 40, ..., 180, 190, 200) et les étapes du treillis (plus le nombre d'étapes du treillis est bas, plus l'analyse s'exécute rapidement mais moins les résultats sont précis—consultez la discussion suivante portant sur la *convergence des étapes du treillis* pour de plus amples détails). Cliquez sur *Mettre le graphique à jour (D)* pour obtenir un nouveau graphique de gains (*E*) à chaque fois. Par défaut, c'est un graphique linéaire (*F*) qui s'affiche, mais vous pouvez aussi choisir un graphique à sections ou à barres, et le graphique et le tableau générés peuvent être copiés et collés dans d'autres applications ou imprimés tels quels (*G*). Si vous ne saisissez pas de valeurs minimum et maximum, le logiciel choisit automatiquement des valeurs de test par défaut pour vous, la valeur actualisée de l'actif sous-jacent est choisie par défaut et le graphique de gains en bâtons typique s'affiche. Enfin, vous verrez un message d'avertissement si une ou plusieurs des entrées d'origine sont de zéro, vous demandant d'insérer manuellement ces valeurs minimum, maximum, et d'incrément pour générer le graphique de gains.

Analyse de sensibilité Tornado : L'onglet *Sensibilité (H)* effectue un calcul rapide de la sensibilité statique de chaque variable d'entrée du modèle l'une après l'autre, et répertorie les valeurs de celle ayant l'impact le plus important à celle ayant l'impact le moins important. Vous pouvez contrôler le type d'option, les étapes du treillis et le pourcentage de sensibilité à tester (*I*). Les résultats s'affichent sous la forme d'un graphique Tornado (*J*) et d'un tableau d'analyse de sensibilité (*K*). L'analyse Tornado capture l'impact statique de chaque variable d'entrée sur le résultat de la valeur de l'option en perturbant automatiquement chaque entrée d'un montant $\pm\%$ prédéfini, capture la fluctuation du résultat de la valeur de l'option et répertorie les perturbations résultantes de la plus significative à la moins significative. Les résultats s'affichent sous la forme d'un tableau de sensibilité avec la valeur de référence de début, les côtés inférieur et supérieur de l'entrée perturbés, les côtés inférieur et supérieur de la valeur de l'option résultants, et l'impact absolu. Les variables de précédents sont classées de celle avec l'impact le plus important à celle avec l'impact le moins important. Le graphique Tornado illustre ces données sous forme graphique. Les barres vertes indiquent un effet positif et les barres rouges un effet négatif sur la valeur de l'option. Par exemple, la barre rouge du coût d'implémentation se trouve sur le côté droit, indiquant un effet négatif sur le coût de l'investissement—en d'autres termes, pour une option d'achat simple, le coût d'implémentation (prix d'exercice de l'option) et la valeur de l'option sont corrélés négativement. L'inverse est vrai pour la valeur actualisée de l'actif sous-jacent (prix de l'action) quand la barre verte se trouve sur le côté droit du graphique, indiquant une corrélation positive entre l'entrée et la sortie.

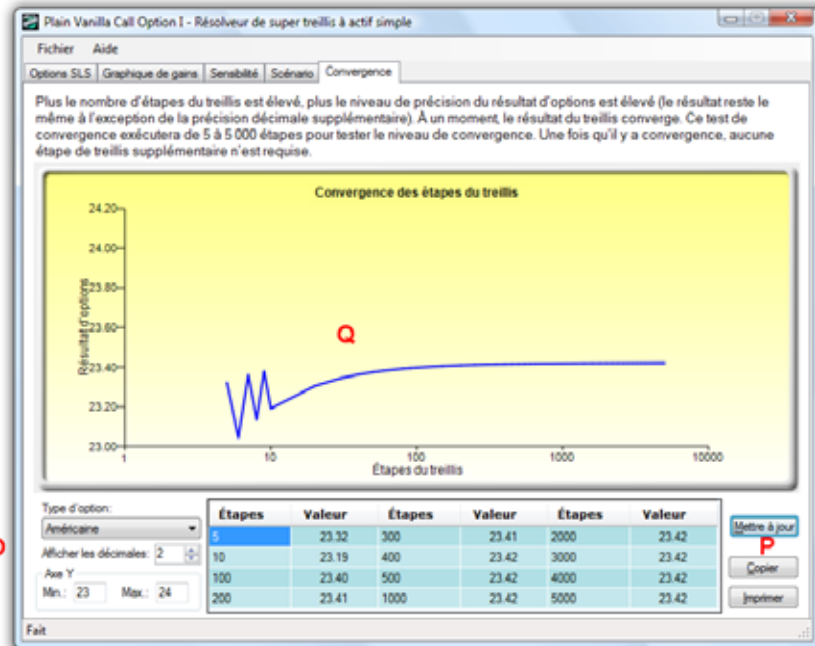
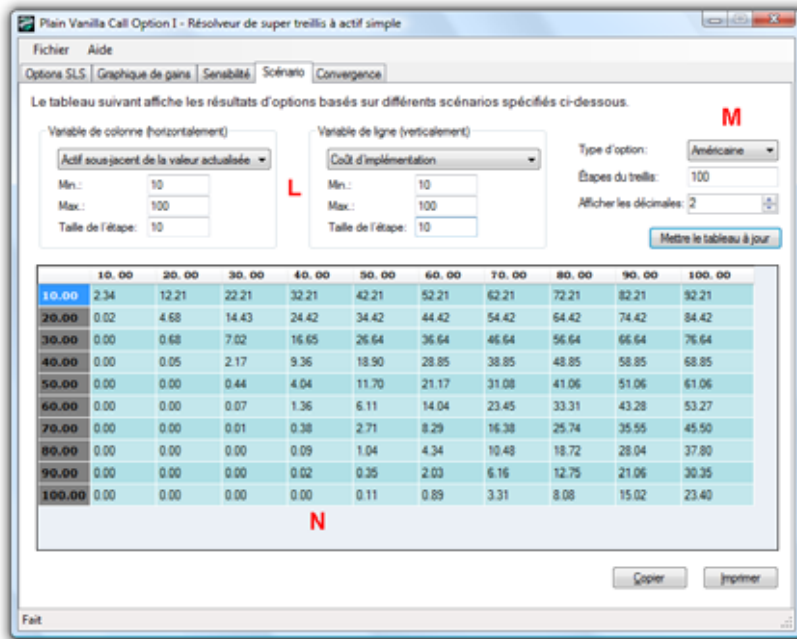
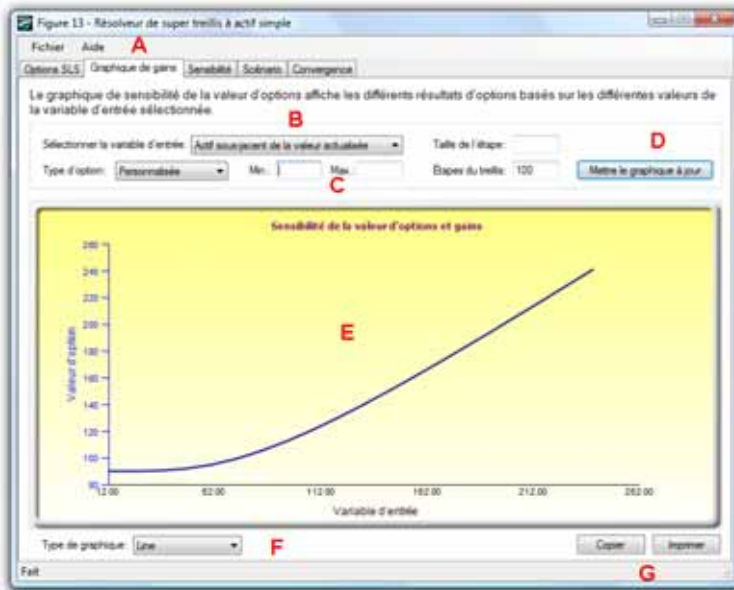
Analyse de scénario : L'onglet *Scénario* exécute un scénario bidimensionnel de deux variables d'entrée (*L*) en s'appuyant sur le type d'option et les étapes de treillis sélectionnés (*M*) et renvoie un tableau d'analyse de scénario (*N*) des valeurs de l'option résultantes d'après les diverses combinaisons d'entrées.

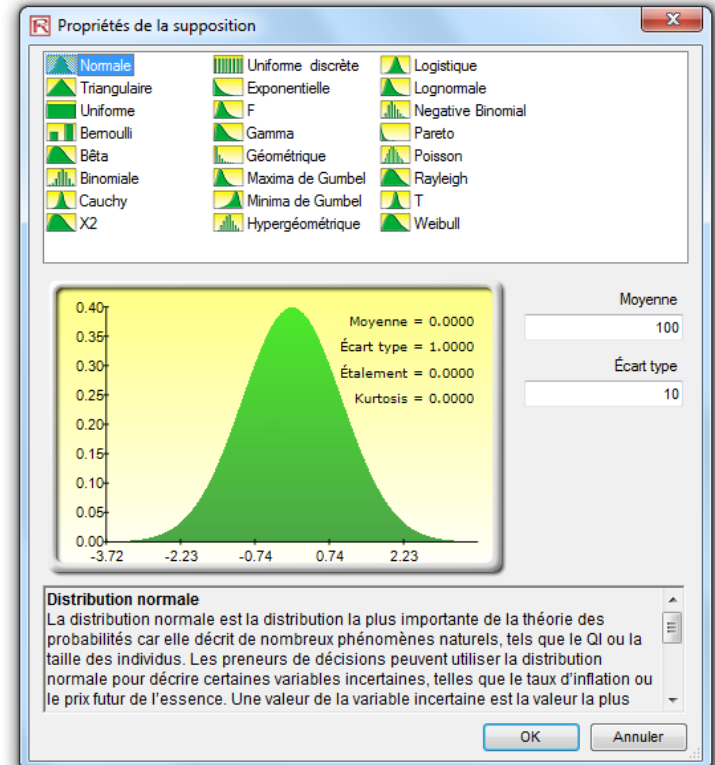
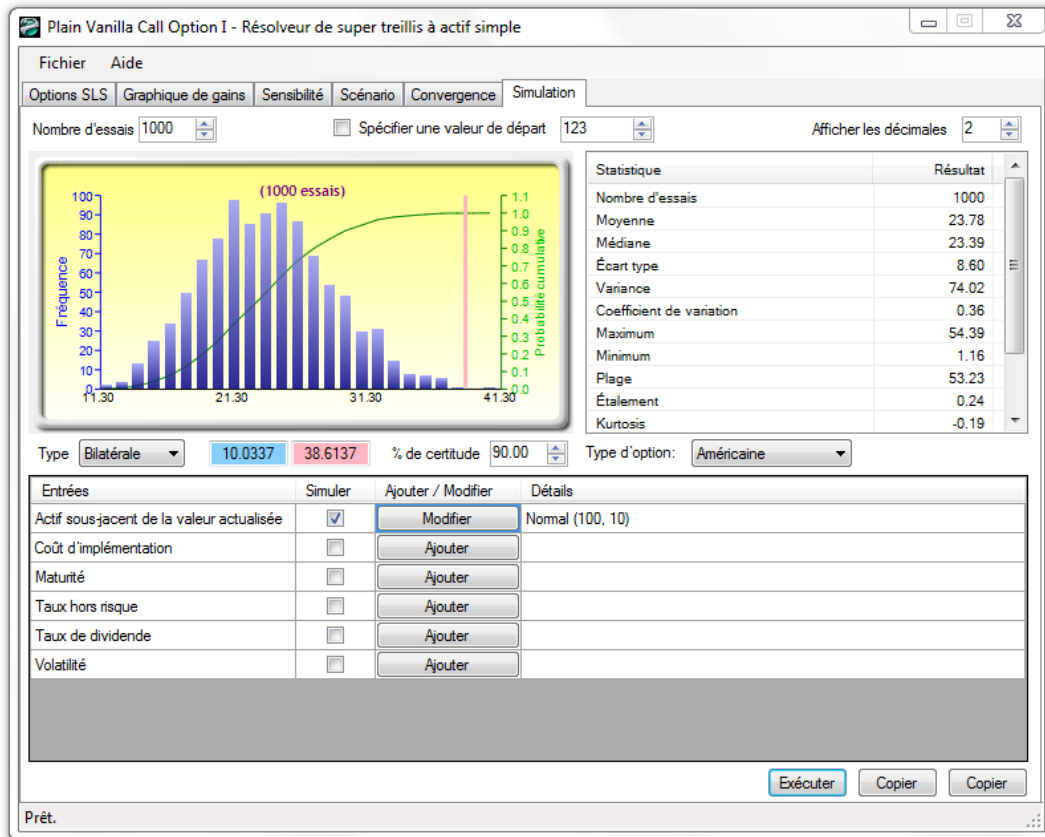
Analyse de convergence des étapes du treillis : L'onglet *Convergence* affiche les résultats de l'option de 5 à 5 000 étapes, où plus le nombre d'étapes est élevé, plus le niveau de précision est élevé (la granularité du treillis augmente), et où à un moment donné, les résultats du treillis convergent et une fois la convergence obtenue, aucune étape de treillis supplémentaire n'est requise. Le nombre d'étapes est défini par défaut, de 5 à 5 000, mais vous pouvez sélectionner le type d'option et le nombre de décimales à afficher (*O*) : le tableau de convergence s'affiche (*Q*) en fonction de votre sélection. Vous pouvez aussi copier et imprimer le tableau avec le graphique si nécessaire (*P*).

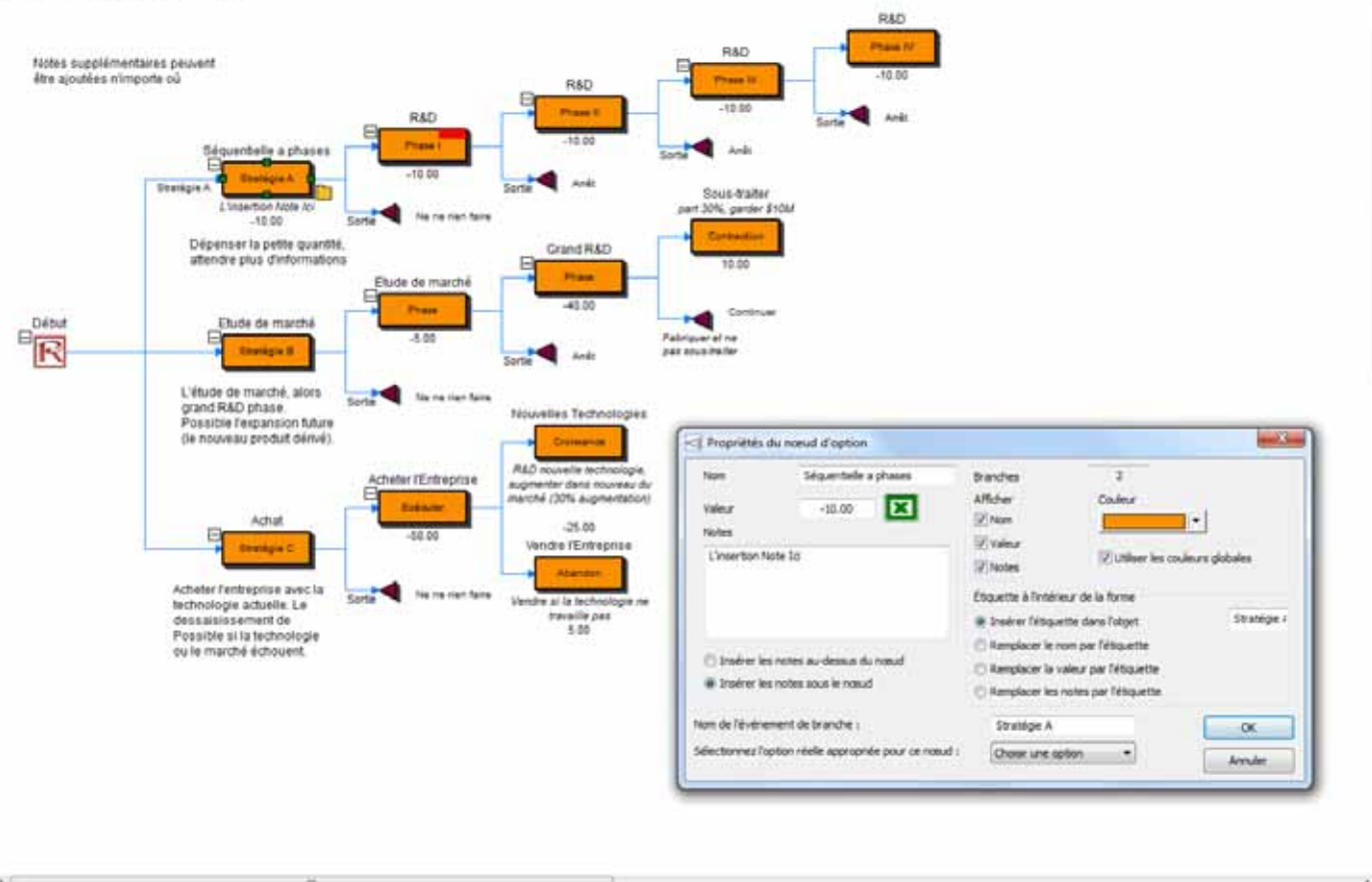
Le module ROV Strategy Tree est un module facile à utiliser permettant de créer des représentations d'options réelles stratégiques attrayantes visuellement. Ce module sert à simplifier le tracé et la création d'arbres de stratégie mais ne permet pas d'effectuer une modélisation d'évaluation sur la base d'options réelles à proprement parler (pour une véritable modélisation, utilisez les modules du logiciel Real Options SLS). Ci-dessous sont répertoriés certains conseils pratiques et procédures essentiels de démarrage rapide en vue de l'utilisation de cet outil intuitif :

- 11 langues localisées sont disponibles dans ce module et le langage actuel peut être modifié via le menu Langue.
- Vous pouvez *Insérer des nœuds d'option* ou *Insérer des nœuds terminaux* en sélectionnant d'abord tout nœud existant puis en cliquant sur l'icône de nœud d'option (carré) ou l'icône de nœud terminal (triangle), ou bien utiliser les fonctions du menu *Insertion*.
- Modifiez les propriétés individuelles des *Nœuds d'option* ou des *Nœuds terminaux* en double-cliquant sur un nœud. Parfois, lorsque vous cliquez sur un nœud, tous les nœuds enfants suivants sont également sélectionnés (cela vous permet de déplacer l'ensemble de l'arbre à partir du nœud sélectionné). Si vous souhaitez sélectionner uniquement ce nœud, vous devrez cliquer sur l'arrière-plan vide et re cliquer sur le nœud pour le sélectionner individuellement. Vous pouvez également déplacer les nœuds séparément ou la totalité de l'arbre depuis le nœud sélectionné en fonction des paramètres actuels (faites un clic-droit, ou dans le menu *Édition*, et sélectionnez *Déplacer les nœuds séparément* ou *Déplacer tous les nœuds*).
- Ci-dessous sont décrits brièvement les éléments pouvant être personnalisés et configurés dans l'interface utilisateur des propriétés des nœuds. Le plus simple est d'essayer différents paramètres pour chacun des éléments suivants afin d'en observer les effets sur l'arbre de stratégie :
 - *Nom*. Nom apparaissant au-dessus du nœud.
 - *Valeur*. Valeur apparaissant en dessous du nœud.
 - *Lien vers Excel*. Crée un lien vers la valeur à partir d'une cellule de feuille de calcul Excel.
 - *Notes*. Des notes peuvent être insérées au-dessus ou en dessous d'un nœud.
 - *Afficher dans le modèle*. Affiche toute combinaison possible entre un Nom, une Valeur et des Notes.
 - *Couleur locale* par opposition à *Couleur globale*. La couleur des nœuds peut être modifiée localement à l'échelle d'un seul nœud ou globalement, sur la totalité des nœuds.
 - *Insérer une étiquette dans la forme*. Il est possible d'insérer du texte dans le nœud (vous devrez peut-être élargir le nœud pour l'adapter à la longueur du texte).
 - *Nom d'événement sur la branche*. Vous pouvez insérer du texte sur la branche menant au nœud afin d'indiquer l'événement qui est à l'origine de ce nœud.

- *Sélectionner des options réelles*. Un type spécifique d'option réelle peut être attribué au nœud courant. L'attribution d'options réelles aux nœuds permet à l'outil de créer une liste des variables d'entrée requises.
- Les *Éléments globaux* sont tous personnalisables, y compris les éléments de l'*Arrière-plan*, des *Lignes de liaison*, des *Nœuds d'option*, des *Nœuds terminaux* et des *Zones de texte* de l'arbre de stratégie. Par exemple, les paramètres suivants peuvent être modifiés pour chacun des éléments :
 - Les paramètres de *Police* pour le Nom, la Valeur, les Notes, l'Étiquette et les Noms d'événement.
 - La *Taille du nœud* (hauteur et largeur minimales et maximales).
 - Les *Bordures* (styles de ligne, largeur et couleur).
 - Les *Ombres* (couleurs et application ou non d'une ombre).
 - La *Couleur globale*.
 - La *Forme globale*.
- La commande de la fenêtre *Afficher les informations requises* du menu *Édition* ouvre une fenêtre ancrée sur la droite de l'arbre de stratégie, de manière à ce que, lorsqu'un nœud d'option ou un nœud terminal est sélectionné, les propriétés de ce nœud soient affichées et puissent être mises à jour directement. Cette fonctionnalité est une solution qui permet d'éviter de double-cliquer à chaque fois sur un nœud.
- Des *Fichiers d'exemple* sont disponibles dans le menu *Fichier* pour vous aider à vous lancer dans la construction d'arbres de stratégie.
- La commande *Protéger le fichier* du menu *Fichier* permet de crypter l'arbre de stratégie au moyen d'un cryptage par mot de passe pouvant aller jusqu'à 256 bits. Soyez vigilant lorsqu'un fichier est crypté car si le mot de passe est perdu, le fichier ne peut plus être ouvert.
- La *Capture d'écran* ou l'impression du modèle existant est possible depuis le menu *Fichier*. L'écran capturé peut ensuite être collé dans d'autres applications logicielles.
- Il est possible d'*Ajouter*, *Dupliquer*, *Renommer* et *Supprimer un arbre de stratégie* via un clic-droit sur l'onglet de l'arbre de stratégie ou via le menu *Édition*.
- Vous pouvez également *Insérer un lien fichier* et *Insérer un commentaire* sur n'importe quel nœud d'option ou terminal, ou bien *Insérer du texte* ou *Insérer une image* n'importe où dans l'arrière-plan ou dans la zone du canevas.
- Vous pouvez *Changer les styles existants*, ou *Gérer et créer des styles personnalisés* de votre arbre de stratégie (ce qui inclut la taille, la forme, les modèles de couleurs et les spécifications de taille et de couleur de police pour la totalité de l'arbre de stratégie).







Propriétés du nœud d'option

Nom: Séquentielle à phases

Valeur: -10.00

Notes: L'insertion Note 10

Branches: 3

Afficher: Non Valeur Notes

Étiquette à l'intérieur de la forme: Insérer l'étiquette dans l'objet Remplacer le nom par l'étiquette Remplacer la valeur par l'étiquette Remplacer les notes par l'étiquette

Stratégie: A

Choix: une option

OK Annuler

Données requises

Variables requises	Valeurs ou notes
VARIABLES GÉNÉRALES	
Valeur de l'actif	
Volatilité annualisée	
Taux de dividende	
Taux hors risque	
PHASE [1.2.1]	
Coût d'implémentation	
Maturité en années	
PHASE [1.2.1.1]	
Coût d'implémentation	
Maturité en années	
CONTRACTION	
Facteur de contraction	
Économies de contraction	
Maturité en années	
EXÉCUTER	
Coût d'implémentation	
Maturité en années	
CROISSANCE	
Facteur de croissance	
Coût de croissance	
Maturité en années	
ABANDON	
Valeur de récupération	
Maturité en années	

Copier

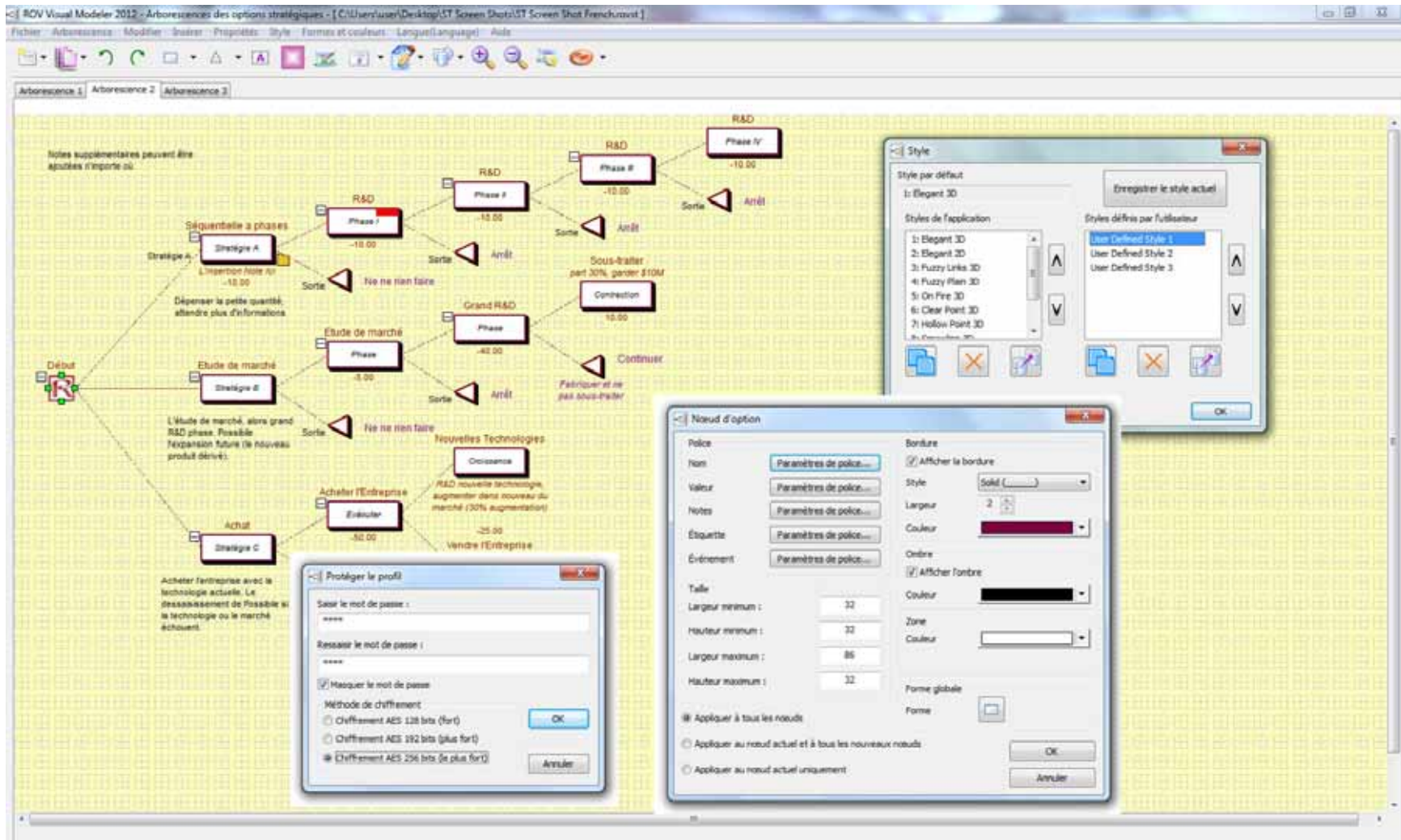


Figure 18A – Graphiques de gains, analyse de sensibilité, tableaux de scénario, analyse de convergence, Monte Carlo Simulation et Arborescence

Notes clés et conseils pour SLS

Vous trouverez ci-dessous les modifications notables depuis la version précédente, ainsi que des conseils sur l'utilisation du Résolveur de super treillis d'options réelles :

- Le **Manuel d'utilisation** est accessible à partir de SLS, MSLS ou MNLS. Par exemple, lancez le logiciel Résolveur de super treillis d'options réelles et créez un nouveau modèle ou ouvrez un modèle SLS, MSLS ou MNLS existant. Puis, cliquez sur [Aide | Manuel d'utilisation](#).
- Les **fichiers d'exemple** sont accessibles directement à partir de l'écran principal ; quand vous êtes dans un modèle SLS, MSLS ou MNLS, cliquez sur [Fichier | Exemples](#).
- Les informations de **licence** sont accessibles à partir de SLS, MSLS ou MNLS en cliquant sur [Aide | À propos de](#).
- Une **liste de variables** est disponible dans SLS, MSLS et MNLS en cliquant sur [Aide | Liste des variables](#). Spécifiquement, les variables et opérateurs suivants sont autorisés dans les champs d'équations personnalisées :
 - Asset – La valeur de l'actif sous-jacent à l'étape actuelle (en devise)
 - Cost – Le coût d'implémentation (en devise)
 - Dividend – La valeur du dividende (en pourcentage)
 - Maturity – Les années pour atteindre la maturité (en années)
 - OptionOpen – La valeur de conserver l'option ouverte (@@ dans la version 1.0)
 - RiskFree – Le taux hors risque annualisé (en pourcentage)
 - Step – Le nombre entier représentant l'étape actuelle dans le treillis
 - Volatility – La volatilité annualisée (en pourcentage)
 - - – Soustraire
 - ! – Pas
 - !=, <> – Différent de
 - & – Et
 - * – Multiplier
 - / – Diviser
 - ^ – Puissance
 - | – Ou
 - + – Ajouter
 - <, >, <=, >= – Comparaisons
 - = – Égal à
- **OptionOpen aux nœuds terminaux** dans SLS ou MSLS. Si *OptionOpen* est spécifié comme équation de nœud terminal, la valeur sera toujours évaluée comme erreur NaN (*Not a Number*, pas un nombre). Il s'agit clairement d'une erreur de l'utilisateur car *OptionOpen* ne peut pas s'appliquer aux nœuds terminaux.
- **Intervalle non spécifié de variables personnalisées**. Si un intervalle spécifié avec une variable personnalisée n'a pas de valeur, la valeur est supposée égale à zéro. Par exemple, supposez un modèle avec 10 étapes et une variable personnalisée *myVar* de valeur 5 commençant à l'étape 6. Cette spécification signifie que *myVar* sera remplacée par la valeur 5 à partir de l'étape 6. Cependant, le modèle ne spécifie pas la valeur de *myVar* des étapes 0 à 5. Dans cette situation, la valeur de *myVar* est supposée égale à zéro des étapes 0 à 5.
- **Compatibilité avec SLS 1.0**. Le logiciel Super Lattice Solver (Résolveur de super treillis) a une interface utilisateur similaire à celle de la version précédente, sauf que les modules SLS, MSLS, MNLS et Créateur de treillis sont tous intégrés à l'écran principal. Les fichiers de données créés

dans SLS 1.0 peuvent être chargés dans SLS. Cependant, comme SLS inclut des fonctionnalités avancées qui n'existaient pas dans la version précédente, il est possible que vous deviez légèrement modifier les modèles créés dans SLS 1.0 pour qu'ils s'exécutent dans SLS. Voici la liste des différences entre SLS 1.0 et SLS :

- La variable « @@ » dans SLS 1.0 a été remplacée par « *OptionOpen* » dans SLS. Ainsi, SLS reconnaît toujours « @@ » comme une variable spéciale et la convertit automatiquement en « *OptionOpen* » avant son exécution. Par conséquent, il existe un problème potentiel car un modèle qui définit « OptionOpen » comme variable personnalisée contiendra des erreurs car OptionOpen est désormais une variable spéciale.
- Un modèle qui utilise une fonction de feuille de calcul avancée dans les équations personnalisées ne fonctionnera pas. Les fonctions prises en charge incluent :
 - ABS, ACOS, ASIN, ATAN2, ATAN, CEILING, COS, COSH, EXP, FLOOR, LOG, MAX, MIN, REMAINDER, ROUND, SIN, SINH, SQRT, TAN, TANH, TRUNCATE et IF.
- Les variables dans SLS sont sensibles à la casse, à l'exception des noms de fonctions. Les modèles mélangeant les cases ne fonctionneront pas dans SLS. Nous vous suggérons donc, lors de l'utilisation de variables personnalisées dans SLS et MSLS, d'utiliser une casse cohérente pour les noms de variables personnalisées.
- Les **fonctions AND() et OR()** manquent et sont remplacées par des caractères spéciaux dans SLS. Les symboles & et | représentent les opérateurs AND et OR. Par exemple: « Asset > 0 | Cost < 0 » signifie « OR(Asset > 0, Cost < 0) » alors que « Asset > 0 & Cost < 0 » signifie « AND(Asset > 0, Cost < 0). »
- **Spécifications des étapes d'interdiction.** Pour définir les étapes d'interdiction, utilisez les exemples suivants comme guide :
 - 3 L'étape 3 est une étape d'interdiction.
 - 3, 5 Les étapes 3 et 5 sont des étapes d'interdiction.
 - 3, 5-7 Les étapes 3, 5, 6, 7 sont des étapes d'interdiction.
 - 1, 3, 5-6 Les étapes 1, 3, 5, 6 sont des étapes d'interdiction.
 - 5-7 Les étapes 5, 6, 7 sont des étapes d'interdiction.
 - 5-10|2 Les étapes 5, 7, 9 sont des étapes d'interdiction (le symbole | signifie incrément).
 - 5-14|3 Les étapes 5, 8, 11, 14 sont des étapes d'interdiction.
 - 5-6|3 L'étape 5 est une étape d'interdiction.
 - 5 - 6 | 3 L'étape 5 est une étape d'interdiction (les espaces blancs sont ignorés).
- **Identificateurs.** Un identificateur est une séquence de caractères commençant par a-z, A-Z, _ ou \$. Après le premier caractère, a-z, A-Z, 0-9, _, \$ sont des caractères valides dans la séquence. Notez que l'espace n'est pas un caractère valide. Cependant, il peut être utilisé si la variable est entourée d'accolades { }. Les identificateurs sont sensibles à la casse, à l'exception des noms de fonctions. Voici quelques exemples d'identificateurs valides : myVariable, MYVARIABLE, _myVariable, _____myVariable, \$myVariable, {This is a single variable}.
- **Nombres.** Un nombre peut être un entier, défini comme un ou plusieurs caractères compris entre 0 et 9. Voici quelques exemples d'entiers : 0, 1, 00000, 12345. Un autre type de nombre est un nombre *réel*. Voici quelques exemples de nombres réels : 0., 3., 0.0, 0.1, 3.9, .5, .934, .3E3, 3.5E-5, 0.2E-4, 3.2E+2, 3.5e-5,
- **Priorité des opérateurs.** La priorité des opérateurs lors de l'évaluation des équations est illustrée ci-dessous. Cependant, en présence de deux termes avec deux opérateurs ayant la même priorité, l'expression est évaluée de gauche à droite.

- () – L'expression entre parenthèse a la priorité
 - !, - – Pas, et moins unaire, par ex. -3
 - ^
 - *, /
 - +, -
 - =, <>, !=, <, <=, >, >=
 - &, |
- **Expression mathématique.** Vous trouverez ci-dessous quelques exemples d'équations valides, utilisables dans le champ d'*équations personnalisées*. Consultez le reste du manuel d'utilisation, des textes recommandés et des exemples de fichiers pour d'autres illustrations des fonctions et équations d'options réelles utilisées dans SLS.
 - Max(Asset-Cost,0)
 - Max(Asset-Cost,OptionOpen)
 - 135
 - $12 + 24 * 12 + 24 * 36 / 48$
 - $3 + \text{ABS}(-3)$
 - $3 * \text{MAX}(1,2,3,4) - \text{MIN}(1,2,3,4)$
 - $\text{SQRT}(3) + \text{ROUND}(3) * \text{LOG}(12)$
 - IF(a > 0, 3, 4) – renvoie 3 si a > 0, sinon 4
 - ABS+3
 - MAX(a + b, c, MIN(d,e), a > b)
 - IF(a > 0 | b < 0, 3, 4)
 - IF(c <> 0, 3, 4)
 - IF(IF(a <= 3, 4, 5) <> 4, a, a-b)
 - MAX({My Cost 1} - {My Cost 2}, {Asset 2} + {Asset 3})

Nous voilà à la conclusion de cet aperçu rapide du logiciel. Vous êtes désormais prêt à commencer à utiliser le logiciel SLS pour créer et résoudre des problèmes d'options réelles, d'options financières et d'options d'achat d'actions des employés. Ces applications sont introduites à partir de la section suivante. Cependant, nous vous conseillons fortement de commencer par lire *Real Options Analysis: Tools and Techniques*, 2^{ème} édition du Dr. Johnathan Mun (Wiley, 2006) pour de plus amples détails sur la théorie et l'application des options réelles.

SECTION II : ANALYSE DES OPTIONS RÉELLES

Options d'abandon américaines, européennes, des Bermudes et personnalisées

L'option d'abandon regarde la valeur de la souplesse d'abandon d'un projet ou d'un actif au cours de la vie d'une option. Par exemple, supposons qu'une entreprise détient un projet ou un actif et que d'après des modèles traditionnels de flux monétaires actualisés (FMA), elle estime la valeur actualisée de l'actif à 120 millions (pour l'option d'abandon, il s'agit de la valeur actualisée nette du projet ou de l'actif). La simulation de Monte Carlo indique que la *volatilité* de la valeur de cet actif est significative, estimée à 25 %. Dans ces conditions, il y a beaucoup d'incertitude quant au succès ou à l'échec du projet (la volatilité calculée modélise les différentes sources d'incertitude et calcule les risques dans le modèle de flux monétaires actualisés, notamment l'incertitude du prix, la probabilité de succès, la concurrence, la cannibalisation, etc.), et la valeur du projet peut être considérablement supérieure ou inférieure à la valeur attendue de 120 millions. Supposons qu'une option d'abandon est créée, où une contrepartie est trouvée et un contrat d'une durée de 5 ans (*maturité*) est signé de façon à ce que pour certaines considérations monétaires, l'entreprise a désormais la capacité de vendre l'actif ou le projet à la contrepartie à n'importe quel moment au cours de ces 5 ans (indiquant une option américaine) pour une valeur de *récupération* spécifiée de 90 millions. La contrepartie accepte cette réduction de 30 millions et signe le contrat.

En fait, l'entreprise vient d'acquérir une police d'assurance de 90 millions. C'est-à-dire que si la valeur du projet ou de l'actif augmente et dépasse sa valeur actuelle, l'entreprise peut décider de continuer à financer le projet, ou le vendre sur le marché à la juste valeur du marché en vigueur. Autrement, si la valeur du projet de l'actif diminue et passe en-dessous du seuil de 90 millions, l'entreprise a le droit d'exécuter l'option et de vendre l'actif à la contrepartie pour 90 millions. En d'autres termes, une sorte de filet de sécurité a été mis en place pour empêcher la valeur de l'actif de descendre en-dessous de ce niveau de récupération. Combien vaut donc ce filet de sécurité ou cette police d'assurance ? Il est possible de créer un avantage concurrentiel pendant les négociations si la contrepartie ne connaît pas la réponse mais que vous la connaissez. Supposons maintenant que le taux hors risque du bon du Trésor de 5 ans (coupon zéro) est de 5 % auprès du Ministère des finances américain². Les résultats de l'*option d'abandon américaine* à la figure 19 montrent une valeur de 125,48 millions, indiquant que la valeur de l'option est de 5,48 millions puisque la valeur actualisée de l'actif est de 120 millions. Ainsi, la valeur *maximum* qu'un protagoniste devrait être prêt à payer pour le contrat en *moyenne* est de 5,48 millions. Cette valeur attendue résultante pèse les probabilités continues que la valeur de l'actif dépasse 90 millions par rapport aux probabilités qu'elle ne les dépasse pas (où l'option d'abandon est intéressante). Elle mesure également la temporisation optimale pour l'exécution de l'abandon de façon à ce que la valeur attendue soit de 5,48 millions.

En outre, il est possible d'effectuer une expérimentation. En changeant la valeur de récupération et en la définissant sur 30 millions (c'est-à-dire une réduction de 90 millions par rapport à la valeur de début de l'actif), le résultat est de 120 millions, ou 0 millions pour l'option. Ce résultat signifie que l'option ou le contrat n'a aucune valeur car le filet de sécurité est défini sur un niveau tellement bas qu'il ne sera jamais utilisé. Inversement, en définissant le niveau de récupération sur trois fois la valeur de l'actif en vigueur ou 360 millions, le résultat serait de 360 millions, ce qui signifie qu'il n'y a aucune valeur d'option, aucune valeur à attendre et à détenir cette option, ou simplement qu'il faut exécuter l'option et vendre l'actif immédiatement si quelqu'un est prêt à payer trois fois la valeur du projet actuelle. Ainsi, vous pouvez modifier la valeur de récupération jusqu'à ce que l'option disparaisse, indiquant que la *valeur de déclenchement optimale* a été atteinte. Par exemple, si vous saisissez \$166,80 comme valeur de récupération, l'analyse d'option d'abandon produit un résultat de \$166,80, indiquant qu'à ce prix et au-delà, la décision optimale est de vendre l'actif immédiatement. À n'importe quelle valeur de récupération plus basse, l'option a de la valeur et à n'importe quelle valeur de récupération plus haute, l'option n'a pas de valeur. Ce point d'équilibre de récupération est la valeur de déclenchement optimale. Une fois que le prix du marché de cet actif dépasse cette valeur, la décision optimale est de

² <http://www.treas.gov/offices/domestic-finance/debt-management/interest-rate/yield-hist.html>

l'abandonner. Enfin, si vous ajoutez un *taux de dividende*, le **coût d'attendre avant d'abandonner l'actif** (par ex. les taxes et frais de maintenance annualisés devant être acquittés si vous gardez l'actif au lieu de le vendre, mesuré en pourcentage de la valeur actualisée de l'actif), la valeur de l'option diminue. Ainsi, le point de déclenchement d'équilibre, auquel l'option perd toute valeur, peut être calculé en choisissant des taux de dividende de plus en plus élevés. Encore une fois, ce point d'équilibre illustre la valeur de déclenchement à laquelle l'option devrait de façon optimale être exécutée immédiatement, mais cette fois en fonction du dividende. C'est-à-dire que le **coût de portage** ou de détention de l'option, ou la **valeur de perte** de l'option est élevée, c'est-à-dire que le **coût d'attendre** est trop élevé et qu'il ne faut pas attendre mais au contraire exécuter l'option immédiatement.

Les autres applications de l'option d'abandon incluent les provisions de rachat dans un contrat (garantissant une valeur d'actif spécifiée, la souplesse de préservation des actifs, les polices d'assurance, l'abandon d'un projet et la vente de sa propriété intellectuelle, le prix d'achat d'une acquisition, etc. Pour illustrer tout cela, voici quelques exemples supplémentaires de l'option d'abandon (et exemples d'exercices pour le reste d'entre nous) :

- Un fabricant d'avions vend ses appareils d'un modèle particulier sur le marché *principal* à un prix de 30 millions chacun à diverses compagnies aériennes. Les compagnies aériennes sont très hostiles aux risques et peuvent avoir du mal à justifier l'achat d'un avion supplémentaire du fait des incertitudes économiques de la demande, de la concurrence tarifaire et des coûts du carburant. Quand les incertitudes sont résolues dans le temps, il est possible que les compagnies aériennes doivent redistribuer et réacheminer leur portefeuille d'appareils existant mondialement, et un avion supplémentaire stationné sur une piste est extrêmement coûteux. La compagnie aérienne peut vendre cet avion supplémentaire sur le marché *secondaire* sur lequel les compagnies aériennes locales plus petites achètent des avions d'occasion, mais l'incertitude quant au prix est très élevée et sujette à une volatilité considérable de, disons, 45 % ; le prix peut énormément fluctuer, de 10 à 25 millions pour ce type d'appareil. Le fabricant peut réduire le risque de la compagnie aérienne en offrant une *clause de rachat* ou option d'abandon, par laquelle à tout moment au cours des 5 années suivantes, le fabricant accepte de racheter l'avion à un prix de récupération résiduel garanti de 20 millions, à la demande de la compagnie aérienne. Le taux hors risque correspondant pour les 5 années suivantes est de 5 %. **Cela réduit le risque de perte de la compagnie aérienne, et donc son risque, tronquant la queue gauche de la distribution des fluctuations de prix et décalant la valeur attendue vers la droite. Cette option d'abandon offre une réduction du risque et une amélioration de la valeur à la compagnie aérienne. En appliquant cette option d'abandon dans SLS en utilisant un treillis binomial à 100 étapes, cette option vaut 3,52 millions. Si la compagnie aérienne est la contrepartie la plus intelligente, calcule cette valeur et obtient cette clause de rachat gratuitement dans le cadre du contrat, le fabricant perd plus de 10 % de la valeur de son avion, abandonnés sur la table des négociations. Disposer des bonnes informations et connaissances s'avère extrêmement précieux dans un tel cas.**
- Un fabricant de disques informatiques de pointe envisage l'acquisition d'une petite « start-up » disposant d'une nouvelle technologie de micro disques (un disque dur de poche haute capacité ultra rapide) qui pourrait révolutionner tout le secteur. Cette start-up est à vendre et le prix demandé est de 50 millions, d'après une analyse de la valeur du marché de la valeur actualisée nette réalisée par des conseillers en évaluation tiers. Le fabricant peut développer la technologie par

lui-même ou acquérir la technologie en achetant cette start-up. La question est ; combien vaut cette start-up pour le fabricant et est-ce que 50 millions est un prix raisonnable ? D'après une analyse interne réalisée par le fabricant, la valeur actualisée nette attendue de ce micro disque est de 45 millions, avec une volatilité de flux monétaires de 40 %, et il faudrait 3 années supplémentaires pour finaliser cette technologie de micro disque et la lancer sur le marché. Supposons que le taux hors risque sur 3 ans est de 5 %. De plus, le développement de ce disque en interne coûterait 45 millions en valeur actualisée au fabricant. S'il utilise une analyse de la valeur actualisée nette, le fabricant devrait développer la technologie par lui-même. Cependant, si vous incluez une analyse d'option d'abandon par laquelle si le micro disque spécifique ne fonctionne pas, la start-up dispose encore d'une vaste propriété intellectuelle (brevets et technologies exclusives) ainsi que d'actifs physiques (bâtiments et sites de fabrication) pouvant être vendus sur le marché pour une somme pouvant atteindre 40 millions, *l'option d'abandon avec la valeur actualisée nette produit 51,83 millions, ce qui rend l'achat de la start-up plus intéressant que le développement interne de la technologie, et ainsi le prix d'achat de 50 millions est raisonnable.*³

La figure 19 montre les résultats d'une simple option d'abandon avec un treillis à 10 étapes comme discuté précédemment, et la figure 20 montre la feuille d'audit générée à partir de cette analyse.

³ Consultez la section portant sur les options de croissance pour plus d'exemples sur la façon dont la technologie de cette start-up peut être utilisée comme plate-forme pour le développement d'autres technologies nouvelles pouvant valoir beaucoup plus que la simple option d'abandon.

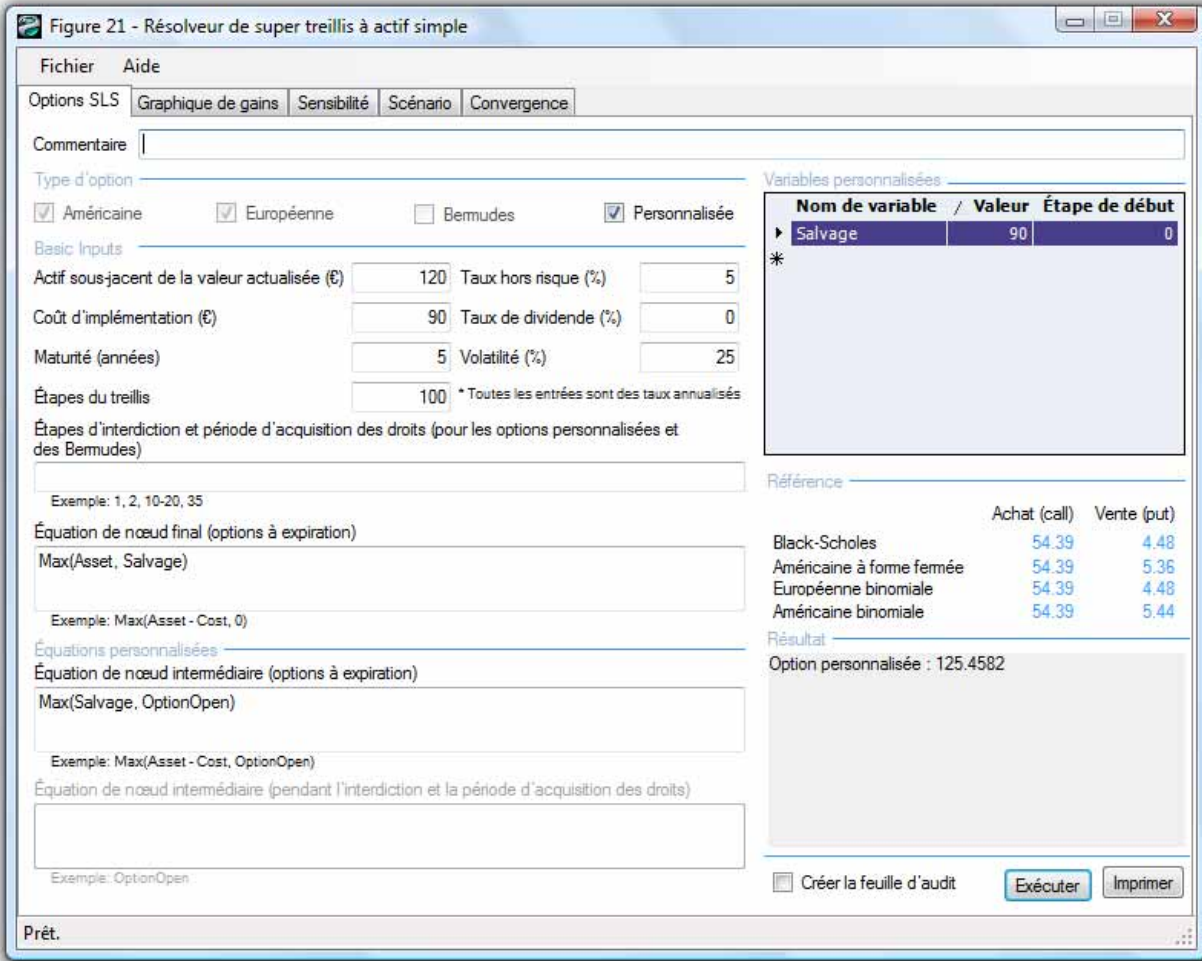


Figure 19 – Option d'abandon américaine simple

Option Valuation Audit Sheet

Assumptions

PV Asset Value (\$)	\$120.00
Implementation Cost (\$)	\$90.00
Maturity (Years)	5.00
Risk-free Rate (%)	5.00%
Dividends (%)	0.00%
Volatility (%)	25.00%
Lattice Steps	10
Option Type	Custom

Intermediate Computations

Stepping Time (dt)	0.5000
Up Step Size (up)	1.1934
Down Step Size (down)	0.8380
Risk-neutral Probability	0.5272

Results

Auditing Lattice Result (10 steps)	\$125.48
Super Lattice Result (10 steps)	\$125.48

User-Defined Inputs

Terminal: Max(Asset, Salvage)
Intermediate: Max(Salvage, @@)

Name	salvage									
Value	90.00									
Starting Step	0									

Underlying Asset Lattice

									589.03	702.93
									493.59	493.59
								413.61	413.61	
								346.59	346.59	346.59
								290.43	290.43	
								243.37	243.37	243.37
								203.94	203.94	
								170.89	170.89	170.89
								143.20	143.20	143.20
120.00								120.00	120.00	120.00
								100.56	100.56	100.56
								84.26	84.26	84.26
								70.61	70.61	70.61
								59.17	59.17	59.17
								49.58	49.58	49.58
								41.55	41.55	41.55
								34.82	34.82	34.82
								29.17	29.17	29.17
								24.45	24.45	24.45
								20.49	20.49	20.49

Option Valuation Lattice

									589.03	702.93
									493.59	493.59
									413.61	413.61
									346.59	346.59
									290.43	290.43
									243.37	243.37
									203.94	203.94
									170.89	170.89
									143.20	143.20
									120.00	120.00
125.48									103.20	103.20
									90.00	90.00
									90.00	90.00
									90.00	90.00
									90.00	90.00
									90.00	90.00
									90.00	90.00
									90.00	90.00
									90.00	90.00
									90.00	90.00
									90.00	90.00
									90.00	90.00
									90.00	90.00
									90.00	90.00

Figure 20 – Feuille d’audit de l’option d’abandon

La figure 21 montre la même option d'abandon avec un treillis à 100 étapes. Pour suivre, ouvrez l'exemple de fichier *Abandon - Option américaine*. Notez que le treillis à 10 étapes produit \$125.48 et le treillis à 100 étapes \$125.45, indiquant que les résultats des treillis sont convergents. L'équation de nœud terminal est $Max(Asset, Salvage)$ ce qui signifie que la décision à maturité est de décider si l'option doit être exécutée, en vendant l'actif et recevant la valeur de récupération, ou ne doit pas être exécutée, en conservant l'actif. L'équation de nœud intermédiaire utilisée est $Max(Salvage, OptionOpen)$ ce qui indique qu'avant la maturité, la décision est une décision d'exécuter précocement cette option d'abandon américaine pour abandonner l'actif et recevoir la valeur de récupération, ou de conserver l'actif et donc de conserver l'option et de la garder ouverte pour une exécution future potentielle, dénotée simplement par *OptionOpen*. La figure 22 montre la version européenne de l'option d'abandon, dans laquelle l'équation de nœud intermédiaire est simplement *OptionOpen*, car une exécution précoce est interdite avant la maturité. Bien sûr, ne pouvoir exécuter l'option qu'à maturité vaut moins (\$124,5054 au lieu de \$125,4582) que pouvoir l'exécuter plus tôt. Les exemples de fichier utilisés sont : *Abandon - Option américaine* et *Abandon - Option européenne*. Par exemple, le fabricant d'avions de l'exemple précédent peut accepter une clause de rachat pouvant être exécutée à tout moment par la compagnie aérienne cliente ou seulement à une date spécifique à la fin des 5 ans—la première option, l'option américaine vaut plus que la deuxième option, l'option européenne.

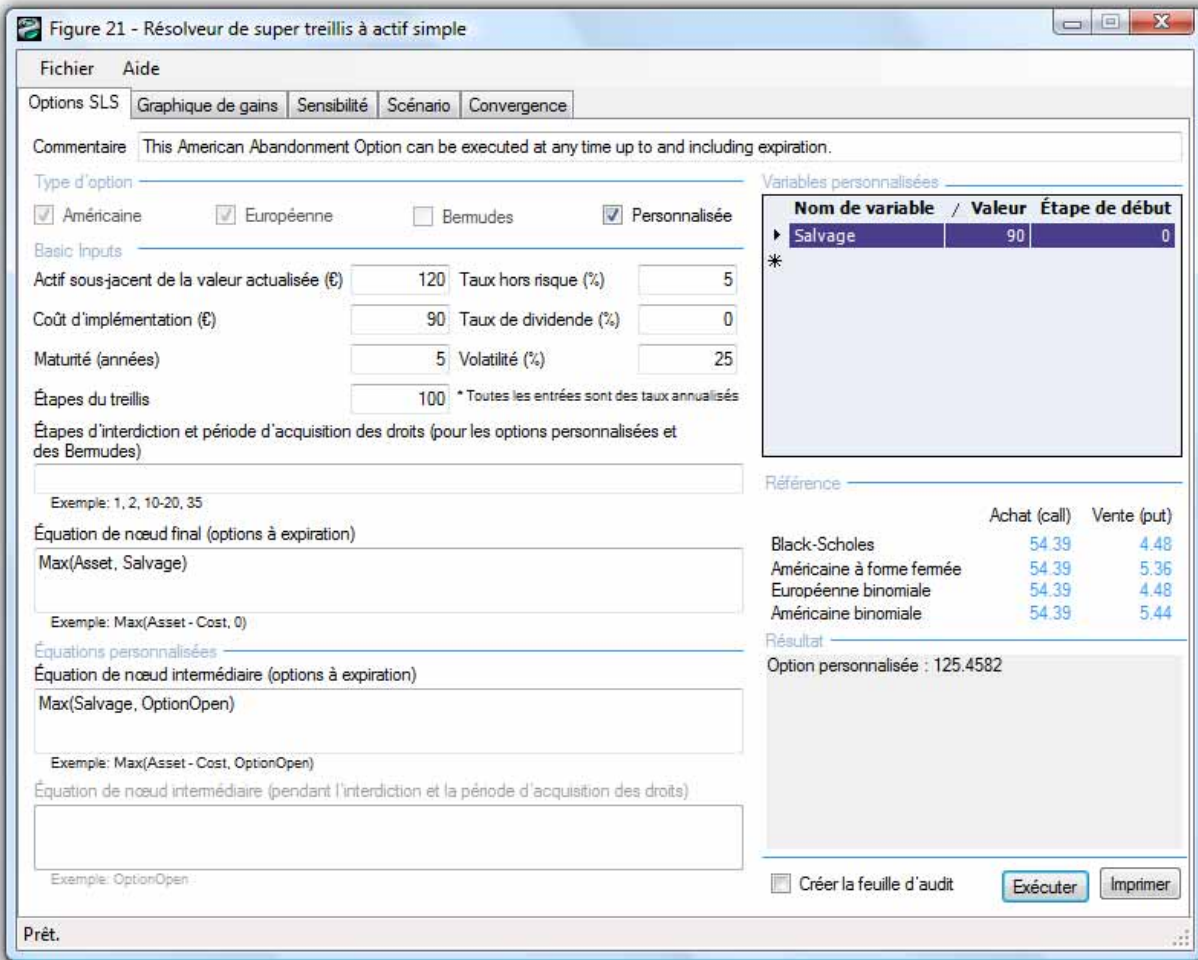


Figure 21 – Option d'abandon américaine avec un treillis à 100 étapes

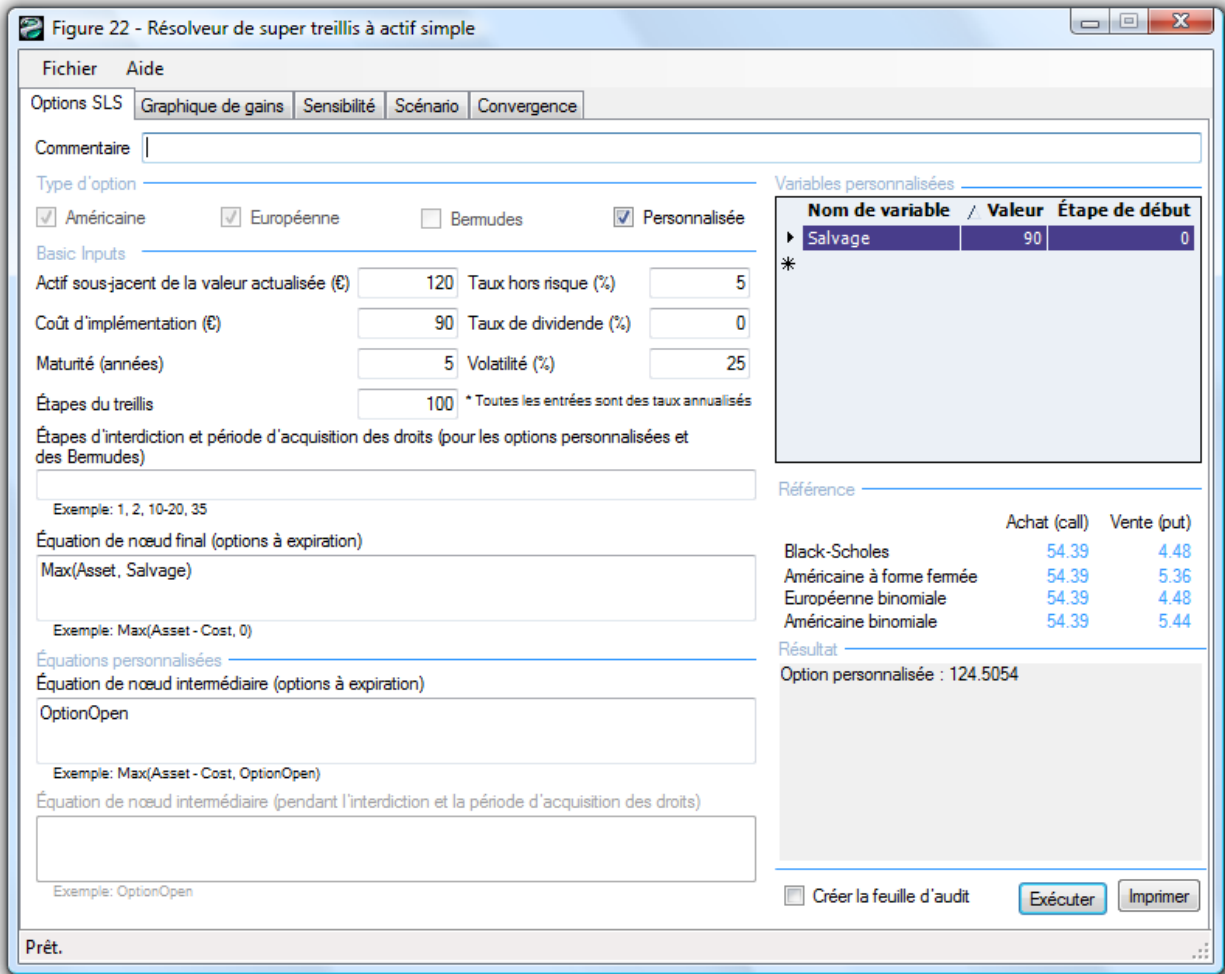


Figure 22 – Option d'abandon européenne avec un treillis à 100 étapes

Parfois, une option des Bermudes est appropriée, dans les cas où il peut y avoir une période d'acquisition des droits ou d'interdiction pendant laquelle l'option ne peut pas être exécutée. Par exemple, si le contrat stipule que pour le contrat de rachat avec abandon de 5 ans, la compagnie aérienne cliente ne peut pas exécuter l'option d'abandon au cours des 2,5 premières années. Cela est illustré à la figure 23 en utilisant une option des Bermudes avec un treillis à 100 étapes sur 5 ans, où les étapes d'interdiction sont 0-50. Cela signifie que pendant les 50 premières étapes (ainsi qu'au moment immédiat ou étape 0), l'option ne peut pas être exécutée. Ceci est modélisé en insérant *OptionOpen* dans l'équation de nœud intermédiaire pendant les périodes d'interdiction et d'acquisition des droits. Cela force le détenteur de l'option à garder l'option ouverte pendant la période d'acquisition des droits, empêchant son exécution pendant cette période d'interdiction.

Vous pouvez voir que l'option américaine vaut plus que l'option des Bermudes, qui vaut plus que l'option européenne, à la figure 23, du fait de la possibilité d'exécution précoce de chaque type d'option et de la fréquence des possibilités d'exécution.

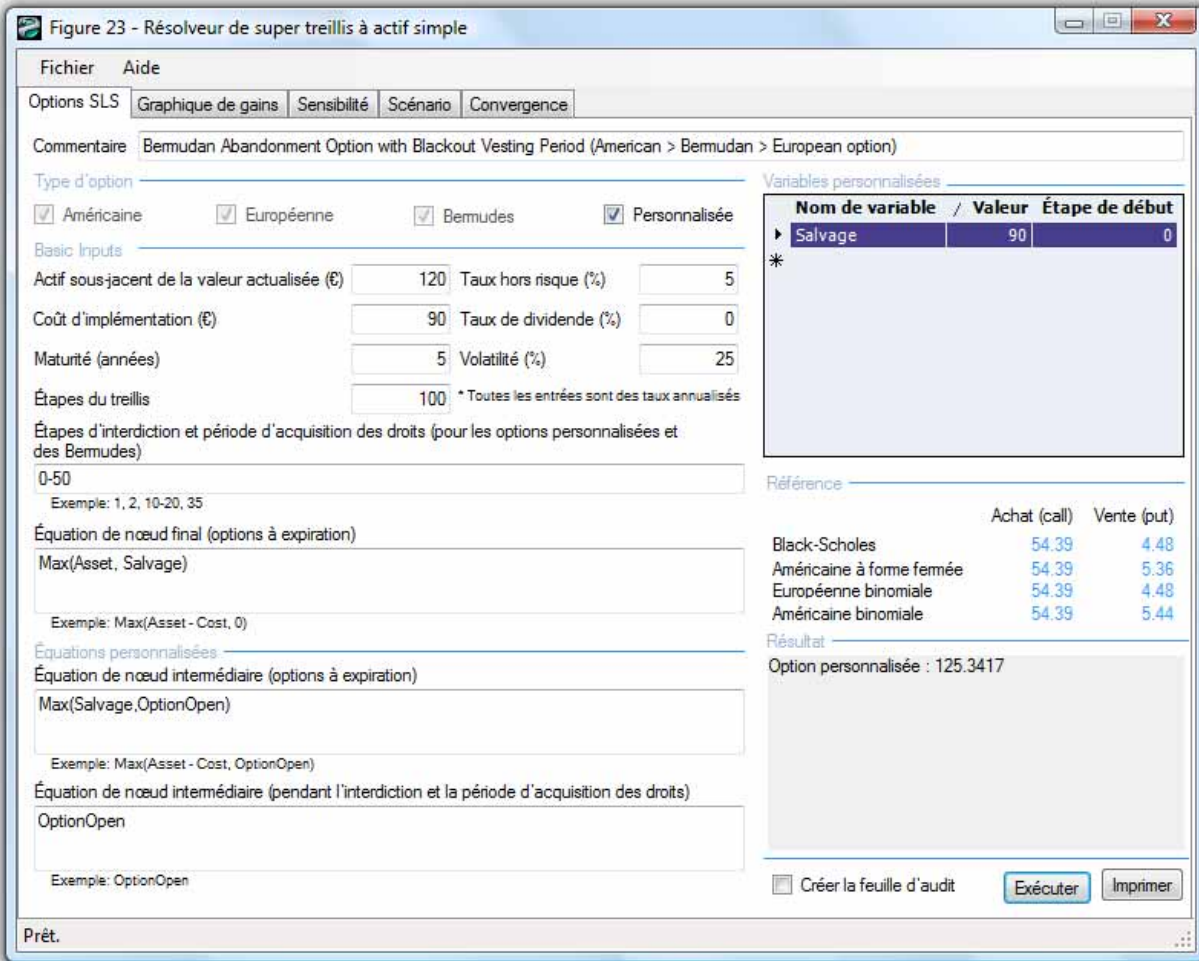


Figure 23 – Option d’abandon des Bermudes avec un treillis à 100 étapes

Parfois, la valeur de récupération de l’option d’abandon peut changer dans le temps. En voici une illustration : dans l’exemple précédent de l’acquisition d’une start-up, il est probable que la propriété intellectuelle croisse dans le temps du fait de la poursuite des activités de recherche et de développement, ce qui changera donc la valeur de récupération dans le temps. Un exemple est illustré à la figure 24, où il y a cinq valeurs de récupération pour l’option d’abandon de 5 ans. Cela peut être modélisé en utilisant les variables personnalisées. Saisissez le *nom de la variable*, sa *valeur* et l’*étape de début*, puis appuyez sur **ENTRÉE** pour saisir les variables l’une après l’autre comme illustré par la liste des variables personnalisées de la figure 24. Notez que le même nom de variable (*Salvage*) est utilisé, mais que les variables changent dans le temps, et les étapes de début représentent le moment où les différentes valeurs entrent en vigueur. Par exemple, la valeur de récupération \$90 s’applique à l’étape 0 jusqu’à ce que la prochaine valeur de récupération \$95 la remplace à l’étape 21. Cela signifie que pour une option de 5 ans avec un treillis à 100 étapes, la première année y compris la période en cours (étapes 0 à 20) aura une valeur de récupération de \$90, qui passera ensuite à \$95 au cours de la deuxième année (étapes 21 à 40), et ainsi de suite. Vous remarquerez qu’au fur et à mesure que la propriété intellectuelle de la start-up croît dans le temps, les résultats de l’évaluation de l’option croissent également, ce qui est logique. Vous pouvez également intégrer des périodes d’acquisition des droits et d’interdiction pour les 6 premiers mois (étapes 0-10 dans la section d’interdiction) à votre modèle. La période d’interdiction est typique des

obligations contractuelles des options d'abandon, pour lesquelles pendant des périodes spécifiées, l'option ne peut pas être exécutée (période de réflexion).

Notez que vous pouvez utiliser la touche **TAB** de votre clavier pour passer de la colonne du nom de variable à la colonne de valeur, puis à la colonne d'étape de début. Cependant, n'oubliez pas d'appuyer sur la touche **ENTRÉE** de votre clavier pour insérer la variable et créer une nouvelle ligne afin de pouvoir saisir une nouvelle variable.

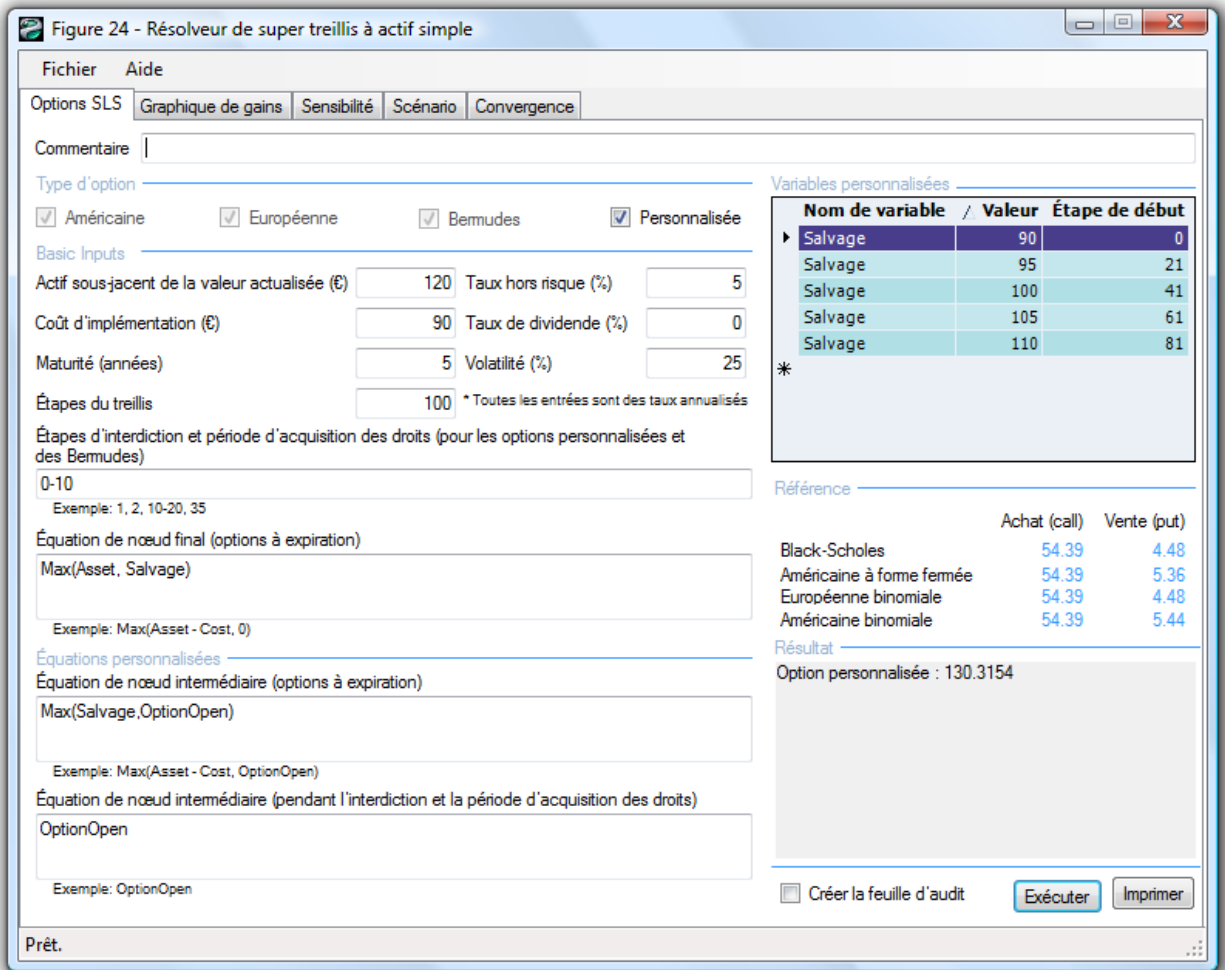


Figure 24 – Option d'abandon personnalisée

Options de contraction américaines, européennes, des Bermudes et personnalisées

Une *option de contraction* évalue la valeur de souplesse de la capacité à réduire la production ou à contracter l'échelle et l'étendue d'un projet quand les conditions ne sont pas aussi favorables, en réduisant ainsi la valeur de l'actif ou du projet par un *facteur de contraction*, mais en créant simultanément des *économies* de coûts. Par exemple, supposons que vous travailliez pour une grande entreprise de fabrication aéronautique qui n'est pas sûre de l'efficacité technologique et de la demande pour sa nouvelle flotte de jets supersoniques à longue portée. L'entreprise décide de se couvrir en utilisant des options stratégiques, spécifiquement une option de contraction de 10 % de ses infrastructures de fabrication à tout moment au cours des 5 prochaines années (c.-à-d. que le *facteur de contraction* est de 0,9).

Supposons que l'entreprise a une structure d'exploitation actuelle dont l'évaluation statique de la rentabilité future à l'aide d'un modèle de flux monétaires actualisés (en d'autres termes, la valeur actualisée des flux monétaires futurs attendus à un taux d'actualisation ajusté au risque) est de 1 000 millions (*valeur actualisée de l'actif*). En utilisant la simulation de Monte Carlo, vous calculez que la volatilité implicite du rendement logarithmique de la valeur d'actif des flux monétaires actualisés futurs projetés est de 30 %. Le taux hors risque d'un actif sans risques (bon du Trésor de 5 ans avec coupons zéro) est de 5 %.

En outre, supposons que l'entreprise dispose de l'option de contracter ses opérations actuelles de 10 % à tout moment au cours des 5 prochaines années, créant ainsi 50 millions d'économies supplémentaires après cette contraction. Ces modalités sont arrangées par la biais d'un accord contractuel légal avec l'un de ses fournisseurs, qui a accepté d'assumer la capacité et l'espace supplémentaires de l'entreprise. Parallèlement, l'entreprise peut effectuer des réductions et licencier une partie de son personnel existant afin d'obtenir ce niveau d'économies (en valeurs actualisées).

Les résultats indiquent que la valeur stratégique du projet est de 1 001,71 millions (en utilisant un treillis à 10 étapes comme illustré à la figure 25), ce qui signifie que la valeur actualisée nette est actuellement de 1 000 millions et que les 1,71 millions supplémentaires proviennent de cette option de contraction. On obtient ce résultat car la contraction produit maintenant 90 % de 1 000 millions + 50 millions, soit 950 millions, ce qui est inférieur à la poursuite des activités sans effectuer de contraction et obtenir 1 000 millions. Ainsi, la décision optimale est de ne pas effectuer la contraction immédiatement, mais de conserver la possibilité de le faire dans le futur. Ainsi, en comparant cette décision optimale de 1 000 millions à 1 001,71 millions pour pouvoir effectuer la contraction, l'option de contraction vaut 1,71 million. Cela devrait représenter le montant maximum que l'entreprise est prête à payer pour obtenir cette option (frais contractuels et paiements au fournisseur).

Inversement, si les *économies* étaient de 200 millions, alors la valeur stratégique du projet devient 1 100 millions, ce qui signifie qu'en commençant à 1 000 millions et en effectuant une contraction de 10 % pour arriver à 900 millions et en gardant les économies de 200 millions, on obtient une valeur totale de 1 100 millions. Ainsi, la valeur supplémentaire de l'option est de 0, ce qui signifie que la décision optimale est d'exécuter l'option de contraction immédiatement puisqu'elle n'a aucune valeur et qu'il n'y a aucune valeur pour laquelle attendre d'effectuer la contraction. Donc la valeur de l'exécution immédiate est de 1 100 millions, par comparaison à la valeur stratégique du projet de 1 100 millions. L'option n'apporte pas de valeur supplémentaire et il faut exécuter la contraction immédiatement. C'est-à-dire qu'au lieu de demander au fournisseur d'attendre, l'entreprise devrait plutôt exécuter la contraction immédiatement et capturer les économies.

D'autres applications incluent la mise en veilleuse d'un projet de recherche et développement en dépensant un petit peu pour ne pas l'interrompre totalement et en se réservant le droit d'y revenir en cas d'amélioration des conditions, la valeur de la synergie dans une fusion et acquisition où l'on licencie des cadres de direction afin de créer des économies supplémentaires, la réduction de la portée et de la taille d'un site de production, la réduction des taux de production, une coentreprise ou une alliance, etc.

Pour illustrer ceci, voici quelques autres exemples rapides d'une option de contraction :

- Une grande entreprise de pétrole et de gaz se lance dans un projet de plate-forme de forage en haute mer dont l'implémentation lui coûtera des milliards. Une analyse de flux monétaires actualisés est exécutée et la valeur actualisée nette résultante est de 500 millions sur les 10 prochaines années de vie de la plate-forme de forage en mer. Le taux hors risque de 10 ans est de 5 %, et la volatilité annualisée du projet est de 45 % en utilisant les prix du pétrole historiques. Si l'expédition est un véritable succès (les cours du pétrole sont élevés et les taux de production sont extrêmement hauts), alors l'entreprise continuera ses opérations. Cependant, si la situation n'a pas l'air si bonne que ça (les cours du pétrole sont bas ou moyens et la production est correcte, sans plus), il est très difficile pour l'entreprise d'abandonner les opérations (pourquoi tout perdre quand les bénéfices nets sont encore positifs, bien que moins élevés que prévus, sans parler des ramifications environnementales et légales de l'abandon pur et simple d'une pétrole de forage au milieu d'un océan). Ainsi, l'entreprise décide de couvrir son risque de perte par le biais d'une option de contraction américaine. Elle a réussi à trouver une entreprise de pétrole et de gaz plus petite (un partenaire dans d'autres explorations précédentes) intéressée par une coentreprise. La coentreprise est structurée de façon à ce que l'entreprise paie immédiatement à cette contrepartie plus petite un montant forfaitaire pour un contrat de 10 ans, en vertu duquel la contrepartie plus petite devra, à tout moment et à la demande de l'entreprise plus grande, reprendre toutes les opérations de la plate-forme de forage (c.-à-d. toutes les opérations et dépenses connexes) et gardera 30 % des bénéfices nets générés. La contrepartie souscrit à un tel contrat car elle n'a pas à participer aux milliards de dollars d'implémentation de la plate-forme, et elle obtient de l'argent immédiatement pour son acceptation du risque de perte. L'entreprise plus grande souscrit également à un tel contrat car il réduit ses risques en cas de baisse des cours du pétrole et d'une production moins importante que prévue, et elle économise plus de 75 millions en valeur actualisée de frais généraux totaux, qui peuvent alors être redistribués et investis ailleurs. *Dans cet exemple, l'option de contraction utilisant un treillis à 100 étapes est évaluée à 14,24 millions avec SLS. Cela signifie que le montant maximum payé à la contrepartie ne devrait pas être supérieur à ce montant. Bien sûr, l'analyse de l'option peut être compliquée en analysant les économies réelles sur la base d'une valeur actualisée. Par exemple, si l'option est exécutée au cours des 5 premières années, les économies sont de 75 millions, mais si elle est exécutée au cours des 5 dernières années, les économies ne sont que de 50 millions. La valeur de l'option ainsi révisée est de 10,57 millions.*
- Une entreprise de fabrication est intéressée par l'externalisation de sa fabrication de jouets d'enfants à une petite province chinoise. Cela lui permettrait des économies de frais généraux de plus de 20 millions en valeur actualisée pour la durée de vie économique des jouets. Cependant, l'externalisation internationale signifie un contrôle de la qualité inférieur, des problèmes de retard de livraisons, des coûts d'importation supplémentaires et le risque lié à la mauvaise connaissance des pratiques commerciales locales. De plus, l'entreprise n'envisagera l'externalisation

que si la qualité d'exécution de cette entreprise chinoise est à la hauteur de ses normes rigoureuses. La valeur actualisée nette de cette gamme de jouets spécifique est de 100 millions avec une volatilité de 25 %. Les dirigeants de l'entreprise décident d'acheter une option de contraction en trouvant une petite entreprise de fabrication en Chine, en dépensant des ressources pour essayer une *validation de principe à petite échelle* (réduisant ainsi les incertitudes quant à la qualité, aux connaissances, aux problèmes d'import/export, etc.). Si cette validation réussit, l'entreprise acceptera de donner 20 % de ses bénéfices nets à cette petite entreprise chinoise comme rémunération de leurs services, ainsi que des frais de démarrage. La question est la suivante : combien cette option de contraction vaut-elle, c'est-à-dire combien l'entreprise devrait-elle être prête à payer, en moyenne, pour les frais de démarrage initiaux et le coût de cette étape de validation de principe? *Le résultat d'une évaluation d'option de contraction avec SLS montre que l'option vaut 1,59 millions, en supposant un taux hors risque de 5 % pour la période de test d'un an. Donc, tant que les coûts totaux pour le test pilote sont inférieurs à 1,59 millions, la décision optimale est d'obtenir cette option, surtout si elle peut permettre de potentiellement économiser plus de 20 millions.*

La figure 25 illustre une option de contraction à 10 étapes simple, et la figure 26 illustre la même option avec 100 étapes de treillis (l'exemple utilisé est *Contraction – Option américaine et européenne*). La figure 27 illustre une option de contraction des Bermudes de 5 ans avec une période d'acquisition des droits de 4 ans (étapes d'interdiction de 0 à 80 sur un treillis à 100 étapes de 5 ans) où pendant les 4 premières années, le détenteur de l'option peut seulement garder l'option ouverte et ne peut pas l'exécuter (l'exemple de fichier utilisé est *Contraction – Option des Bermudes*). La figure 28 montre une option personnalisée avec une période d'interdiction et dont les économies dues à la contraction changent dans le temps (l'exemple de fichier utilisé est *Contraction – Option personnalisée*). Ces résultats sont pour l'exemple du fabricant aéronautique.

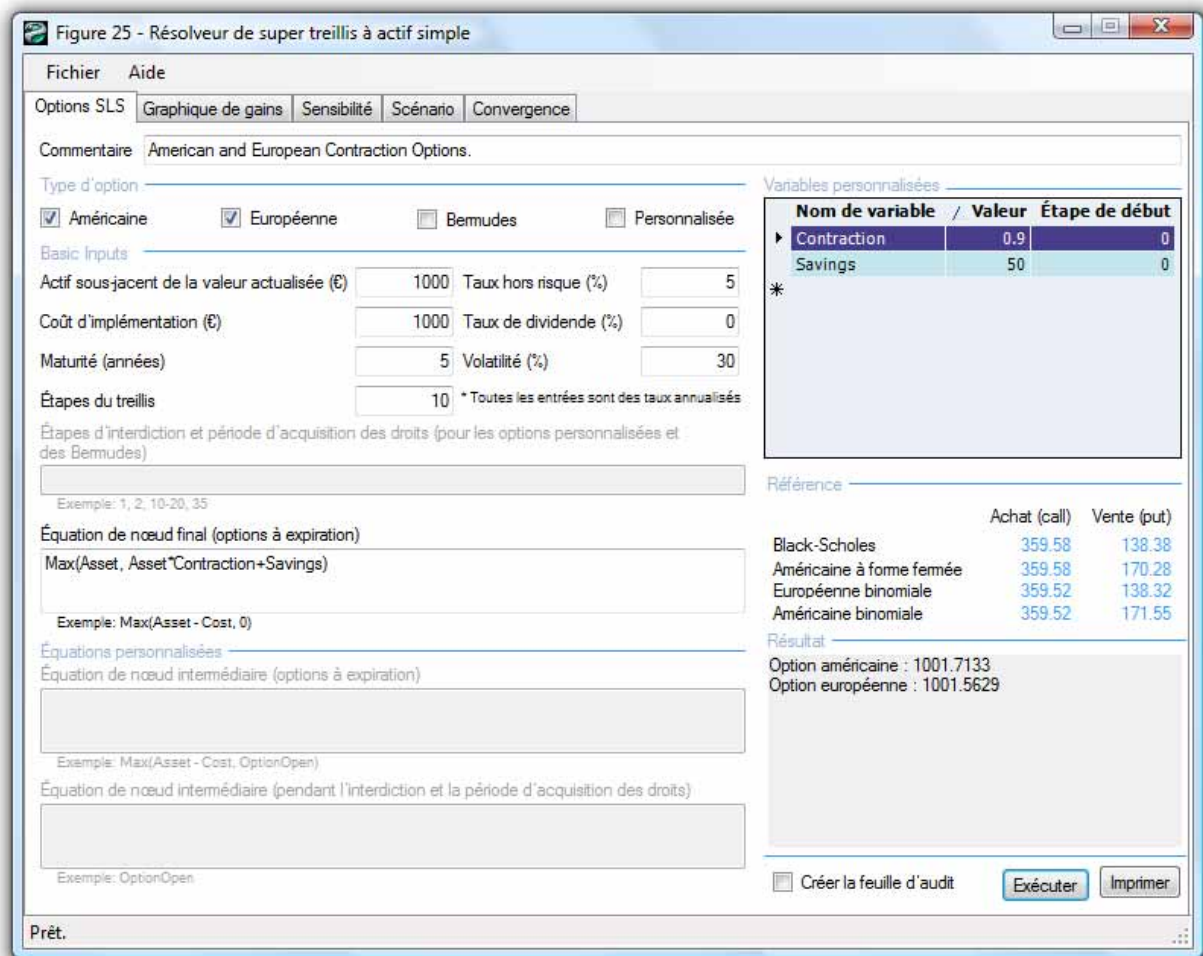


Figure 25 – Options de contraction américaine et européenne simples avec treillis à 10 étapes

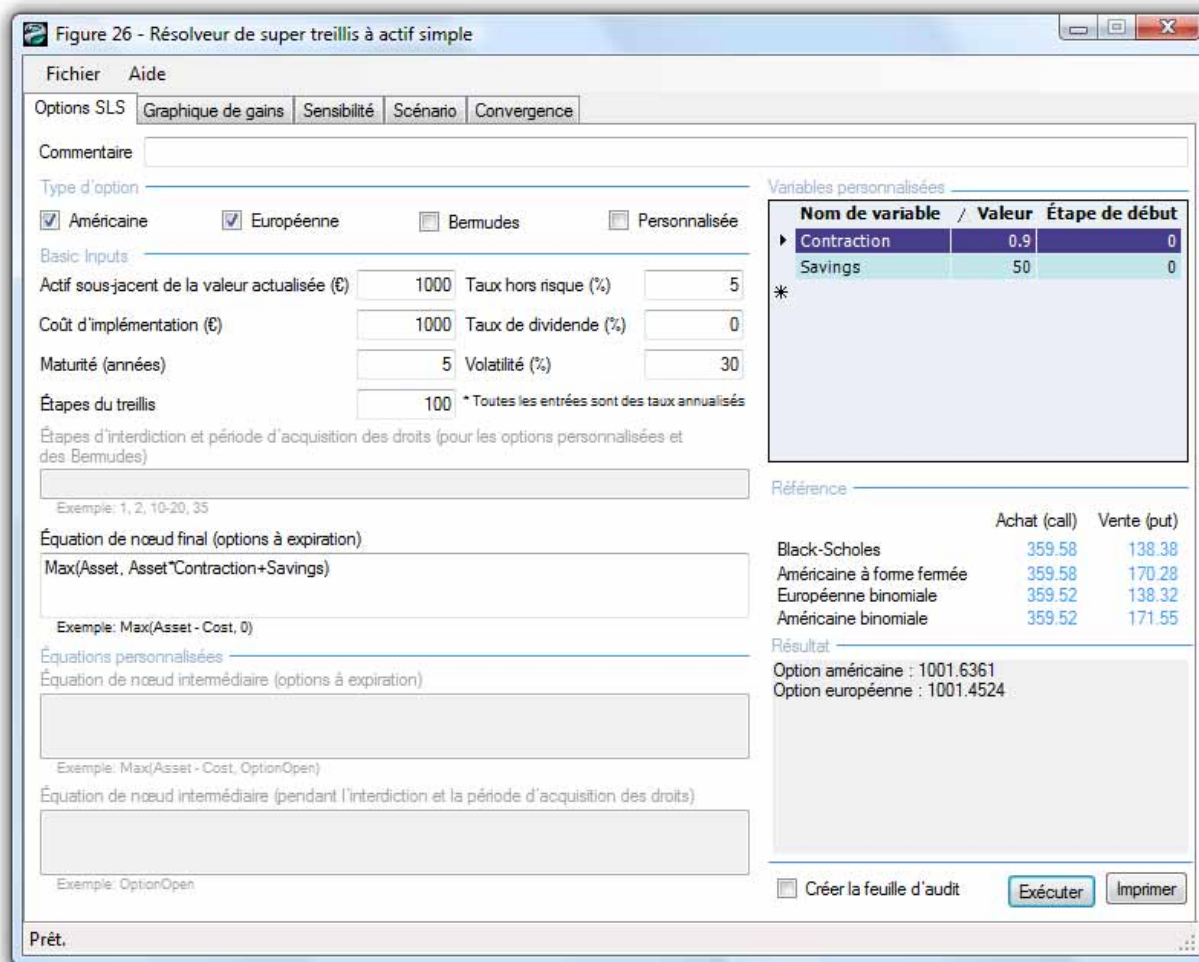


Figure 26 – Options de contraction américaine et européenne avec treillis à 100 étapes

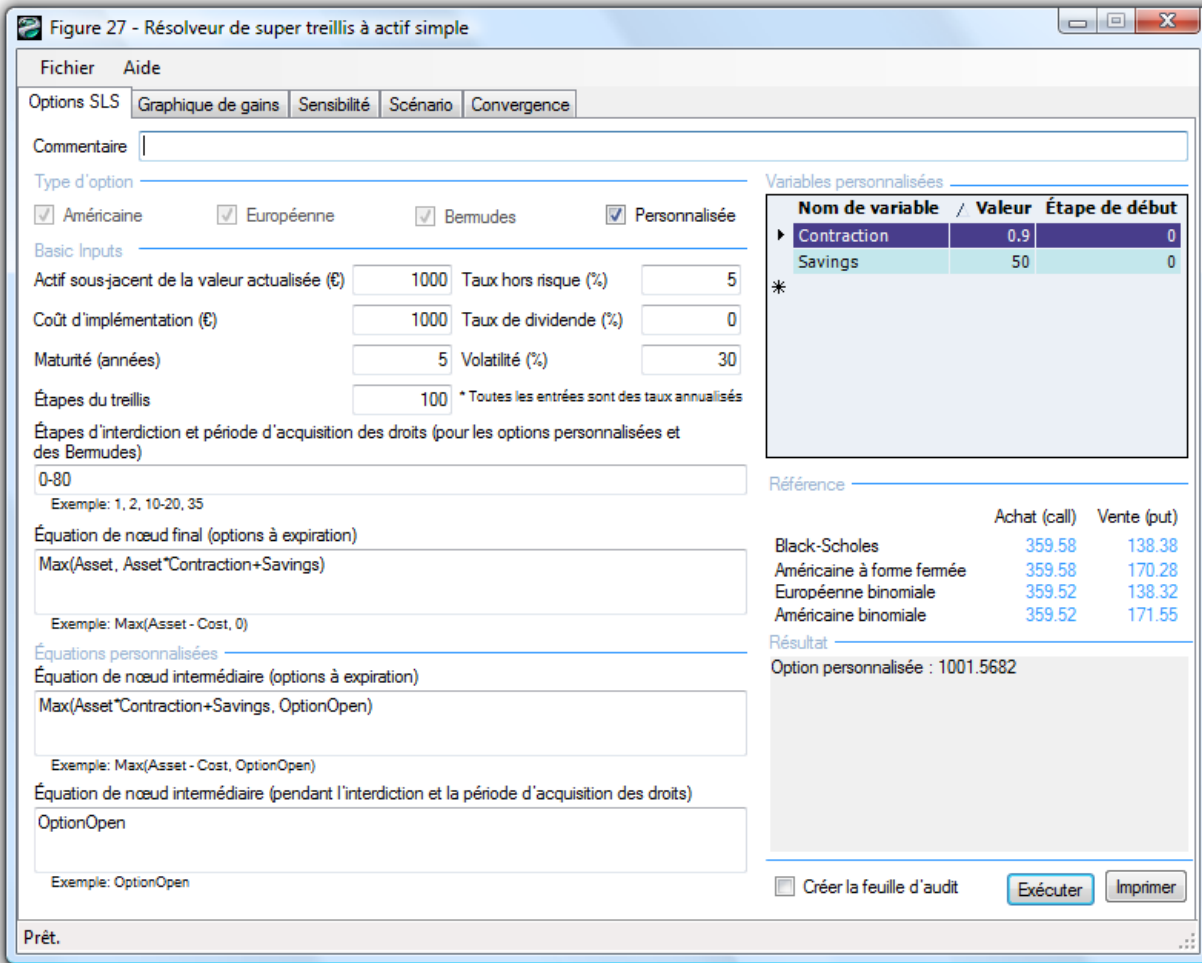


Figure 27 – Option de contraction des Bermudes avec périodes d'acquisition des droits et d'interdiction

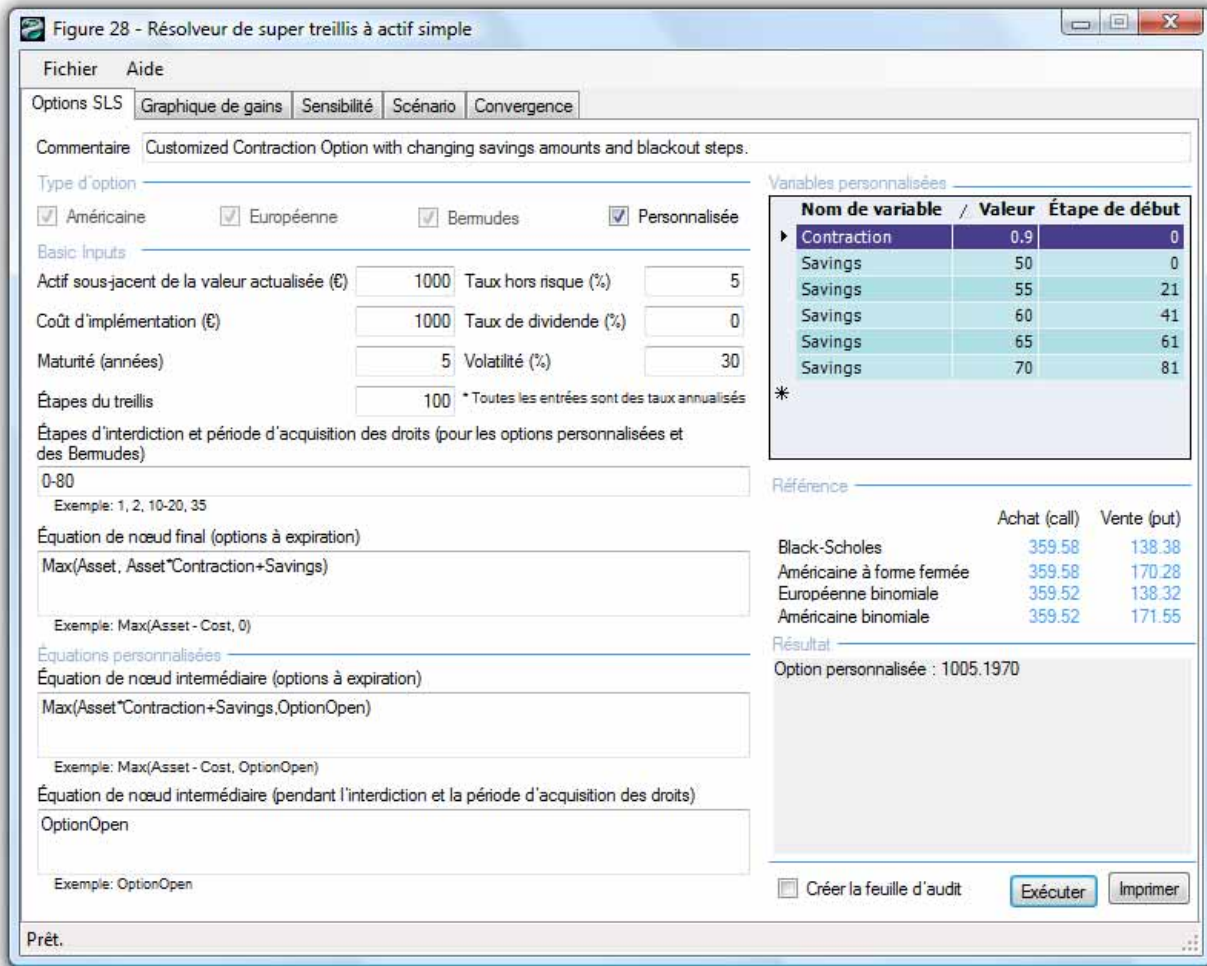


Figure 28 – Option de contraction personnalisée avec économies changeantes

Options de croissance américaines, européennes, des Bermudes et personnalisées

L'*option de croissance* évalue la souplesse de croissance d'un état existant actuel à un état plus vaste ou élargi. Ainsi, il faut qu'il y ait une condition ou un état existant pour utiliser l'option de croissance. C'est-à-dire qu'il faut qu'il y ait une référence pour la croissance. S'il n'y a pas d'état de référence, alors l'*option d'exécution* simple (calculée en utilisant l'*option d'achat* simple) est plus appropriée, car la question est de savoir s'il faut immédiatement exécuter un projet ou repousser son exécution.

Par exemple, supposons qu'une entreprise à fort potentiel a une évaluation statique de rentabilité future en utilisant un modèle de flux monétaires actualisés (en d'autres termes, la valeur actualisée des flux monétaires futurs attendus à un taux d'actualisation ajusté au risque) est de 400 millions (*valeur actualisée de l'actif*). En utilisant la simulation de Monte Carlo, vous calculez que la volatilité implicite du rendement logarithmique des actifs des flux monétaires actualisés futurs projetés est de 35 %. Le taux hors risque d'un actif sans risques (bon du Trésor de 5 ans avec coupons zéro) est de 7 %.

Supposons maintenant que l'entreprise a l'option de croître et de doubler ses opérations en achetant son concurrent pour un montant de 250 millions (*coût d'implémentation*) à tout moment au cours des 5 prochaines années (*maturité*). Quelle est la valeur totale de cette entreprise, en prenant en compte cette option de croissance ? Les résultats à la figure 29 indiquent que la valeur stratégique du projet est de 638,73 millions (en utilisant un treillis à 10 étapes), ce qui signifie que la valeur de l'option de croissance est de 88,73 millions. On obtient ce résultat parce que la valeur actualisée nette d'une exécution immédiate est $400 \text{ millions} \times 2 - 250 \text{ millions}$, soit 550 millions. Ainsi, 638,73 millions moins 550 millions est égal à 88,73 millions, la valeur de la possibilité de *différer* et d'attendre de voir ce qui se passe avant d'exécuter l'option de croissance. L'exemple de fichier utilisé est *Croissance – Option américaine et européenne*.

Augmentez le taux de dividende et notez que maintenant les options de croissance américaine et européenne ont toutes deux perdu de la valeur, et que l'option de croissance américaine vaut plus que l'option de croissance européenne du fait de la possibilité d'exécution précoce de l'option américaine (figure 30). Le taux de dividende implique que le coût d'attente pour la croissance, de différer et de ne pas exécuter, le coût d'opportunité de l'attente pour l'exécution de l'option et le coût de détention de l'option sont élevés, alors la possibilité de différer diminue. En outre, augmentez le *taux de dividende* à 4,9 % et notez que les résultats d'option personnalisée du treillis binomial repassent à \$550 (le scénario de croissance immédiate statique), indiquant que l'option n'a aucune valeur (figure 31). Ce résultat signifie que si le coût de l'attente en tant que proportion de la valeur de l'actif (comme mesuré par le taux de dividende) est trop élevé, alors il faut exécuter immédiatement et arrêter de perdre du temps à différer la décision de croissance. Bien sûr, cette décision peut être inversée si la volatilité est suffisamment significative pour compenser le coût de l'attente. C'est-à-dire qu'il peut valoir la peine d'attendre de voir ce qui se passe si l'incertitude est trop élevée, même si le coût de l'attente est élevé.

Les autres applications de cette option sont extrêmement nombreuses. Pour illustrer tout ceci, voici quelques exemples supplémentaires rapides de l'option de croissance :

- Supposons qu'une entreprise pharmaceutique envisage de développer un nouveau type d'insuline pouvant être inhalé et absorbé directement par le sang. Une idée nouvelle et honorable. Imaginez ce que cela représenterait pour les diabétiques qui n'auraient plus besoin d'injections fréquentes et douloureuses. Le problème est que ce nouveau type d'insuline nécessite un tout nouvel effort de développement, mais si les incertitudes liées au marché, à la concurrence, au développement du médicament et à l'approbation des autorités sanitaires sont élevées, alors peut-être l'entreprise commencera-t-elle par développer un médicament à base d'insuline pouvant être pris par voie orale. Cette version est

un précurseur requis de la version inhalable. L'entreprise pharmaceutique peut décider de prendre le risque d'accélérer le développement de la version inhalable ou d'acheter une option pour différer, afin d'attendre de voir si la version par voie orale fonctionne. Si le précurseur fonctionne, alors l'entreprise peut prendre une option de croissance en passant à la version inhalable. Combien l'entreprise devrait-elle être prête à dépenser en tests supplémentaires sur le précurseur et dans quelles circonstances la version inhalable devrait-elle être implémentée immédiatement? Supposons que l'effort de développement du précurseur intermédiaire produise une valeur actualisée nette de 100 millions, mais à tout moment au cours des 2 prochaines années, 50 millions supplémentaires peuvent être investis dans le précurseur afin de le transformer en version inhalable, ce qui triplera la valeur actualisée nette. Cependant, après la modélisation du risque de succès technique et des incertitudes du marché (menaces concurrentielles, ventes et structure tarifaire), la volatilité annualisée des flux monétaires en utilisant l'approche des rendements de la valeur actualisée logarithmique est de 45%. Supposons que le taux hors risque est de 5% pour la période de 2 ans. *En utilisant SLS, les résultats de l'analyse produisent 254,95 millions, ce qui indique que la valeur de l'option d'attente et de différé vaut plus de 4,95 millions en prenant en compte la valeur actualisée nette de 250 millions en cas d'exécution immédiate. En manipulant divers scénarios, le point d'équilibre se trouve quand le taux de dividende est de 1,34%. Cela signifie que si le coût de l'attente (bénéfices nets perdus au niveau des ventes à cause de la recherche d'un marché plus petit au lieu du marché plus grand, et perte de part de marché dû au retard) dépasse 1,34 million par an, alors il n'est pas optimal d'attendre et l'entreprise pharmaceutique devrait immédiatement travailler sur la version inhalable. La perte de rendements générés chaque année ne couvre pas suffisamment les risques encourus.*

Une entreprise de pétrole et de gaz envisage un projet d'exploration et de forage en haute mer. La plate-forme fournit une valeur actualisée nette attendue de 1 000 millions. Ce projet compte de nombreux risques (les cours du pétrole et le taux de production sont incertains) et la volatilité annualisée est calculée à 55%. L'entreprise envisage l'achat d'une option de croissance en dépensant 10 millions supplémentaires pour construire une plate-forme légèrement plus grande dont elle n'a pas actuellement besoin, mais si les cours du pétrole sont élevés ou quand le taux de production est faible, l'entreprise peut exécuter cette option de croissance et exécuter un forage supplémentaire afin d'obtenir plus de pétrole à vendre au prix fort, ce qui coûtera 50 millions supplémentaires, augmentant ainsi la valeur nette actualisée de 20%. La durée de vie économique de cette plate-forme est de 10 ans et le taux hors risque pour la période correspondante est de 5%. Est-ce que cette plate-forme légèrement plus grande en vaut la peine? *En utilisant SLS, la valeur de l'option est de 27,12 millions en appliquant un treillis à 100 étapes. Donc, le coût de l'option (10 millions) en vaut la peine. Cependant, cette option de croissance ne vaudra pas la peine si les dividendes annuels dépassent 0,75% ou 7,5 millions par an—il s'agit des bénéfices nets annuels perdus si l'entreprise attend et ne forge pas, comme pourcentage de la valeur actualisée nette de référence.*

La figure 32 montre une option de croissance des Bermudes avec certaines étapes d'acquisition des droits et d'interdiction, et la figure 33 montre une option de croissance personnalisée pour prendre en compte le fait que le facteur de croissance change dans le temps. Bien sûr, il existe d'autres façons de personnaliser l'option de croissance, notamment la modification du coût d'implémentation de la croissance.

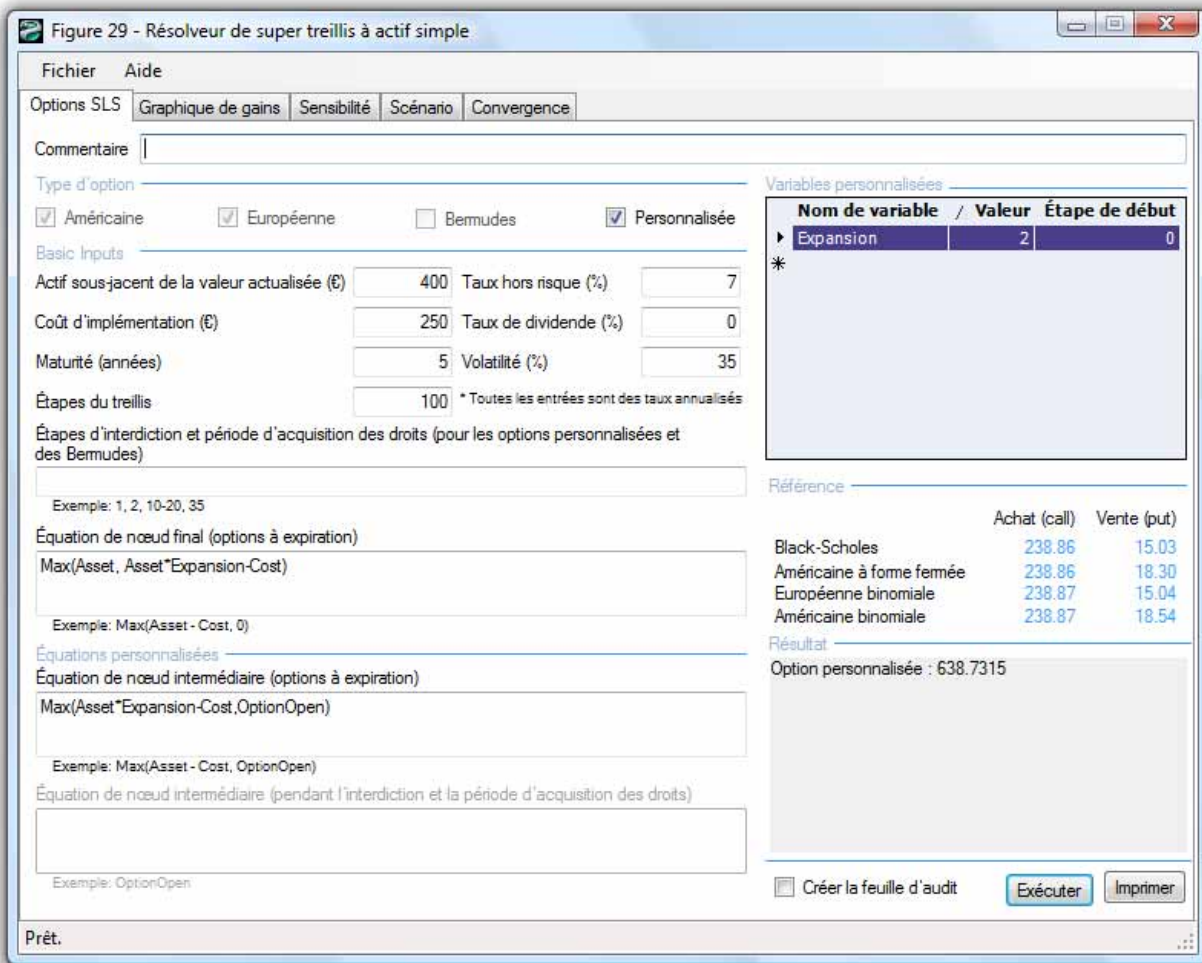


Figure 29 – Options de croissance américaine et européenne avec un treillis à 100 étapes

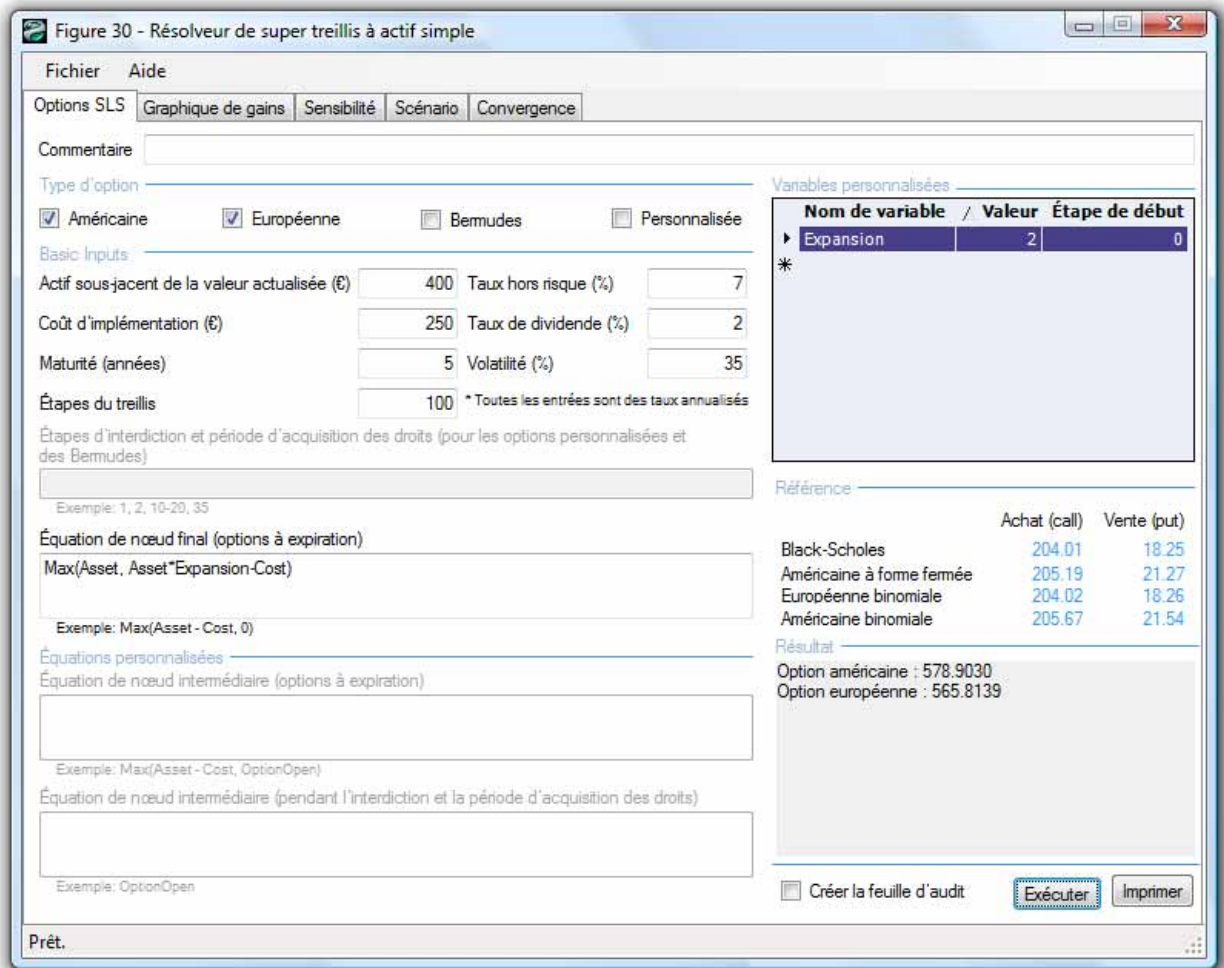


Figure 30 – Options de croissance américaine et européenne avec un taux de dividende

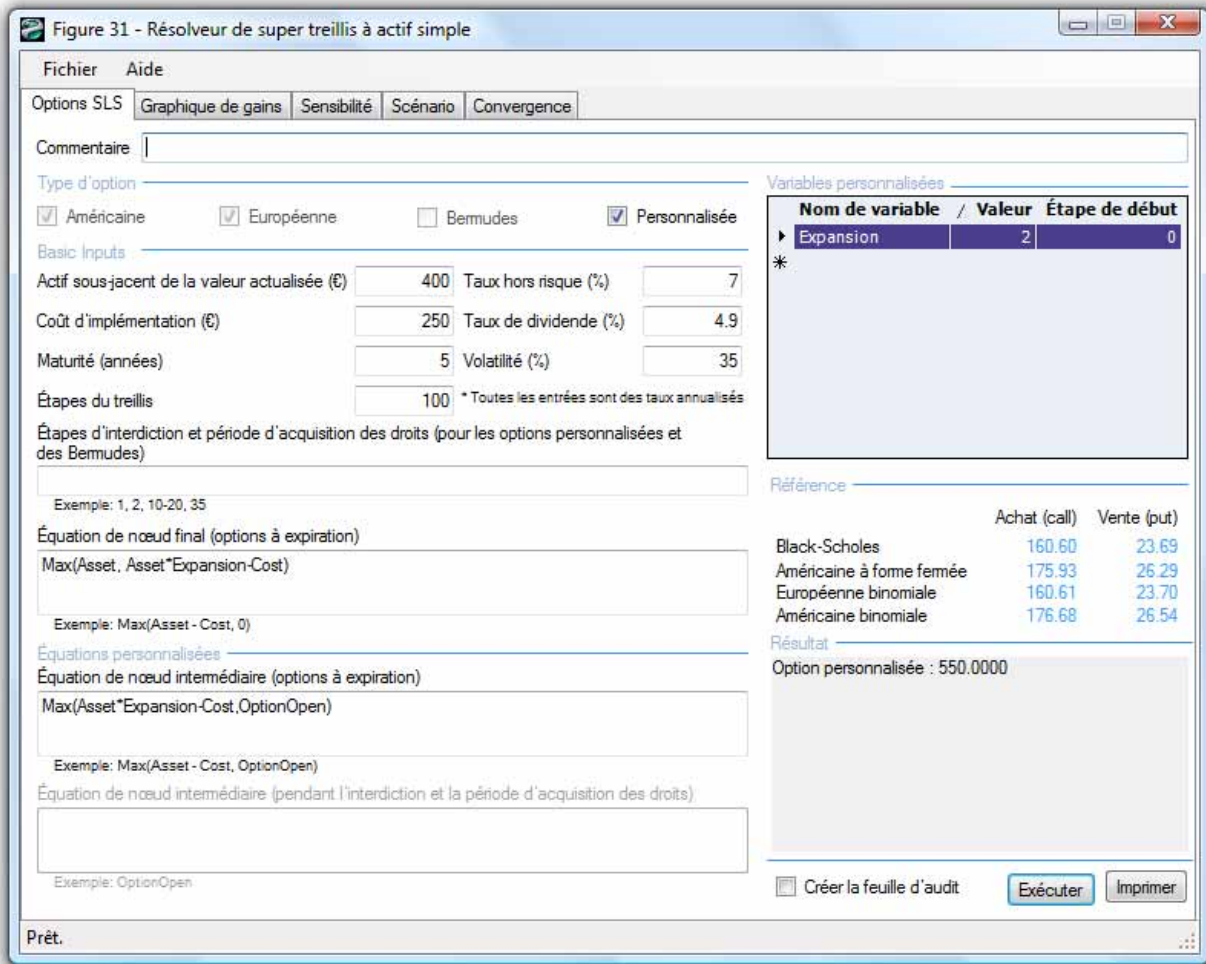


Figure 31 – Valeur de déclenchement optimale du taux de dividende

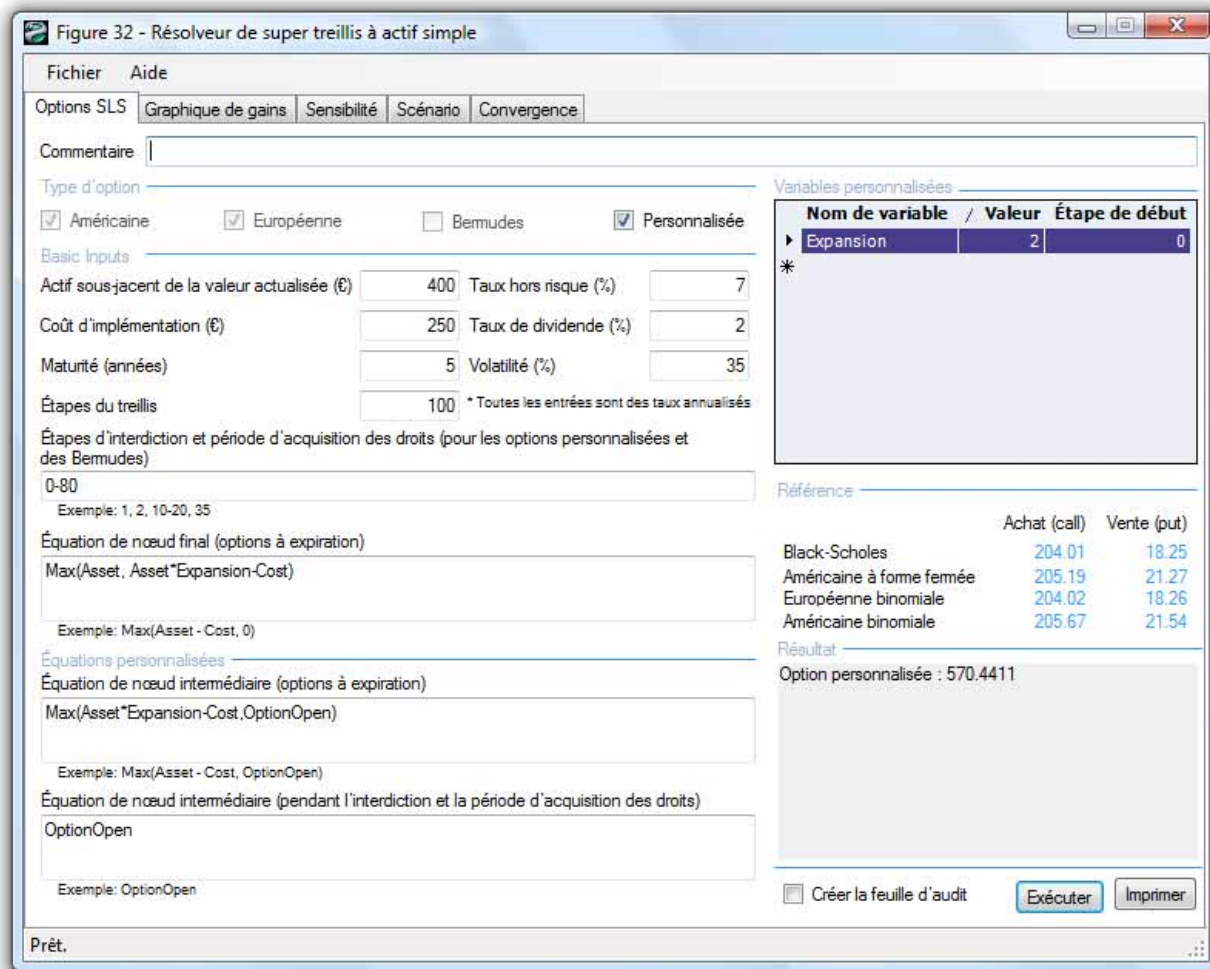


Figure 32 – Option de croissance des Bermudes

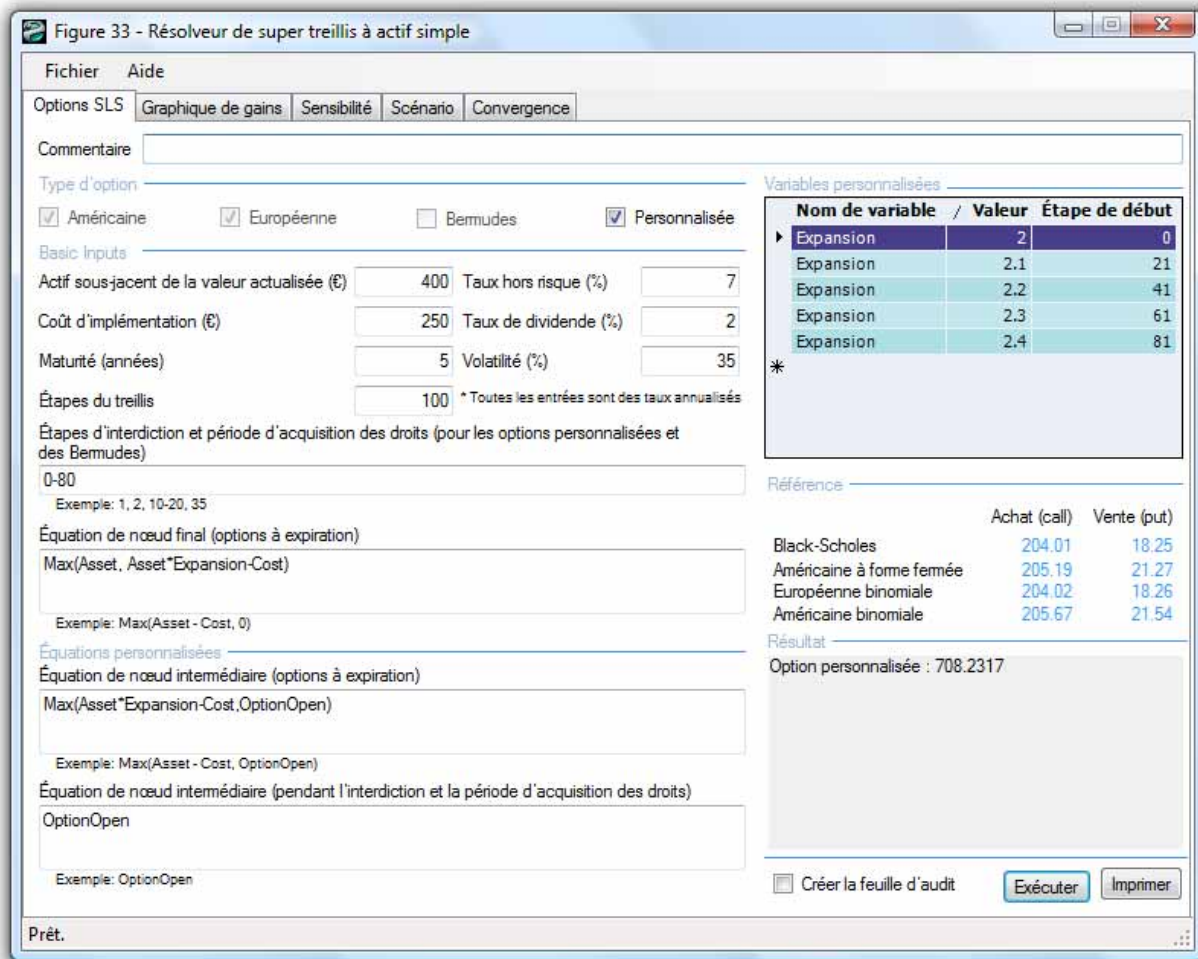


Figure 33 – Option de croissance personnalisée

Options de contraction, de croissance et d'abandon

L'option de contraction, de croissance et d'abandon s'applique quand une entreprise a trois options **différentes et mutuellement exclusives** pour un seul projet parmi lesquelles elle peut choisir à différents moment jusqu'à expiration. Attention, ces options sont mutuellement exclusives. C'est-à-dire que vous ne pouvez exécuter aucune combinaison de croissance, de contraction et d'abandon en même temps. Vous ne pouvez exécuter qu'une option à la fois. C'est-à-dire, pour des options mutuellement exclusives, utilisez un seul modèle pour calculer la valeur de l'option comme l'illustre la figure 34 (exemple de fichier utilisé : *Croissance, contraction, abandon - Option américaine et européenne*). Cependant, si les options ne s'excluent pas mutuellement, calculez-les individuellement dans différents modèles et additionnez les valeurs pour obtenir la valeur totale de la stratégie.

The screenshot shows the 'Figure 34 - Résolveur de super treillis à actif simple' software interface. It includes a menu bar (Fichier, Aide), tabs for 'Options SLS' (Graphique de gains, Sensibilité, Scénario, Convergence), and a 'Commentaire' field. The 'Type d'option' section has checkboxes for 'Américaine' (checked), 'Européenne' (checked), 'Bermudes', and 'Personnalisée'. The 'Basic Inputs' section contains fields for 'Actif sous-jacent de la valeur actualisée (€)' (100), 'Taux hors risque (%)' (5), 'Coût d'implémentation (€)' (100), 'Taux de dividende (%)' (0), 'Maturité (années)' (5), and 'Volatilité (%)' (15). The 'Étapes du treillis' field is set to 100. The 'Équation de nœud final' is $\text{Max}(\text{Asset}, \text{Asset} * \text{Expansion} - \text{ExpandCost}, \text{Asset} * \text{Contraction} + \text{ContractSavings}, \text{Salvage})$. The 'Variables personnalisées' table is as follows:

Nom de variable	Valeur	Étape de début
Contraction	0.9	0
Expansion	1.3	0
ExpandCost	25	0
ContractSavings	25	0
Salvage	100	0

The 'Référence' table shows option values:

	Achat (call)	Vente (put)
Black-Scholes	26.00	3.88
Américaine à forme fermée	26.00	6.41
Européenne binomiale	26.00	3.88
Américaine binomiale	26.00	6.44

The 'Résultat' section shows: 'Option américaine : 117.4220' and 'Option européenne : 116.3954'. There are buttons for 'Créer la feuille d'audit', 'Exécuter', and 'Imprimer'.

Figure 34 – Options de croissance, de contraction et d'abandon américaines, européennes et personnalisées

La figure 35 illustre une option des Bermudes avec les mêmes paramètres mais avec certaines périodes d'interdiction (exemple de fichier utilisé : *Croissance, contraction, abandon – Option des Bermudes*), et la figure 36 (exemple de fichier utilisé : *Croissance, contraction, abandon – Option personnalisée I*) illustre une option personnalisée plus complexe, où au cours d'une période d'acquisition des droits préalable, l'option de croissance n'existe pas encore (peut-être la technologie en cours de développement n'est-elle pas encore assez avancée dans les étapes initiales pour être utilisée afin de créer une technologie dérivée). En outre, pendant la période après l'acquisition des droits mais avant la maturité, l'option de contraction ou d'abandon n'existe pas (peut-être la technologie n'est-elle pas étudiée pour trouver des possibilités de technologies dérivées), et ainsi de suite. Enfin, la figure 37 utilise le même exemple que la figure 36 mais les paramètres d'entrée (valeur de récupération) peuvent changer dans le temps, prenant peut-être en compte l'augmentation de la valeur du projet, de l'actif ou de l'entreprise en cas d'abandon à différents moments (exemple de fichier utilisé : *Croissance, contraction, abandon – Option personnalisée II*).

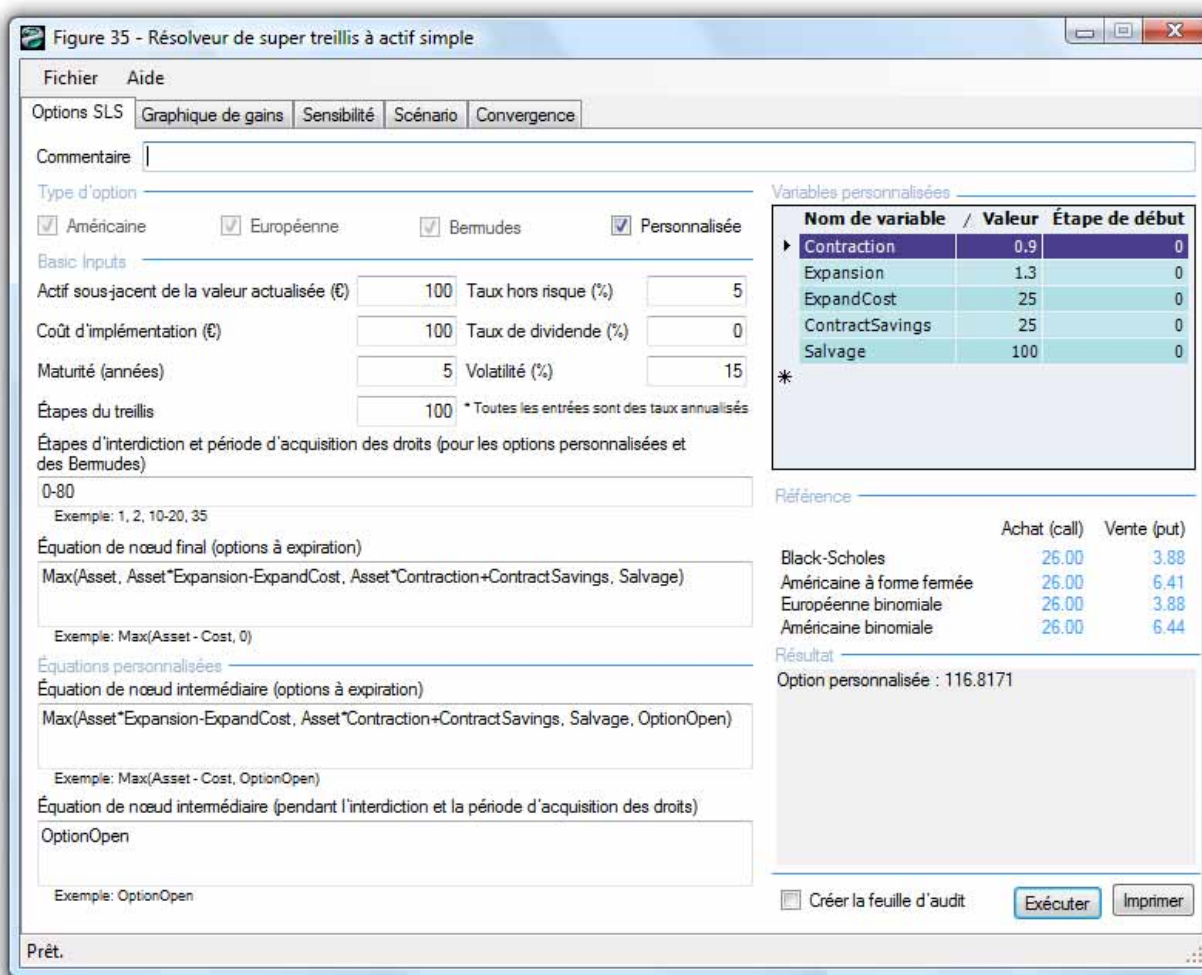


Figure 35 – Option de croissance, de contraction et d'abandon des Bermudes

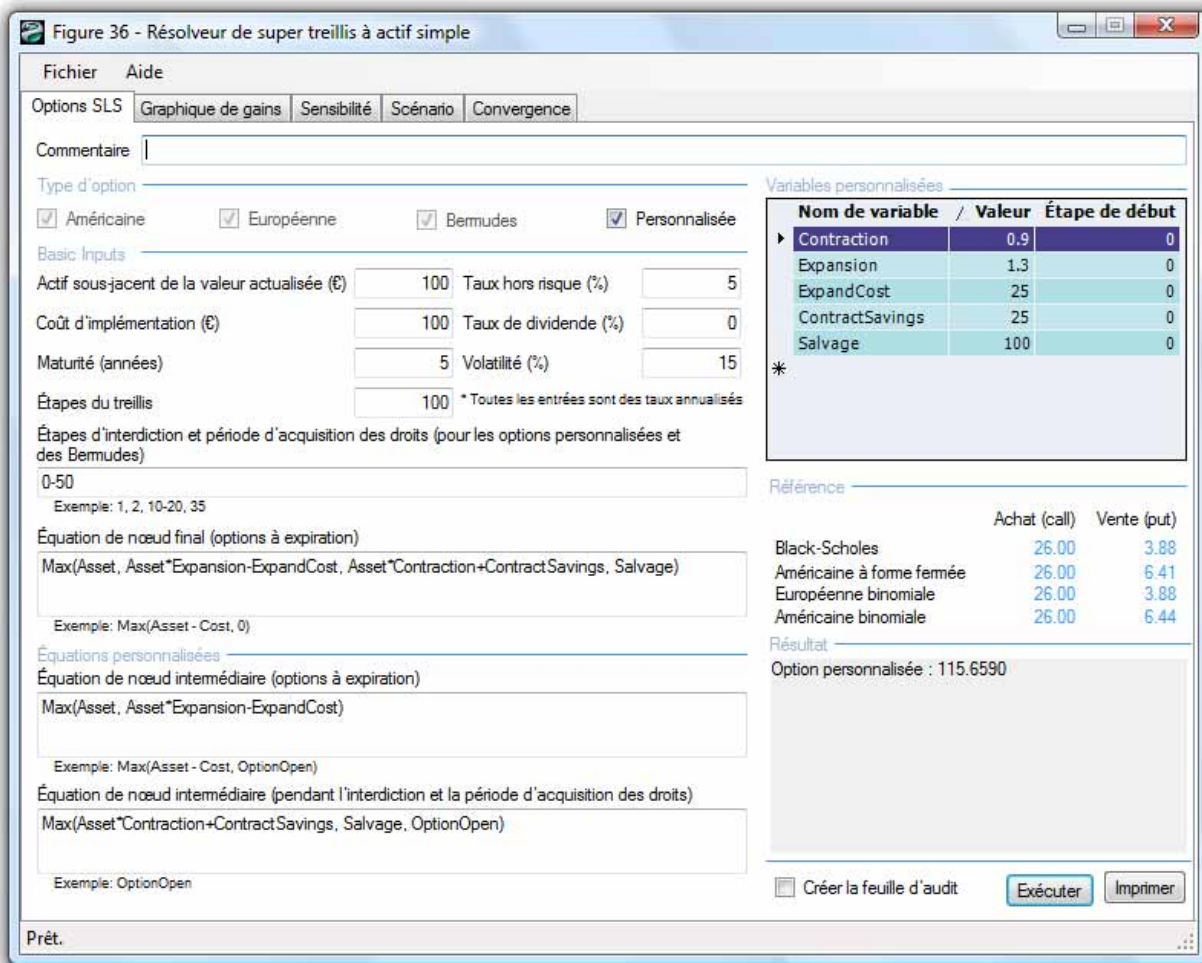


Figure 36 – Options personnalisées avec capacités mélangées de croissance, de contraction et d'abandon

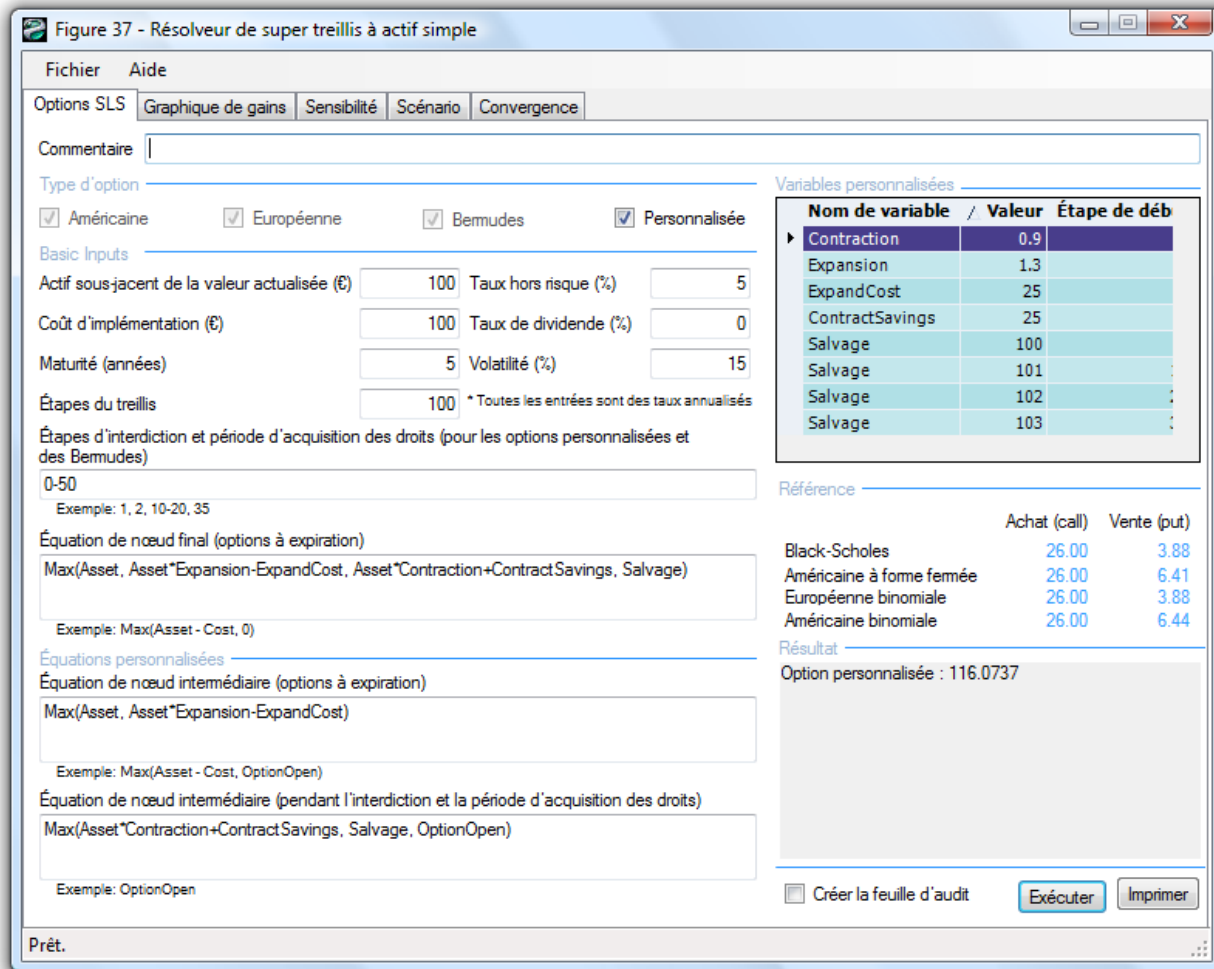


Figure 37 – Options personnalisées avec capacités mélangées de croissance, de contraction et d'abandon et paramètres d'entrée changeants

Options d'achat américaines, européennes et des Bermudes de base

La figure 38 montre le calcul d'options américaines, européennes et des Bermudes de base sans dividendes (exemple de fichier utilisé : *Option d'achat américaine ou européenne contre Bermudes*), et la figure 39 montre le calcul des mêmes options avec un taux de dividende. Bien sûr, les options européennes ne peuvent être exécutées qu'à la fermeture et pas avant, les options américaines permettent une exécution précoce et les options des Bermudes permettent une exécution précoce sauf pendant les périodes d'interdiction ou d'acquisition des droits. Notez que les résultats pour les trois options sans dividendes sont identiques pour les options d'achat simples, mais qu'ils sont différents si des dividendes existent. Quand des dividendes sont inclus, les valeurs de l'option d'achat simple américaine \geq Bermudes \geq européenne dans la plupart des cas de base, comme l'illustre la figure 39 (insérez un taux de dividende de 5 % et des périodes d'interdiction de 0-50). Bien sûr, cette généralité ne s'applique qu'aux options d'achat classiques Vanille et ne s'appliquent pas nécessairement aux autres options exotiques (par ex. les options des Bermudes avec acquisition des droits et comportement d'exercice sous-optimal ont tendance à parfois avoir une valeur supérieure en présence d'interdictions et d'acquisition des droits que des options américaines standard avec les mêmes paramètres d'exercice sous-optimal.).

Figure 38 - Résolveur de super treillis à actif simple

Fichier Aide

Options SLS Graphique de gains Sensibilité Scénario Convergence

Commentaire

Type d'option

Américaine Européenne Bermudes Personnalisée

Basic Inputs

Actif sous-jacent de la valeur actualisée (£) Taux hors risque (%)

Coût d'implémentation (£) Taux de dividende (%)

Maturité (années) Volatilité (%)

Étapes du treillis * Toutes les entrées sont des taux annualisés

Étapes d'interdiction et période d'acquisition des droits (pour les options personnalisées et des Bermudes)

Exemple: 1, 2, 10-20, 35

Équation de nœud final (options à expiration)

Exemple: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0)$

Équations personnalisées

Équation de nœud intermédiaire (options à expiration)

Exemple: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, \text{OptionOpen})$

Équation de nœud intermédiaire (pendant l'interdiction et la période d'acquisition des droits)

Exemple: OptionOpen

Variables personnalisées

Nom de variable /	Valeur	Étape de début
*		

Référence

	Achat (call)	Vente (put)
Black-Scholes	12.34	7.46
Américaine à forme fermée	12.34	7.85
Européenne binomiale	12.33	7.46
Américaine binomiale	12.33	7.97

Résultat

Option américaine : 12.3113
 Option européenne : 12.3113
 Option des Bermudes : 12.3113

Créer la feuille d'audit

Prêt.

Figure 38 – Options américaines, des Bermudes et européennes simples sans dividendes

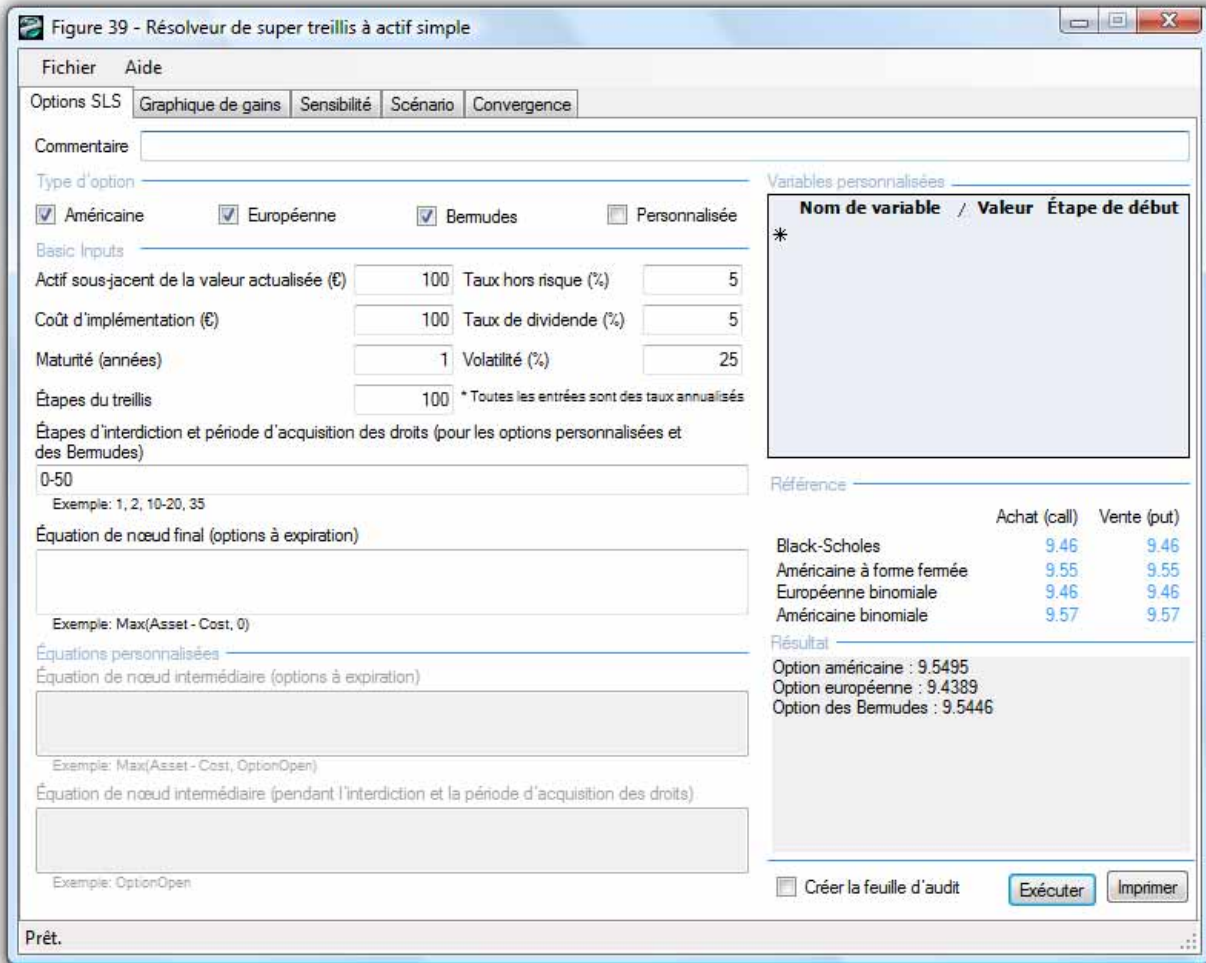


Figure 39 – Options américaines, des Bermudes et européennes simples avec dividendes et étapes d'interdiction

Options de vente américaines, européennes et des Bermudes de base

Les *options de vente américaines et européennes* sans dividendes sont calculées en utilisant SLS comme l'illustre la figure 40. Les résultats de cet exemple de calcul indiquent la valeur stratégique de la valeur actualisée nette du projet et fournissent une option permettant de vendre le projet au cours de la *maturité* spécifiée en années. Il se peut que la valeur du projet soit considérablement supérieure ou inférieure à l'estimation à point unique de la *valeur actualisée de l'actif* (mesurée par la valeur actualisée de tous les flux monétaires actualisés futurs incertains à un taux de rendement ajusté au risque. Donc, l'option de *différer* et d'*attendre* jusqu'à ce que certaines incertitudes soient résolues dans le temps vaut plus qu'une exécution immédiate. La valeur de pouvoir attendre avant d'exécuter l'option et vendre le projet au *coût d'implémentation* en valeurs actualisées est la valeur de l'option. La valeur actualisée nette d'une exécution immédiate est simplement le *coût d'implémentation* moins la *valeur de l'actif* (\$0). La valeur de pouvoir attendre et différer la vente de l'actif seulement si la condition empire et devient optimale pour la vente est la différence entre le résultat calculé (valeur stratégique totale) et la valeur actualisée nette ou \$24,42 pour l'option américaine et \$20,68 pour l'option européenne. L'option de vente américaine vaut plus que l'option de vente européenne même en l'absence de dividendes, contrairement aux options d'achat discutées précédemment. Pour les options d'achat simples, en l'absence de dividendes, il n'est jamais optimal de les exécuter précocement. Cependant, il peut parfois être optimal d'exécuter une option de vente précocement, que des taux de dividende existent ou non. En fait, un taux de dividende diminue la valeur d'une option d'achat mais augmente la valeur d'une option de vente. En effet, quand des dividendes sont payés, la valeur de l'actif diminue. Ainsi, l'option d'achat vaudra moins et l'option de vente vaudra plus. Plus le taux de dividende est élevé, plus tôt l'option d'achat devrait être exécutée et plus tard l'option de vente devrait être exécutée.

L'option de vente peut être résolue en définissant l'équation de nœud terminal sur $Max(Cost-Asset, 0)$ comme l'illustre la figure 40 (exemple de fichier utilisé : *Classique Vanille – Option de vente*).

Les options de vente ont un résultat similaire aux options d'achat, du fait que quand les dividendes sont inclus, les valeurs des options de vente américaines \geq Bermudes \geq européennes dans la plupart des cas de base. Vous pouvez le vérifier en définissant le taux de dividende sur 3 % et les étapes d'interdiction sur 0-80, puis en réexécutant le module SLS.

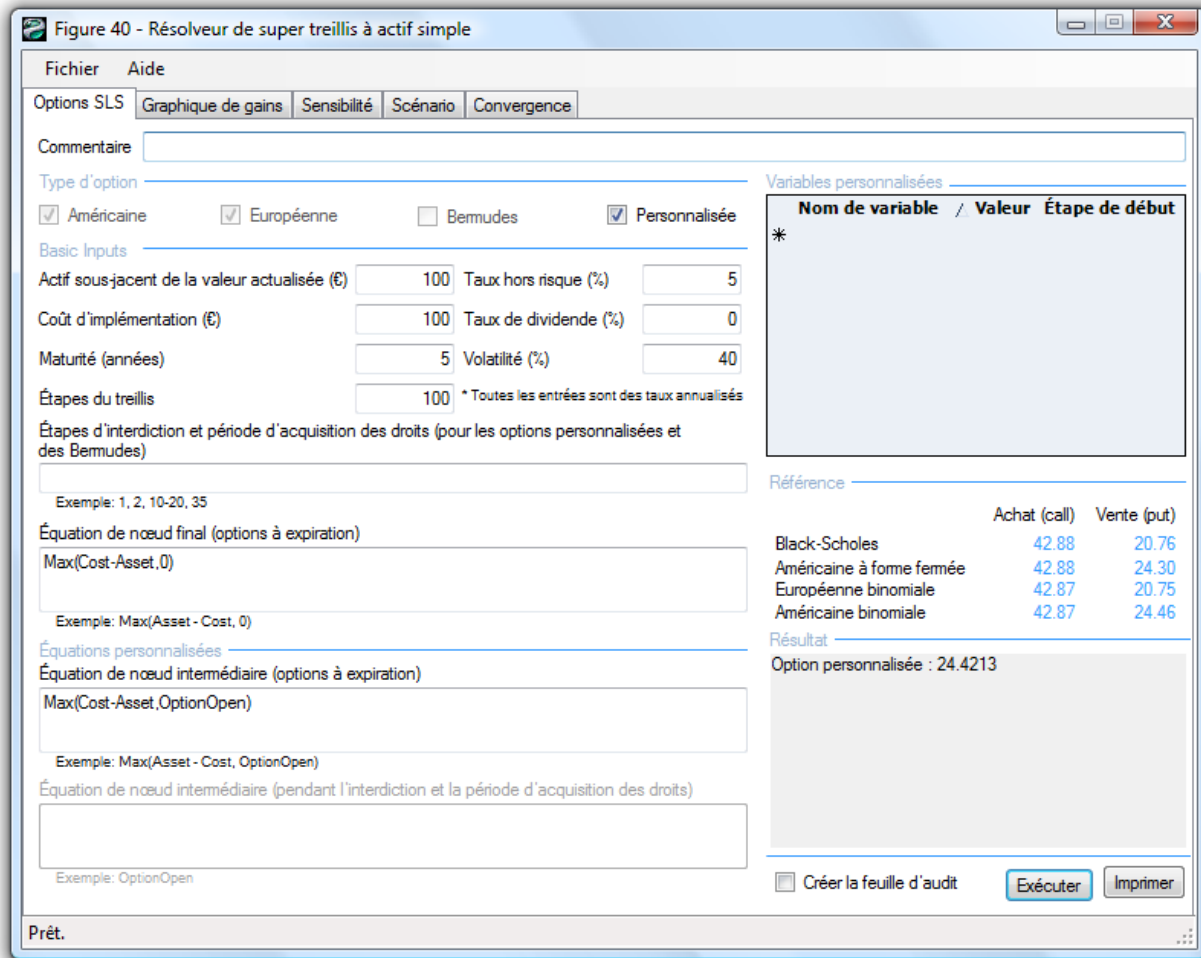


Figure 40 – Options de vente américaine et européenne avec SLS

Options à choix différé exotiques

De nombreux types d'options définies par l'utilisateur et exotiques peuvent être résolues avec SLS et MSLS. Par exemple, la figure 41 montre une simple option à choix différé exotique (exemple de fichier utilisé : *Option à choix différé exotique*). Dans cette analyse simple, le détenteur de l'option a deux options, achat et vente. Au lieu de devoir acheter ou obtenir deux options séparées, il obtient une seule option, qui lui permet de choisir si l'option sera une option d'achat ou de vente, ce qui réduit le coût lié à l'obtention de deux options séparées. Par exemple, avec les paramètres d'entrée illustrés à la figure 41, l'option à choix différé américaine vaut \$6,7168, au lieu de \$4,87 pour l'option d'achat et \$2,02 pour l'option de vente (coût total de \$6,89 pour deux options séparées).

Figure 41 - Résolveur de super treillis à actif simple

Fichier Aide

Options SLS Graphique de gains Sensibilité Scénario Convergence

Commentaire

Type d'option

Américaine Européenne Bermudes Personnalisée

Basic Inputs

Actif sous-jacent de la valeur actualisée (€) Taux hors risque (%)

Coût d'implémentation (€) Taux de dividende (%)

Maturité (années) Volatilité (%)

Étapes du treillis * Toutes les entrées sont des taux annualisés

Étapes d'interdiction et période d'acquisition des droits (pour les options personnalisées et des Bermudes)

Exemple: 1, 2, 10-20, 35

Équation de nœud final (options à expiration)

$\text{Max}(\text{Asset}-\text{Cost}, \text{Cost}-\text{Asset}, 0)$

Exemple: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0)$

Équations personnalisées

Équation de nœud intermédiaire (options à expiration)

$\text{Max}(\text{Asset}-\text{Cost}, \text{Cost}-\text{Asset}, \text{OptionOpen})$

Exemple: $\text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, \text{OptionOpen})$

Équation de nœud intermédiaire (pendant l'interdiction et la période d'acquisition des droits)

Exemple: OptionOpen

Variables personnalisées

Nom de variable	Valeur	Étape de début
*		

Référence

	Achat (call)	Vente (put)
Black-Scholes	4.88	1.56
Américaine à forme fermée	4.88	2.01
Européenne binomiale	4.87	1.56
Américaine binomiale	4.87	2.02

Résultat

Option personnalisée : 6.7168

Créer la feuille d'audit

Prêt.

Figure 41 – Option à choix différé exotique américaine et européenne avec SLS

Une option à choix différé plus complexe peut être élaborée en utilisant MSLS comme l'illustrent la figure 42 (exemple de fichier du module d'option à actifs multiples utilisé : *Option à choix différé européenne flottante complexe exotique*) et la figure 43 (exemple de fichier utilisé : *Option à choix différé américaine flottante complexe exotique*). Dans ces exemples, les coûts d'exécution de l'achat par rapport aux coûts d'exécution de la vente sont définis à des niveaux différents. Voici un exemple intéressant d'option à choix différé complexe : une entreprise développe une nouvelle technologie qui est extrêmement incertaine et risquée. L'entreprise essaie de couvrir son risque de perte tout en essayant aussi de capitaliser sa chance de gain en créant une option à choix différé. C'est-à-dire que l'entreprise peut décider de fabriquer la technologie elle-même une fois la phase de recherche et développement terminée au lieu de vendre la propriété intellectuelle de la technologie, à des coûts différents. Pour compliquer encore les choses vous pouvez utiliser MSLS afin de résoudre facilement et rapidement la situation où la fabrication de la technologie et la vente de l'option ont une volatilité et un moment de choix différents.

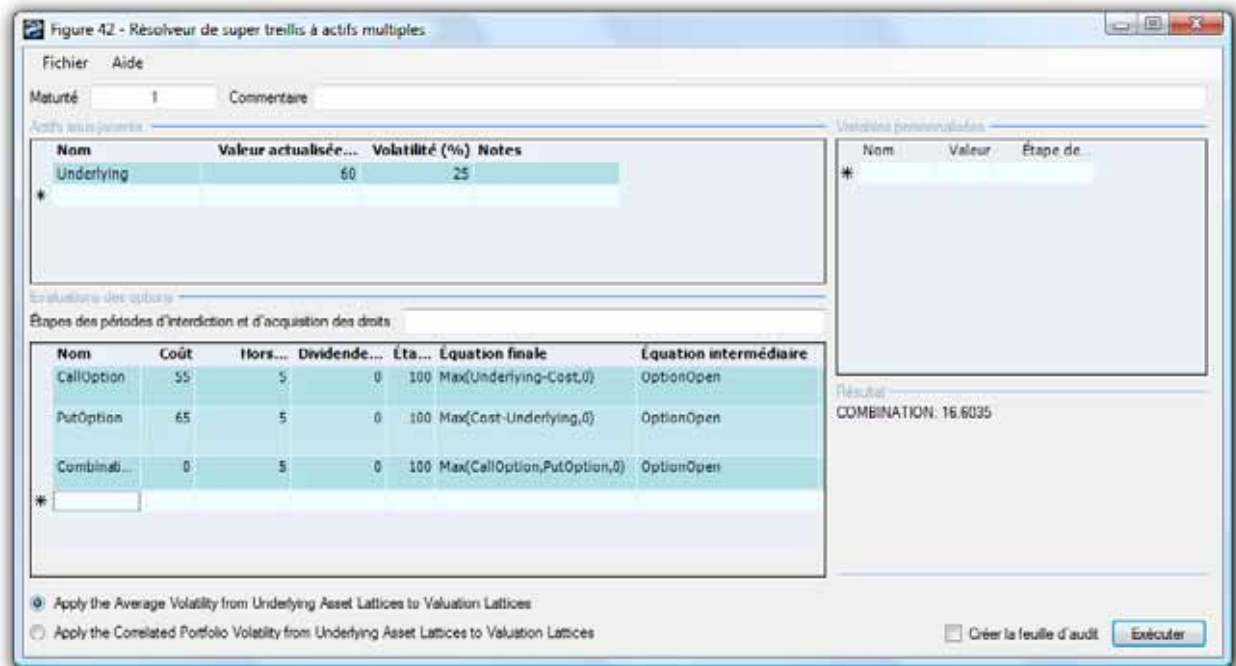


Figure 42 – Option à choix différé exotique européenne complexe avec MSLS

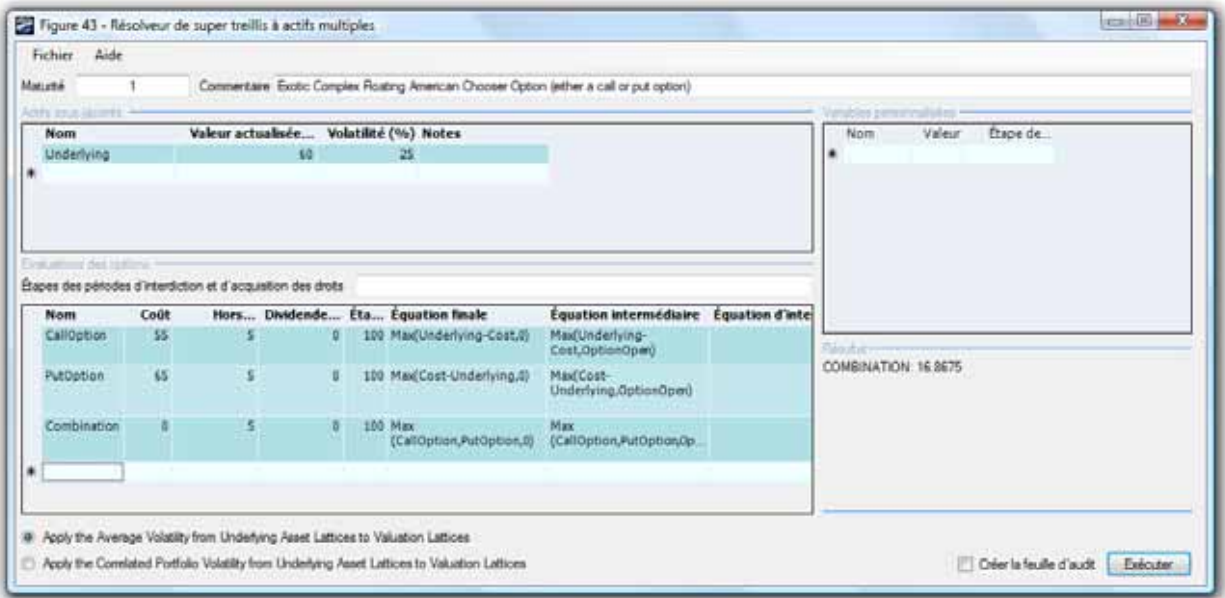


Figure 43 – Option à choix différé exotique américaine complexe avec MSLS

Options composées séquentielles

Les options composées séquentielles sont applicables aux investissements de recherche et développement ou à tout autre investissement à plusieurs étapes. MSLS est nécessaire pour résoudre les options composées séquentielles. Le moyen le plus simple de comprendre cette option est de commencer avec un exemple à deux phases, comme illustré à la figure 44. Dans cet exemple, la direction a la possibilité de décider si la phase II (PII) doit être implémentée après avoir obtenu les résultats de la phase I (PI). Par exemple, un projet pilote ou une étude de marché en phase I indique que le marché n'est pas encore prêt pour le produit, et la phase II n'est donc pas implémentée. La seule perte est le coût de la phase I, et non la totalité du coût d'investissements pour les phases I et II. Un exemple ci-dessous illustre la façon dont l'option est analysée.

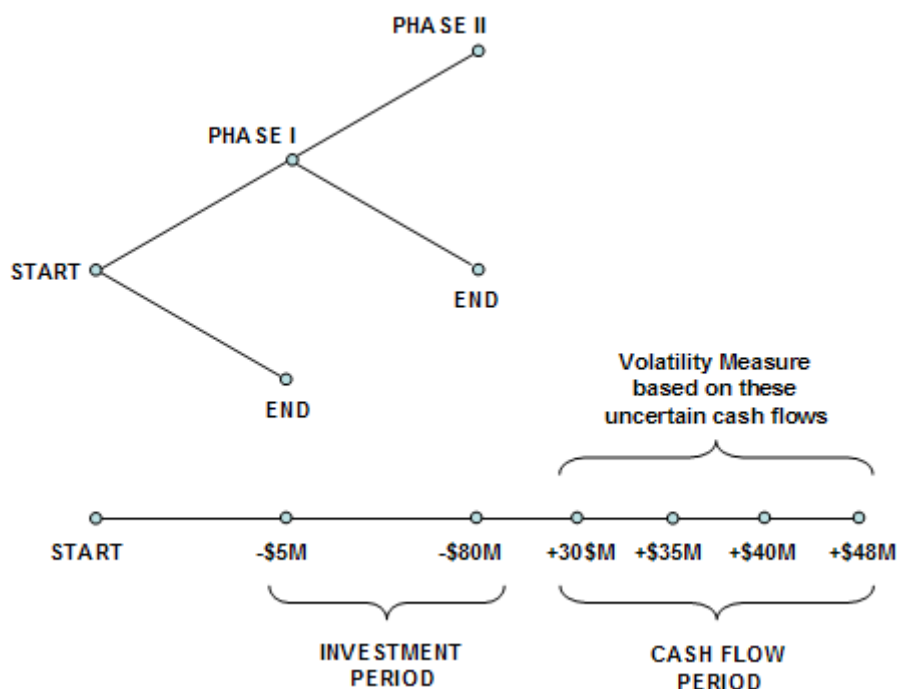


Figure 44 – Représentation graphique d'une option composée séquentielle à deux phases

L'illustration à la figure 44 est précieuse pour expliquer et communiquer à la direction les aspects d'une option composée séquentielle américaine et son fonctionnement. Sur l'illustration, l'investissement de la *phase I* de $-\$5M$ (en dollars de valeur actualisée) l'année 1 est suivi par l'investissement de la *phase II* de $-\$80M$ (en dollars de valeur actualisée) l'année 2. Il faut espérer que des flux monétaires nets (CF) suivront au cours des années 3 à 6, générant une somme de *valeur actualisée de l'actif* de $\$100M$ (flux monétaires actualisés à un taux d'actualisation ou de rendement minimal de 9,7 %), et la *volatilité* de ces flux monétaires est de 30 %. Avec un taux hors risque de 5 %, la valeur stratégique est calculée à $\$27,67$ comme illustré à la figure 45 en utilisant un treillis à 100 étapes. Cela signifie que la valeur stratégique de l'option de pouvoir *différer* les investissements et *attendre de voir* jusqu'à ce que de plus amples informations deviennent disponibles et que les incertitudes soient résolues vaut $\$12,67M$ car la valeur actualisée nette vaut $\$15M$ ($\$100M - \$5M - \$85M$). En d'autres termes, la *valeur attendue d'informations parfaites* vaut $\$12,67M$, ce qui indique que, en supposant qu'une étude de marché peut

permettre d'obtenir des informations crédibles pour décider si le projet est valable, le maximum que l'entreprise devrait dépenser dans la phase I est *en moyenne un maximum de \$17,67M* (c.-à-d. \$12,67M + \$5M) si la phase I fait partie de l'initiative de recherche de marché ou seulement \$12,67M si ce n'est pas le cas. Si le coût d'obtention des informations crédibles dépasse cette valeur, il est alors optimal de prendre le risque et d'exécuter la totalité du projet immédiatement pour un coût de \$85M. Exemple de fichier de module à actifs multiples utilisé : *Option composée séquentielle simple à deux phases*.

Inversement, si la volatilité diminue (l'incertitude et le risque sont plus faibles), la valeur stratégique de l'option diminue. En outre, quand le coût lié à l'attente (comme décrit par le *taux de dividende* sous la forme d'un pourcentage de la *valeur de l'actif*) augmente, il vaut mieux ne pas différer et ne pas trop attendre. Ainsi, plus le taux de dividende est élevé, plus la valeur stratégique de l'option est faible. Par exemple, avec un taux de dividende de 8 % et une volatilité de 15 %, la valeur résultante est égale à la valeur actualisée nette de \$15M, ce qui signifie que la valeur de l'option est nulle et qu'il vaut mieux l'exécuter immédiatement, car le coût lié à l'attente dépasse largement la valeur de pouvoir attendre vu le niveau de volatilité (incertitude et risque). Enfin, si le risque et l'incertitude augmentent considérablement même avec un coût d'attente élevé (par ex. taux de dividende de 7 % avec une volatilité de 30 %), il reste valable d'attendre.

Ce modèle fournit aux preneurs de décisions une vue de l'équilibre optimal entre l'*attente de plus d'informations* (valeur attendue d'informations parfaites) et le *coût d'attente*. Vous pouvez analyser cet équilibre en créant des *options stratégiques de différé* des investissements pendant les phases de développement, où à chaque étape le projet est réévalué pour décider s'il est valable de poursuivre et de passer à la phase suivante. D'après les suppositions d'entrée utilisées dans le modèle, les résultats de l'*option composée séquentielle* montrent la valeur stratégique du projet, et la valeur actualisée nette est simplement la *valeur actualisée de l'actif* moins le *coût d'implémentation* des deux phases. En d'autres termes la valeur de l'option stratégique est la différence entre la valeur stratégique calculée moins la valeur actualisée nette. Nous vous conseillons de modifier les entrées de volatilité et de dividende afin de déterminer leurs interactions—en particulier, pour déterminer où les points d'équilibre se trouvent pour diverses combinaisons de volatilités et de dividendes. Ainsi, en utilisant ces informations, vous pouvez prendre de meilleures décisions *tout ou rien ou oui/non* (par exemple, les points d'équilibre de la volatilité peuvent être retrouvés dans le modèle de flux monétaires actualisés pour estimer la probabilité de transition et que cette possibilité d'attendre devient précieuse).

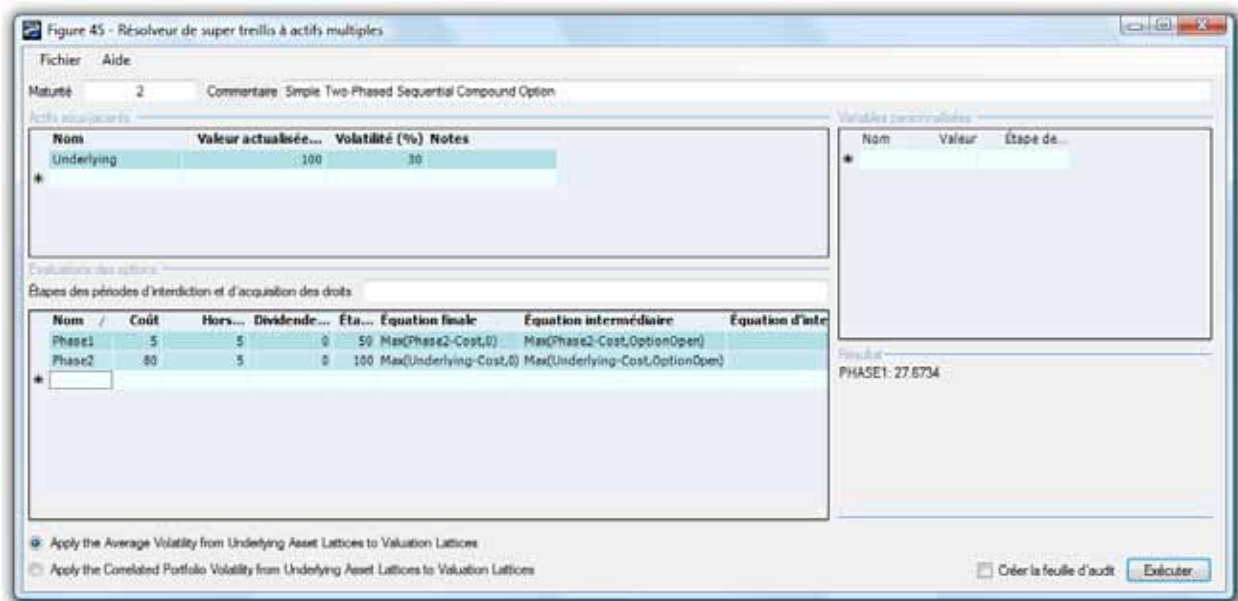


Figure 45 – Résolution d'une option composée séquentielle à deux phases avec MSLS

Options composées séquentielles à phases multiples

L'option composée séquentielle peut aussi être élargie à multiples phases en utilisant MSLS. Vous trouverez une représentation graphique d'un investissement à phases multiples à la figure 46. L'exemple illustre un projet à phases multiples, où à chaque phase la direction a le choix et la souplesse de passer à la phase suivante si tout va bien, ou sinon, de mettre fin au projet. D'après les suppositions d'entrée, les résultats dans MSLS indiquent la valeur stratégique calculée du projet, alors la valeur actualisée nette du projet est simplement la *valeur actualisée de l'actif* moins tous les *coûts d'implémentation* (en valeurs actualisées) en cas d'implémentation immédiate de toutes les phases. Ainsi, avec la valeur stratégique de l'option de pouvoir différer et attendre avant d'implémenter les phases futures à cause de la volatilité, il y a une possibilité que la valeur de l'actif devienne considérablement plus importante. Donc, la possibilité d'attendre avant de prendre les décisions d'investissement dans le futur est la valeur de l'option ou valeur stratégique du projet moins la valeur actualisée nette.

La figure 47 montre les résultats obtenus en utilisant MSLS. Notez qu'à cause du processus de rétro-induction utilisé, la convention analytique est de commencer par la dernière phase et de revenir à la première phase (exemple de fichier de module à actifs multiples utilisé : *Option composée séquentielle pour phases multiples*). En termes de valeur actualisée nette, le projet vaut -\$500. Cependant, la valeur stratégique totale de l'option d'investissements à phases multiples vaut \$41,78. Cela signifie que même si en termes de valeur actualisée nette cela a l'air d'un mauvais investissement, en réalité, en couvrant les risques et les incertitudes grâce à des investissements séquentiels, le détenteur de l'option peut se retirer à tout moment et ne pas poursuivre ses investissements sauf si les perspectives sont prometteuses. Si après la première phase, les perspectives semblent mauvaises, il suffit de se retirer et d'arrêter d'investir, et la perte maximum sera de \$100 (figure 47) et non pas la totalité de l'investissement de \$1 500. Si cependant, les perspectives sont prometteuses, le détenteur de l'option peut continuer à investir par étapes. La valeur attendue des investissements en valeurs actualisées après avoir pris en compte les probabilités de mauvaises perspectives (et donc l'arrêt des investissements) par rapport à d'excellentes perspectives (et donc la poursuite des investissements) vaut en moyenne \$41,78M.

Notez que le résultat d'évaluation de l'option sera toujours supérieur ou égal à zéro (par ex. essayez de réduire la volatilité à 5 % et d'augmenter le taux de dividende à 8 % pour toutes les phases). Quand la valeur de l'option est faible ou égale à zéro, cela signifie qu'il n'est pas optimal de différer les investissements et que ce processus d'investissement à phases multiples n'est pas optimal dans ce cas. Le coût d'attente est trop élevé (dividende élevé) ou les incertitudes dans les flux monétaires sont faibles (faible volatilité), donc investissez si la valeur actualisée est positive. Dans un tel cas, bien que vous obteniez une valeur de zéro pour l'option, l'interprétation analytique est très importante ! Une valeur très faible ou égale à zéro indique que la décision optimale est de ne pas attendre.

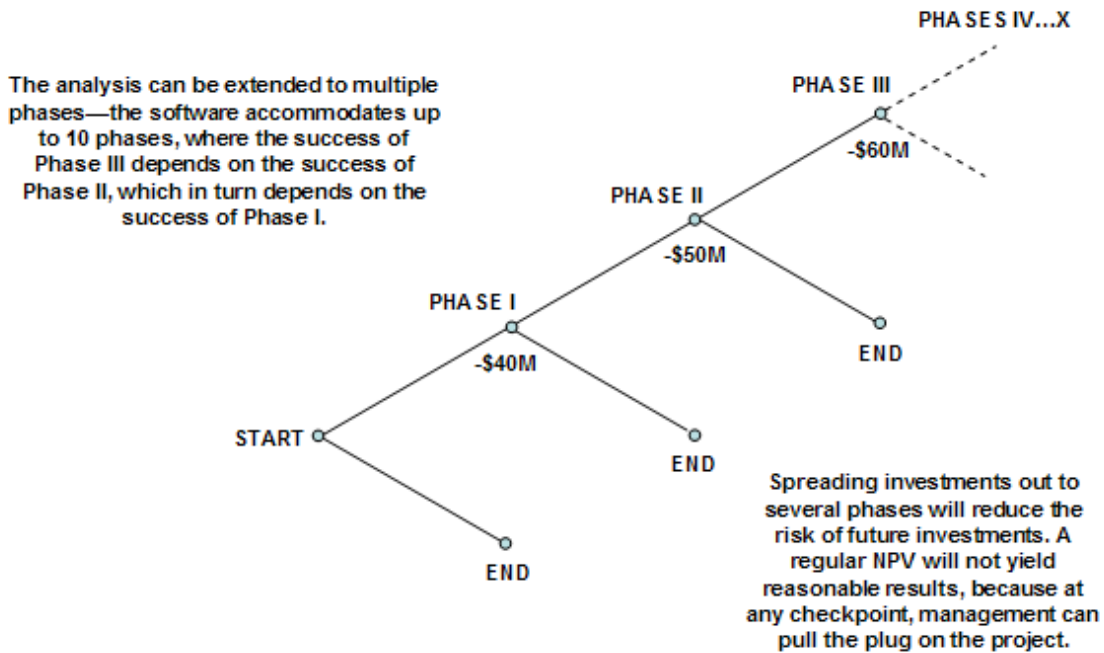


Figure 46 – Représentation graphique d’une option composée séquentielle à phases multiples

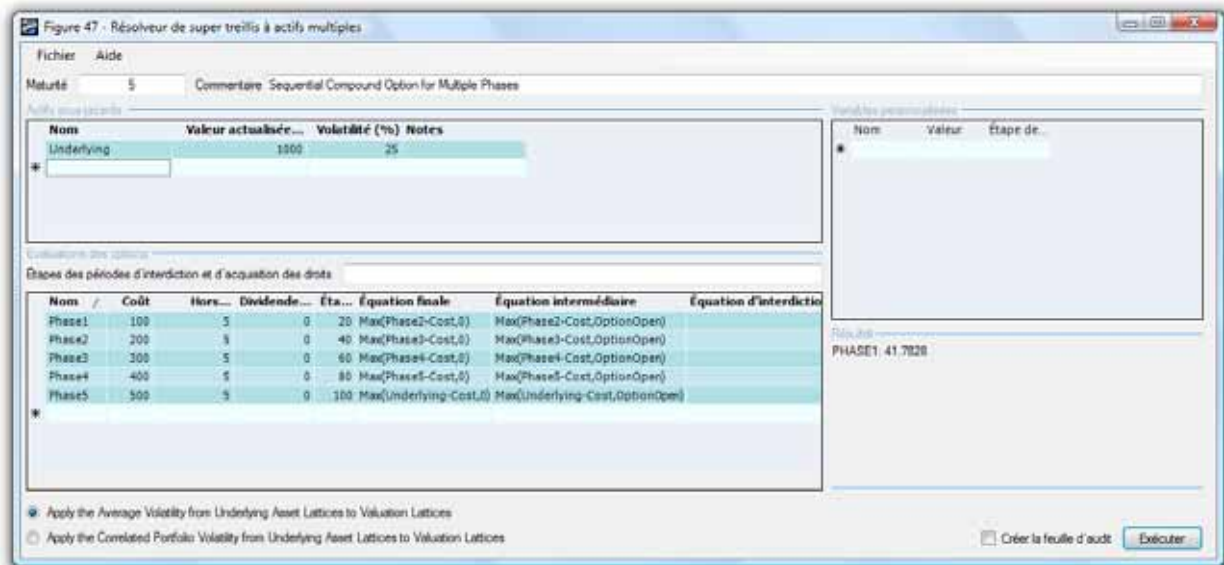


Figure 47 – Résolution d’une option composée séquentielle à phases multiples avec MSLS

Personnalisation des options composées séquentielles

L'option composée séquentielle peut être rendue plus complexe par l'ajout d'options personnalisées à chaque phase comme l'illustre la figure 48, où à chaque phase, il peut y avoir différentes combinaisons d'options mutuellement exclusives y compris la souplesse de pouvoir arrêter d'investir, d'*abandonner* et de *recupérer* le projet en retour d'une valeur, d'*accroître* la portée du projet à un autre projet (par ex. projets dérivés et croissance dans d'autres zones géographiques), de *contracter* la portée du projet pour réaliser des économies, ou de continuer et passer à la phase suivante. L'option apparemment compliquée peut être facilement résolue en utilisant MSLS comme l'illustre la figure 49 (exemple de fichier utilisé : *Option composée séquentielle complexe à phases multiples*).

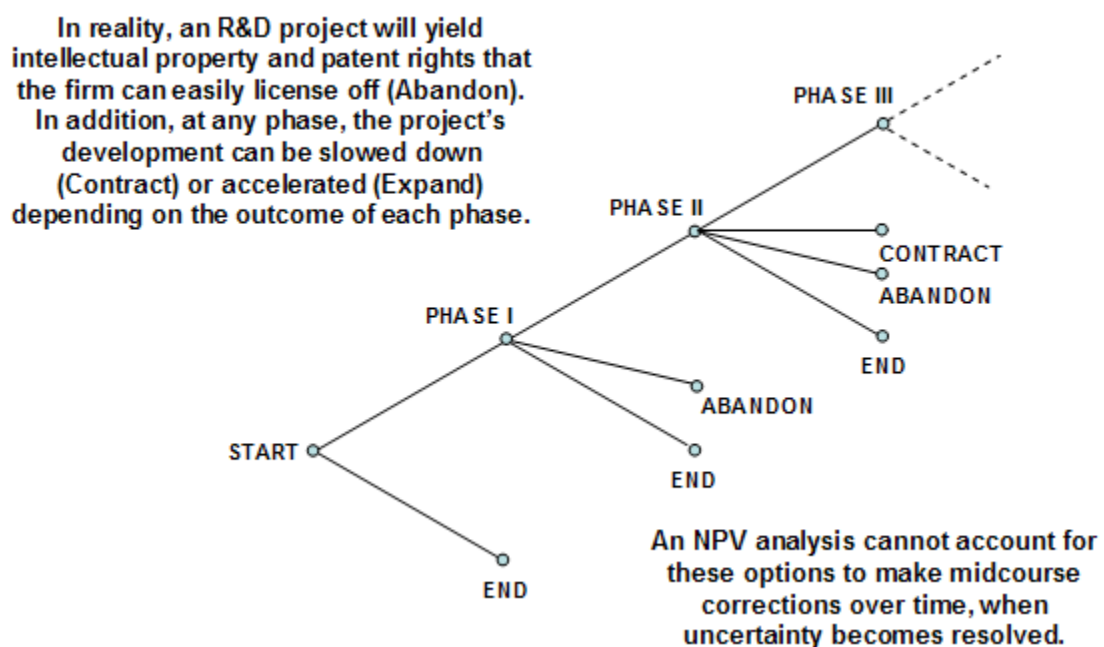


Figure 48 – Représentation graphique d'une option composée séquentielle complexe à phases multiples

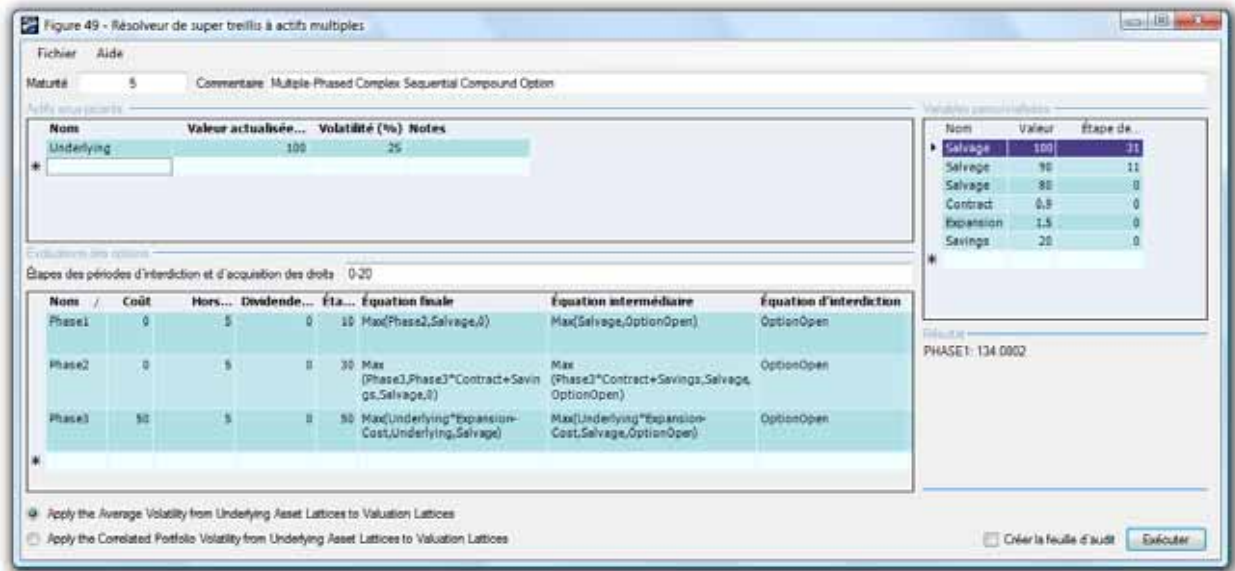


Figure 49 – Résolution d’une option composée séquentielle complexe à phases multiples avec MSLS

Pour illustrer ceci, l’option séquentielle dépendante du chemin suivi MSLS de la figure 49 utilise les entrées suivantes :

- Phase 3 : Terminal : $\text{Max}(\text{Underlying} * \text{Expansion} - \text{Cost}, \text{Underlying}, \text{Salvage})$
 Intermédiaire : $\text{Max}(\text{Underlying} * \text{Expansion} - \text{Cost}, \text{Salvage}, \text{OptionOpen})$
 Étapes : 50
- Phase 2 : Terminal : $\text{Max}(\text{Phase3}, \text{Phase3} * \text{Contract} + \text{Savings}, \text{Salvage}, 0)$
 Intermédiaire : $\text{Max}(\text{Phase3} * \text{Contract} + \text{Savings}, \text{Salvage}, \text{OptionOpen})$
 Étapes : 30
- Phase 1 : Terminal : $\text{Max}(\text{Phase2}, \text{Salvage}, 0)$
 Intermédiaire : $\text{Max}(\text{Salvage}, \text{OptionOpen})$
 Étapes : 10

Options dépendantes du chemin suivi, options indépendantes du chemin suivi, options mutuellement exclusives, options non mutuellement exclusives et options imbriquées combinatoires complexes

Les options composées séquentielles sont des *options dépendantes du chemin suivi*, où une phase dépend du succès d'une autre, contrairement aux *options indépendantes du chemin suivi* comme celles résolues avec SLS. La figure 49 montre que dans un arbre de stratégie complexe, à certaines phases, différentes combinaisons d'options existent. Ces options peuvent être *mutuellement exclusives* ou *non mutuellement exclusives*. Dans tous ces types d'options, il peut y avoir des actifs sous-jacents (par ex. le Japon a un profil risque/rendement ou profitabilité/volatilité différent de celui du Royaume-Uni ou de l'Australie). Vous pouvez construire plusieurs treillis à actifs sous-jacents de cette façon en utilisant MSLS, et les combiner de nombreuses façons différentes selon les options. Vous trouverez ci-dessous des exemples d'options dépendantes du chemin suivi par opposition à des options indépendantes du chemin suivi et mutuellement exclusives par opposition à des options non mutuellement exclusives.

- **Options indépendantes du chemin suivi et mutuellement exclusives** : Utilisez SLS pour résoudre ces types d'options en combinant toutes les options dans un seul treillis d'évaluation. Les exemples incluent l'option de croissance, de contraction et d'abandon. Elles sont mutuellement exclusives si vous ne pouvez pas croître dans un autre pays tout en abandonnant et vendant l'entreprise au même moment. Elles sont indépendantes du chemin suivi s'il n'y a pas de restrictions de temporisation, c'est-à-dire que vous pouvez croître, contracter et abandonner à tout moment de la période de maturité.
- **Options indépendantes du chemin suivi et non mutuellement exclusives** : Utilisez SLS pour résoudre ces types d'options en exécutant chacune des options non mutuellement exclusives l'une après l'autre dans SLS. Les exemples incluent l'option de faire croître votre entreprise et de l'élargir au Japon, au Royaume-Uni et à l'Australie. Elles ne sont pas mutuellement exclusives si vous pouvez choisir de croître dans n'importe quelle combinaison de pays (par ex. Japon seulement, Japon et Royaume-Uni, Royaume-Uni et Australie, etc.). Elles sont indépendantes du chemin suivi s'il n'y a pas de restrictions de temporisation, c'est-à-dire que vous pouvez croître dans n'importe quel pays à tout moment de la période de maturité. Additionnez les valeurs des options individuelles et obtenez la valeur d'option totale pour la croissance.
- **Options dépendantes du chemin suivi et mutuellement exclusives** : Utilisez MSLS pour résoudre ces types d'options en combinant toutes les options dans un seul treillis d'évaluation. Les exemples incluent l'option de croissance dans trois pays, Japon, Royaume-Uni et Australie. Cependant, cette fois-ci, les croissances sont mutuellement exclusives et dépendantes du chemin suivi. C'est-à-dire que vous ne pouvez croître que dans un pays à la fois, mais qu'à certaines périodes, vous ne pouvez croître que dans certains pays (par ex. le Japon est seulement optimal dans trois ans à cause de la situation économique, des restrictions d'exportation, etc., contrairement au Royaume-Uni, où vous pouvez exécuter la croissance immédiatement).
- **Options dépendantes du chemin suivi et non mutuellement exclusives** : Utilisez MSLS pour résoudre ces types d'options. Il s'agit généralement d'options composées séquentielles à phases multiples. S'il existe plus d'une option non mutuellement exclusive, exécutez à nouveau MSLS pour chaque option. Les exemples incluent la possibilité de pénétrer au Japon pendant les années 0-3, en Australie pendant les années 3-6, et au Royaume-Uni à tout moment pendant les années 0-10. Les stratégies de pénétration ne sont pas mutuellement exclusives si vous pouvez pénétrer dans plus d'un pays, et sont dépendantes du chemin suivi puisqu'elles dépendent de la date/du moment.

- **Options imbriquées combinatoires** : Ce sont les options les plus compliquées et peuvent être une combinaison des quatre types d'options décrits ci-dessus. En outre, les options sont imbriquées l'une dans l'autre, car la croissance au Japon doit venir uniquement après l'Australie, et ne peut pas être exécutée sans aller en Australie au préalable. De plus, la combinaison Australie/Royaume-Uni est acceptée, mais vous ne pouvez pas croître au Royaume-Uni et au Japon (par ex. restrictions commerciales, problèmes liés aux lois anti-trust, considérations concurrentielles, problèmes stratégiques, accords restrictifs avec des alliances, etc.). Pour de telles options, représentez tous les scénarios sur un arbre de stratégie et utilisez les déclarations IF, AND, OR et MAX dans MSLS pour résoudre l'option. C'est-à-dire que si vous pénétrez au Royaume-Uni, cela s'arrête là, mais *si* vous pénétrez en Australie, vous pouvez encore pénétrer au Japon *ou* au Royaume-Uni, mais *pas* au Japon et au Royaume-Uni.

Options composées simultanées

L'option composée simultanée évalue la valeur stratégique d'un projet quand la valeur du projet dépend du succès *d'au minimum deux* initiatives d'investissement exécutées *simultanément*. L'option composée séquentielle évalue ces investissements par étapes, l'une après l'autre, alors que l'option composée simultanée évalue ces options en même temps. Bien évidemment, l'option composée séquentielle vaut plus que l'option composée simultanée puisque c'est une approche par étapes. Notez que l'option composée simultanée se comporte comme une option d'achat à exécution normale. L'*option d'achat américaine* est donc une bonne référence pour une telle option. La figure 50 montre comment une option composée simultanée peut être résolue avec MSLS (exemple de fichier utilisé : *Option composée simultanée MSLS pour deux phases*). Comme dans l'analyse d'option composée séquentielle, l'existence d'une valeur d'option implique que la possibilité de différer et d'attendre des informations supplémentaires avant l'exécution a une valeur à cause des incertitudes et risques considérables comme les mesure la *volatilité*. Cependant, quand le coût d'attente tel que mesuré par le *taux de dividende* est élevé, l'option d'attendre et de différer perd de la valeur, jusqu'au point d'équilibre auquel la valeur de l'option est égale à zéro et la valeur stratégique du projet est égale à la valeur actualisée nette du projet. Ce point d'équilibre fournit des informations très utiles au preneur de décisions quant aux interactions entre les niveaux d'incertitude inhérents au projet et le coût d'attente avant l'exécution. La même analyse peut être élargie aux options composées simultanées à investissements multiples comme l'illustre la figure 51 (exemple de fichier utilisé : *Option composée simultanée pour phases multiples*).

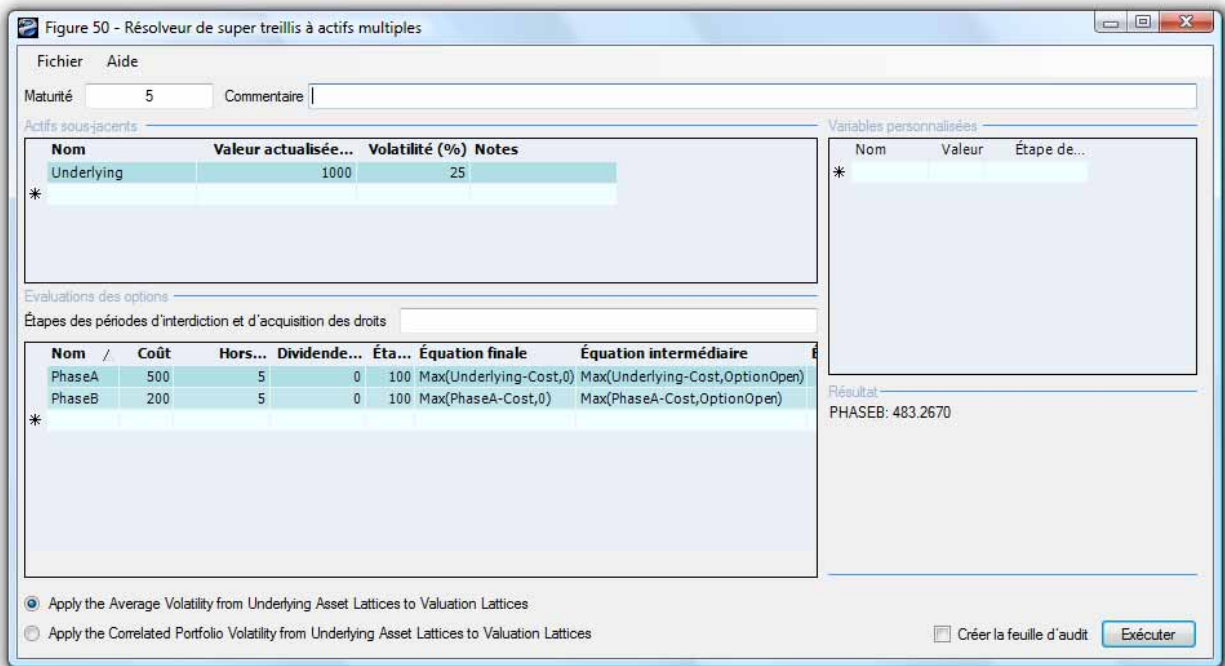


Figure 50 – Résolution d'une option composée simultanée avec MSLS

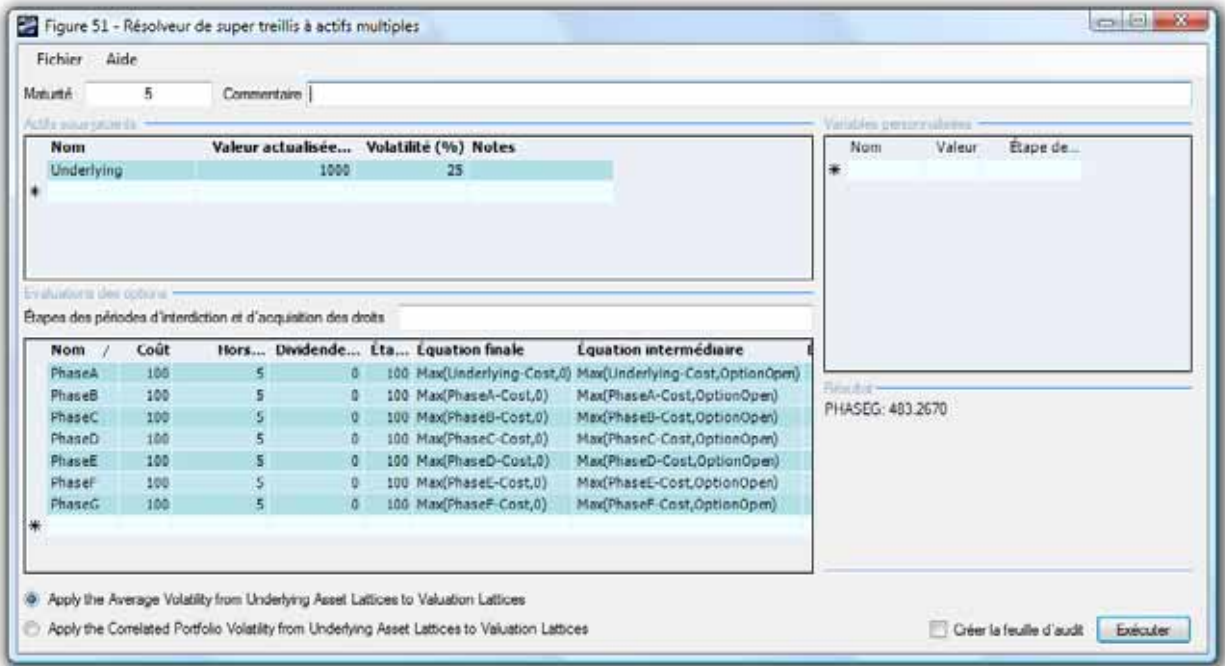


Figure 51 – Résolution d’une option composée simultanée à investissements multiples avec MSLS

Options américaines et européennes utilisant des treillis trinomiaux

La création et la résolution de treillis trinomiaux sont similaires à la création et à la résolution de treillis binomiaux, avec les sauts vers le haut/bas et les probabilités indifférentes aux risques, mais elles sont plus compliquées car il y a plus de branches partant de chaque nœud. À la limite, les treillis binomial et trinomial produisent le même résultat, comme le montre le tableau ci-dessous. Cependant, la complexité de création du treillis est beaucoup plus importante pour les treillis trinomiaux ou multinomiaux. Le seul avantage d'un treillis trinomial est que le niveau de convergence vers la valeur d'option correcte est atteint plus rapidement qu'avec un treillis binomial. Dans le tableau d'exemple, vous remarquerez que le treillis trinomial produit la valeur d'option correcte en moins d'étapes que le treillis binomial (1 000 au lieu de 5 000). Comme ces deux treillis produisent les mêmes résultats à la limite mais que les treillis trinomiaux sont beaucoup plus difficiles à calculer et demandent un temps de calcul plus long, généralement, on utilise plutôt un treillis binomial. Cependant, un treillis trinomial est requis quand l'actif sous-jacent suit un *processus de retour à la moyenne*. Une illustration de la convergence des treillis trinomiaux et binomiaux est présentée dans l'exemple suivant :

Étapes	5	10	100	1,000	5,000
Treillis binomial	\$30,73	\$29,22	\$29,72	\$29,77	\$29,78
Treillis trinomial	\$29,22	\$29,50	\$29,75	\$29,78	\$29,78

La figure 52 montre un autre exemple utilisant un treillis multinomial. L'option d'achat américaine calculée est \$31.99 en utilisant un treillis trinomial à 5 étapes, et est identique à un treillis binomial à 10 étapes, illustré à la figure 53. Donc, du fait du calcul plus simple et de la vitesse du calcul, SLS et MSLS utilisent des treillis binomiaux au lieu de treillis trinomiaux ou autres treillis multinomiaux. La seule fois où un treillis trinomial est véritablement utile est quand l'actif sous-jacent de l'option suit une tendance de retour à la moyenne. Dans ce cas, utilisez plutôt le module MNLS. Quand vous utilisez ce module, comme dans les treillis à actif simple, vous pouvez modifier et ajouter vos propres variables et équations personnalisées, et les concepts sont identiques à ceux des exemples SLS présentés dans ce manuel d'utilisation.

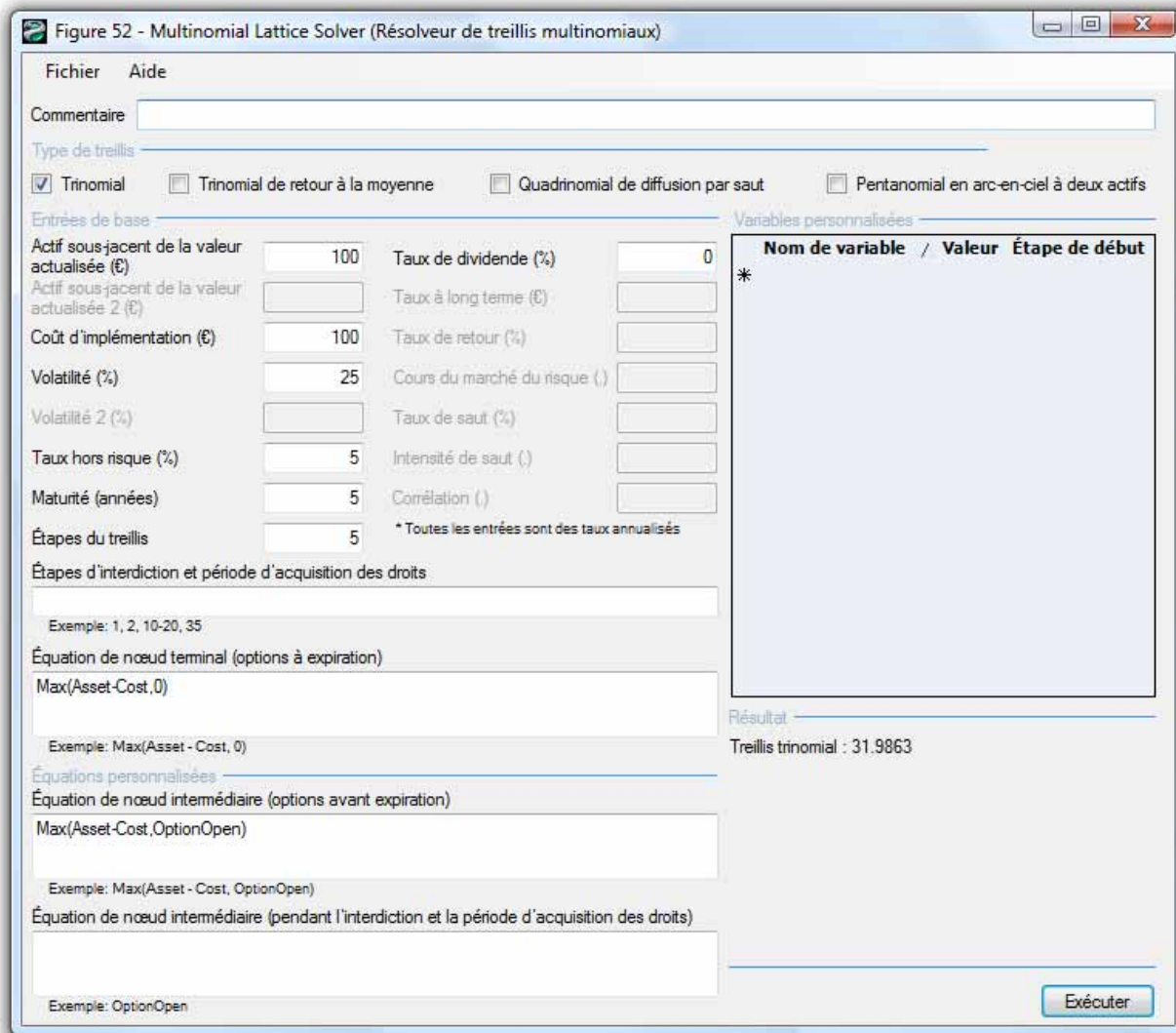


Figure 52 – Solution d'un treillis trinomial simple

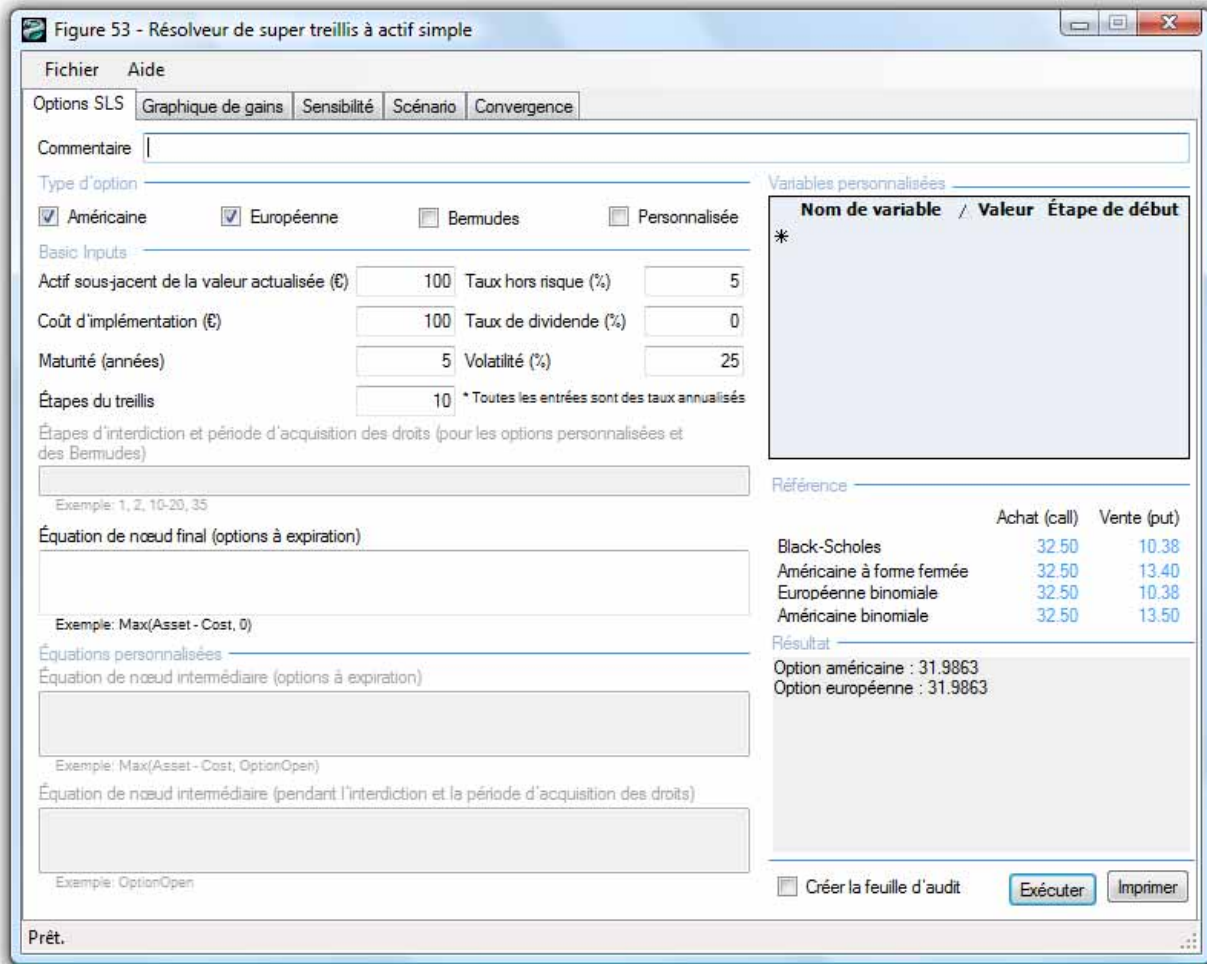


Figure 53 – Résultat d'un treillis binomial à 10 étapes (à titre de comparaison)

Options américaines et européennes de retour à la moyenne utilisant les treillis trinomiaux

L'option de retour à la moyenne de MNLS calcule les options américaines et européennes quand la valeur de l'actif sous-jacent suit une tendance de retour à la moyenne. Un processus stochastique de retour à la moyenne revient à la valeur moyenne à long terme (*niveau de taux à long terme*) à une vitesse de retour particulière (*taux de retour*). Des exemples de variables suivant un processus de retour à la moyenne incluent les taux d'inflation, les taux d'intérêt, les taux de croissance du produit national brut, les taux de production optimale, le prix du gaz naturel, etc. Certaines variables comme celles-ci succombent à des tendances naturelles ou des conditions économiques/commerciales pour revenir à un taux à long terme quand les valeurs réelles s'éloignent trop (au-dessus ou en-dessous) de ce niveau. Par exemple, la politique monétaire et fiscale évite que l'économie ne subisse des fluctuations considérables, alors que les objectifs de la politique ont tendance à avoir un taux ou niveau cible à long terme spécifique. La figure 54 illustre un processus stochastique standard (ligne en pointillés rouge) et un processus de retour à la moyenne (ligne continue). On peut voir que le processus de retour à la moyenne avec ses effets modérateurs a un niveau d'incertitude inférieur à celui du processus standard avec la même mesure de volatilité.

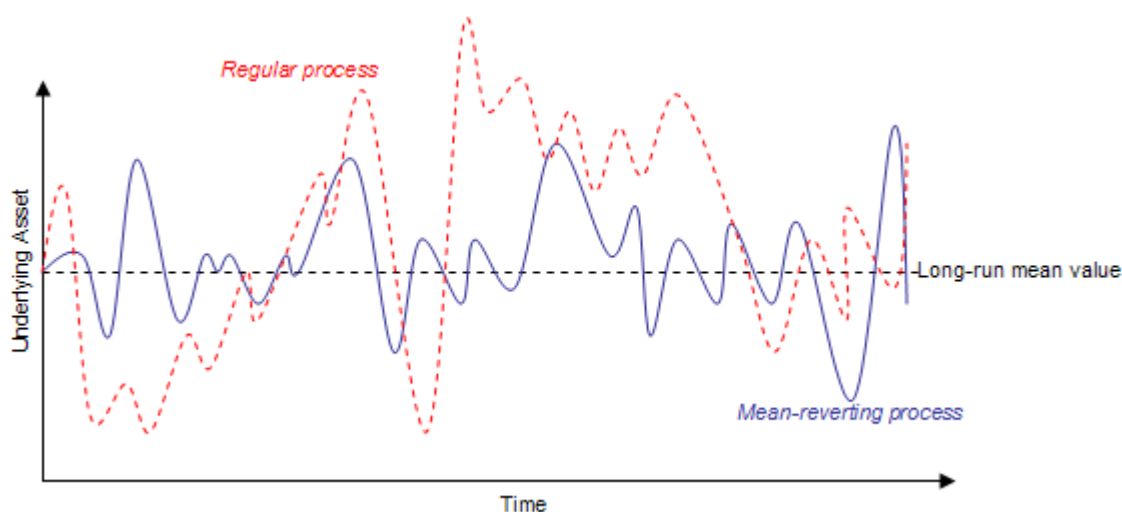
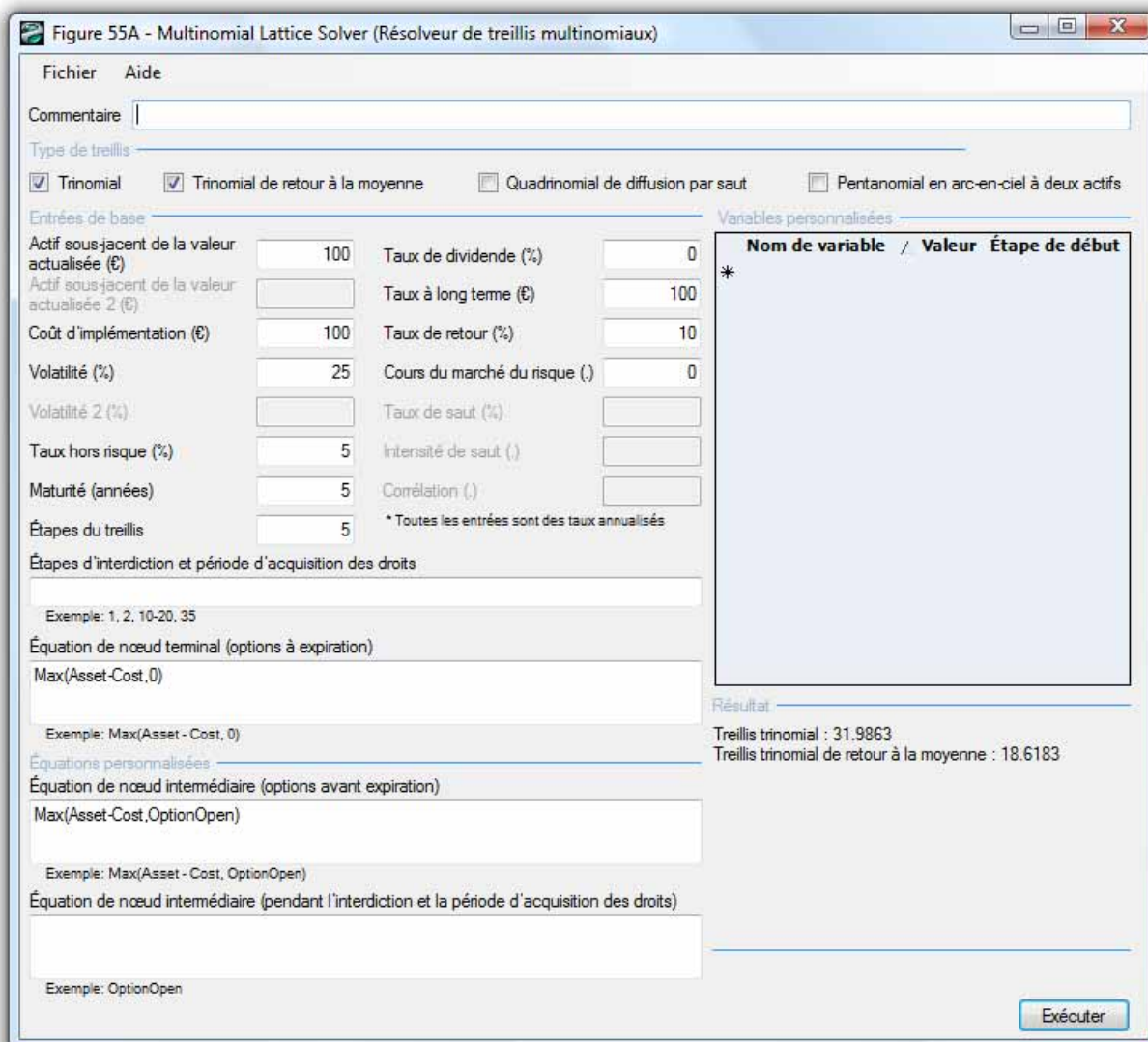


Figure 54 – Le retour à la moyenne en action

La figure 55 montre les résultats d'achat et de vente d'une option standard modélisée avec le treillis trinomial par rapport aux achats et ventes supposant une tendance de retour à la moyenne (RM) de l'actif sous-jacent avec le treillis trinomial de retour à la moyenne. Plusieurs points sont dignes d'intérêt :

- Achat RM < Achat standard à cause de l'effet modérateur de la tendance de retour à la moyenne de l'actif. La valeur de l'actif RM n'augmentera pas autant que la valeur de l'actif standard.
- Inversement, Vente RM > Vente standard car la valeur de l'actif n'augmentera pas autant, indiquant qu'il y aura une chance plus importante que la valeur de l'actif reste proche de la valeur actualisée de l'actif, et une probabilité plus élevée qu'elle soit en-dessous de la valeur actualisée de l'actif, donnant une valeur plus importante à l'option de vente.

- Avec l'effet modérateur, l'achat RM et la vente RM (\$18,62 et \$18,76) ont des valeurs plus symétriques qu'un achat et une vente standard (\$31,99 et \$13,14).
- Achat américaine standard = Achat européenne standard car sans dividendes, il n'est jamais optimal d'exécuter précocement. Cependant, du fait des tendances de retour à la moyenne, la possibilité d'une exécution précoce a de la valeur, surtout avant que la valeur de l'actif ne diminue. Nous voyons donc que Achat américaine RM > Achat européenne RM, mais bien sûr, elles sont toutes deux inférieures à l'option d'achat standard.



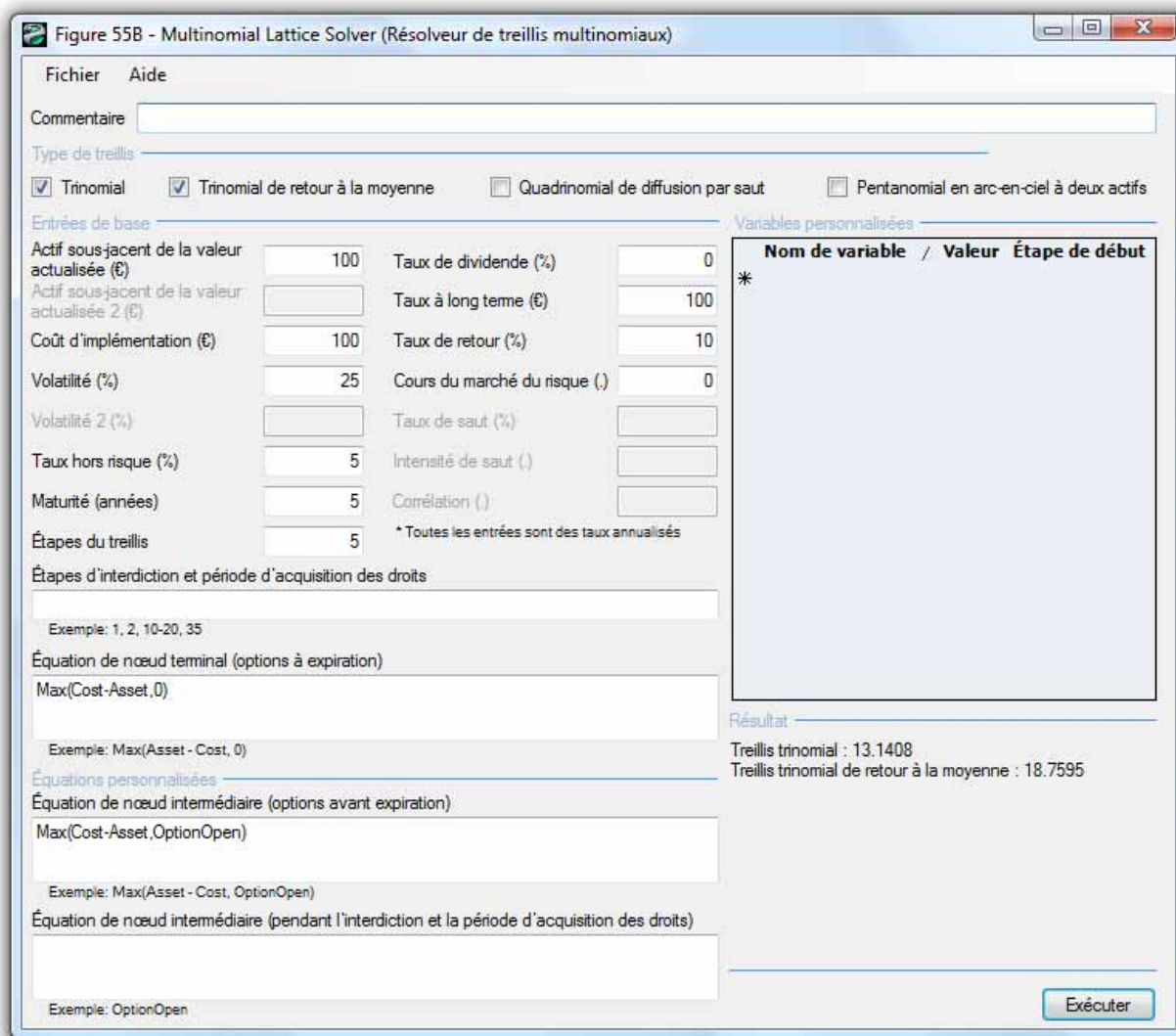


Figure 55A and 55B – Comparaison d’achats et ventes de retour à la moyenne et d’achats et ventes standard

D’autres points dignes d’intérêt dans les options de retour à la moyenne incluent :

- Plus le niveau de taux à long terme est élevé (faible), plus les options d’achat sont élevées (faibles).
- Plus le niveau de taux à long terme est élevé (faible), plus les options de vente sont faibles (élevées).

Enfin, faites attention quand vous modélisez des options de retour à la moyenne car il faut souvent un plus grand nombre d’étapes de treillis, et certaines combinaisons de taux de retour, de niveau de taux à long terme et d’étapes de treillis risquent de produire des treillis trinomiaux irrésolubles. Si cela se produit, MNLS renvoie des messages d’erreur.

Options de diffusion par saut utilisant les treillis quadrimoniaux

Les ventes et achats de diffusion par saut pour les options américaines et européennes appliquent l'approche de *treillis quadrimonial*. Ce modèle est approprié quand la variable sous-jacente de l'option suit un processus stochastique de diffusion par saut. La figure 56 illustre un actif sous-jacent modélisé avec un processus de diffusion par saut. Les sauts sont courants dans certaines variables commerciales telles que le prix du pétrole et du gaz, dans des secteurs où les prix peuvent connaître des sauts soudains et inattendus (par ex. pendant une guerre). La fréquence de saut d'une variable sous-jacente est appelée son *taux de saut*, et la magnitude de chaque saut l'*intensité de saut*.

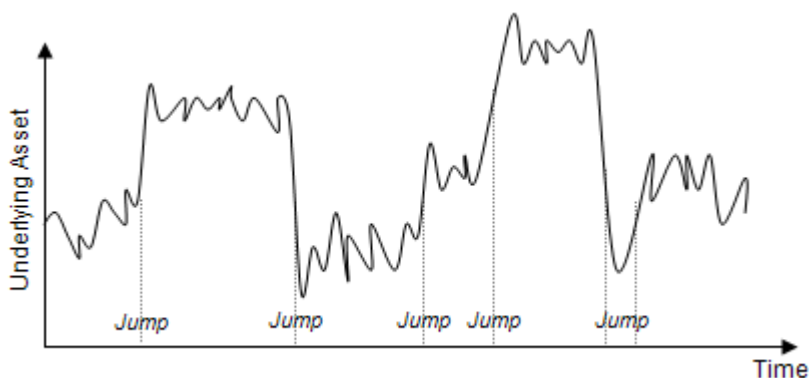


Figure 56 – Processus de diffusion par saut

Le treillis binomial est uniquement capable de capturer un processus stochastique sans sauts (par ex. processus de mouvement brownien ou trajet aléatoire), mais quand il y a une probabilité de saut (même une probabilité faible qui suit la distribution de Poisson), des branches supplémentaires sont nécessaires. Le treillis quadrimonial (quatre branches par nœud) est utilisé pour capturer ces sauts comme l'illustre la figure 57.

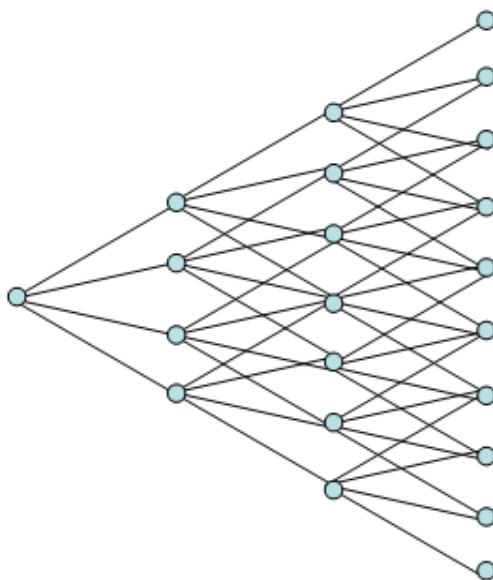


Figure 57 – Treillis quadrimonial

Attention, du fait de la complexité des modèles, certains calculs avec un nombre plus élevé d'étapes de treillis peuvent prendre un peu plus longtemps. De plus, certaines combinaisons d'entrées peuvent produire des probabilités et des résultats indifférents au risque implicites négatifs dans un treillis non calculable. Dans ce cas, vérifiez que les entrées sont correctes (par exemple, l'intensité de saut doit être supérieure à 1, où 1 signifie aucun saut ; vérifiez qu'il n'y a pas de combinaisons erronées de *taux de saut*, *tailles de saut* et *étapes de treillis*). La probabilité d'un saut peut être calculée comme le produit du *taux de saut* et de l'intervalle de temps δt . La figure 58 illustre un exemple d'analyse d'option de diffusion par saut quadrinomiale (exemple de fichier utilisé : *MNLS – Achats et ventes de diffusion par saut MNLS utilisant les treillis quadrinomiaux*). Notez que les options d'achat et de vente de diffusion par saut ont une valeur supérieure aux options d'achat et vente standard. En effet, avec les sauts positifs (probabilité de 10 % par an avec une taille de saut moyenne de 1,50 fois les valeurs précédentes) de l'actif sous-jacent, les options d'achat et de vente valent plus, même avec la même volatilité. Si un problème d'options réelles a plus de deux actifs sous-jacents, utilisez MSLS et/ou le Simulateur de risques pour simuler les trajectoires des actifs sous-jacents et capturer leurs effets interdépendants dans un modèle de flux monétaires actualisés.

Figure 58 – Résultats d'un treillis quadrinomiel sur les options de diffusion par saut

Options en arc-en-ciel à deux variables utilisant les treillis pentanomial

L'option en arc-en-ciel à deux variables nécessite l'approche de *treillis pentanomial* que ce soit pour les options américaines ou européennes. Un arc-en-ciel après une journée pluvieuse inclut diverses couleurs du spectre optique, et bien que les options en arc-en-ciel ne soient pas aussi colorées que leurs homologues du monde physique, elles doivent leur nom au fait qu'elles ont deux actifs sous-jacents ou plus, au lieu d'un seul. Contrairement aux options standard, la valeur d'une option en arc-en-ciel est déterminée par le comportement de deux éléments sous-jacents ou plus et par la corrélation entre ces éléments sous-jacents. C'est-à-dire que la valeur d'une option en arc-en-ciel est déterminée par la performance de deux éléments d'actifs sous-jacents ou plus. Ce modèle est approprié quand il y a deux variables sous-jacentes dans l'option (par ex. *prix de l'actif* et *quantité*) et que les variables fluctuent à des taux de volatilité différents tout en pouvant être corrélées (figure 59). Ces deux variables sont généralement corrélées dans le monde réel, et la valeur de l'actif sous-jacent est le produit du prix et de la quantité. Du fait des différentes volatilités, un treillis pentanomial (à cinq branches) est utilisé pour capturer toutes les combinaisons de produits possibles (figure 60). Attention, certaines combinaisons d'entrées peuvent produire un treillis irrésoluble avec des probabilités implicites négatives. Si cela se produit, un message vous en avertit. Essayez une autre combinaison d'entrées, ainsi qu'un nombre plus important d'étapes de treillis pour compenser.

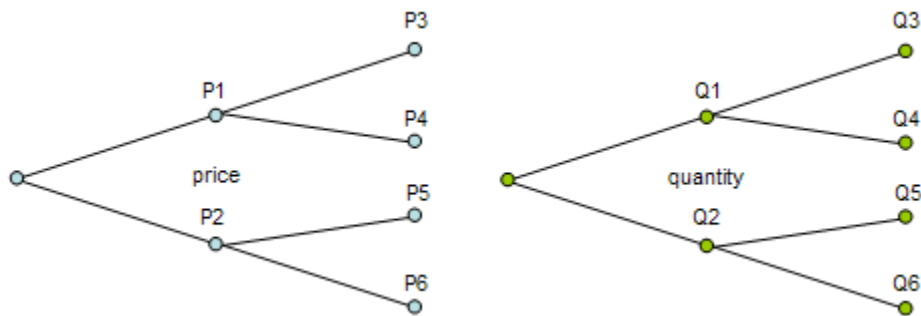


Figure 59 – Deux treillis binomiaux (prix des actifs et quantité)

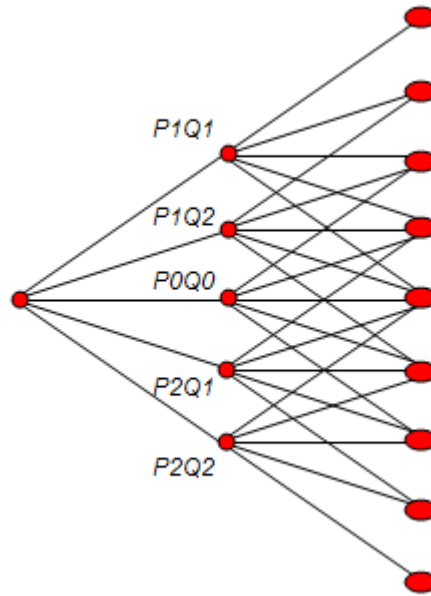


Figure 60 – Treillis pentanomial (combinant deux treillis binomiaux)

La figure 61 montre un exemple d'option en arc-en-ciel à deux actifs (exemple de fichier utilisé : *MNLS – Treillis pentanomial en arc-en-ciel à deux actifs*). Notez qu'une corrélation positive élevée accroît la valeur de l'option d'achat et de l'option de vente. En effet, si les deux éléments sous-jacents se déplacent dans la même direction, la volatilité globale du portefeuille est plus élevée (le prix et la quantité peuvent fluctuer à des niveaux élevé-élevé et faible-faible, générant une valeur d'actif sous-jacent globale plus élevée). Inversement, une corrélation négative réduit la valeur de l'option d'achat et de l'option de vente pour la raison contraire due aux effets de diversification du portefeuille des variables corrélées négativement. Bien sûr, la corrélation doit se trouver entre -1 et +1 inclus.

Figure 61 – Résolution d'une option en arc-en-ciel à deux actifs avec un treillis pentanomial

Options à barrière inférieure américaines et européennes

L'option à barrière inférieure mesure la valeur stratégique d'une option (cela s'applique aux achats et aux ventes) qui devient en jeu (en dedans) ou hors jeu (en dehors) quand la *valeur de l'actif* atteint une *barrière inférieure* artificielle qui est actuellement inférieure à la valeur de l'actif. Ainsi, une option de *baisse activante* (pour les achats et les ventes) indique que l'option est activée si la valeur de l'actif atteint la barrière inférieure. Inversement, une option de *baisse désactivante* est activée uniquement quand la barrière inférieure n'est pas atteinte.

Des exemples de cette option incluent les accords contractuels dans lesquels si la barrière inférieure est atteinte, une clause ou un événement se déclenche. La valeur d'une option à barrière est inférieure à la valeur des options standard, car l'option à barrière n'aura de valeur que dans une plage de prix plus petite que l'option standard. Le détenteur d'une option à barrière perd une partie de la valeur traditionnelle d'une option et donc, de telles options devraient avoir moins de valeur qu'une option standard. Un exemple serait un accord contractuel dans le cadre duquel l'auteur du contrat peut avoir à respecter ou se dégager de certaines obligations si la valeur de l'actif ou du projet atteint une barrière.

La figure 62 illustre une option à barrière inférieure pour un achat de baisse activant. Notez que la valeur n'est que de \$7,3917, beaucoup moins que celle d'une option d'achat américaine standard de \$42,47. C'est parce que la barrière est basse, à \$90. Cela signifie que tout le potentiel de hausse que peut avoir l'option d'achat standard sera considérablement réduit, et l'option ne peut être exécutée que si la valeur de l'actif passe en dessous de cette barrière inférieure de \$90 (exemple de fichier utilisé : *Option à barrière – Barrière inférieure – Baisse et activante (Down-In)*). Pour qu'une telle option à barrière inférieure soit *exécutoire*, le *niveau de la barrière inférieure doit être inférieur à la valeur de l'actif de début mais supérieure au coût d'implémentation*. Si le niveau de la barrière est supérieur à la valeur de début de l'actif, alors l'option devient une option à barrière supérieure. Si la barrière inférieure est inférieure au coût d'implémentation, l'option n'a aucune valeur quelles que soient les conditions. C'est quand le niveau de la barrière inférieure se trouve entre le coût d'implémentation et la valeur de début de l'actif que l'option peut avoir une valeur potentielle. Cependant, la valeur de l'option dépend de la volatilité. En utilisant les mêmes paramètres qu'à la figure 62 et en changeant les taux de volatilité et hors risque, les exemples suivants illustrent ce qui se produit :

- Avec une volatilité de 75 %, la valeur de l'option est \$4,34
- Avec une volatilité de 25 %, la valeur de l'option est \$3,14
- Avec une volatilité de 5 %, la valeur de l'option est \$0,01

Plus la volatilité est faible, plus la probabilité que la valeur de l'actif fluctue suffisamment pour atteindre la barrière inférieure afin que l'option soit exécutée est faible. En équilibrant la volatilité avec la barrière inférieure de seuil, vous pouvez créer des valeurs de déclenchement optimales pour les barrières.

Inversement, l'option à barrière inférieure pour une option d'achat de baisse désactivante est illustrée à la figure 63. Ici, si la valeur de l'actif atteint cette barrière inférieure, l'option n'a aucune valeur, et elle n'a de la valeur que si elle n'atteint pas cette barrière. Comme les options d'achat ont plus de valeur quand la valeur de l'actif est élevée et moins de valeur quand la valeur de l'actif est faible, cette option d'achat à barrière inférieure de baisse désactivante a donc à peu près la même valeur que l'option américaine standard. Plus la barrière est élevée, plus la valeur de l'option à barrière inférieure sera faible (exemple de fichier utilisé : *Option à barrière – Barrière inférieure – Baisse et désactivante (Down-Out)*). Par exemple :

- Avec une barrière inférieure de \$90, la valeur de l'option est \$42,19
- Avec une barrière inférieure de \$100, la valeur de l'option est \$41,58

Les figures 62 et 63 illustrent les options à barrière américaines. Pour les transformer en options à barrière européennes, définissez les équations de nœuds intermédiaires sur *OptionOpen*. De plus, pour certains types d'options contractuelles, des périodes d'acquisition des droits et d'interdiction peuvent être imposées. Pour résoudre de telles options à barrière des Bermudes, conservez la même équation de nœud intermédiaire que pour les options à barrière américaines, mais définissez l'équation de nœud intermédiaire pendant les périodes d'interdiction et d'acquisition des droits sur *OptionOpen* et insérez les étapes de treillis des périodes d'interdiction et d'acquisition des droits correspondantes. Enfin, si la barrière est une cible mouvante dans le temps, définissez plusieurs variables personnalisées Barrière avec les différentes valeurs et étapes de début.

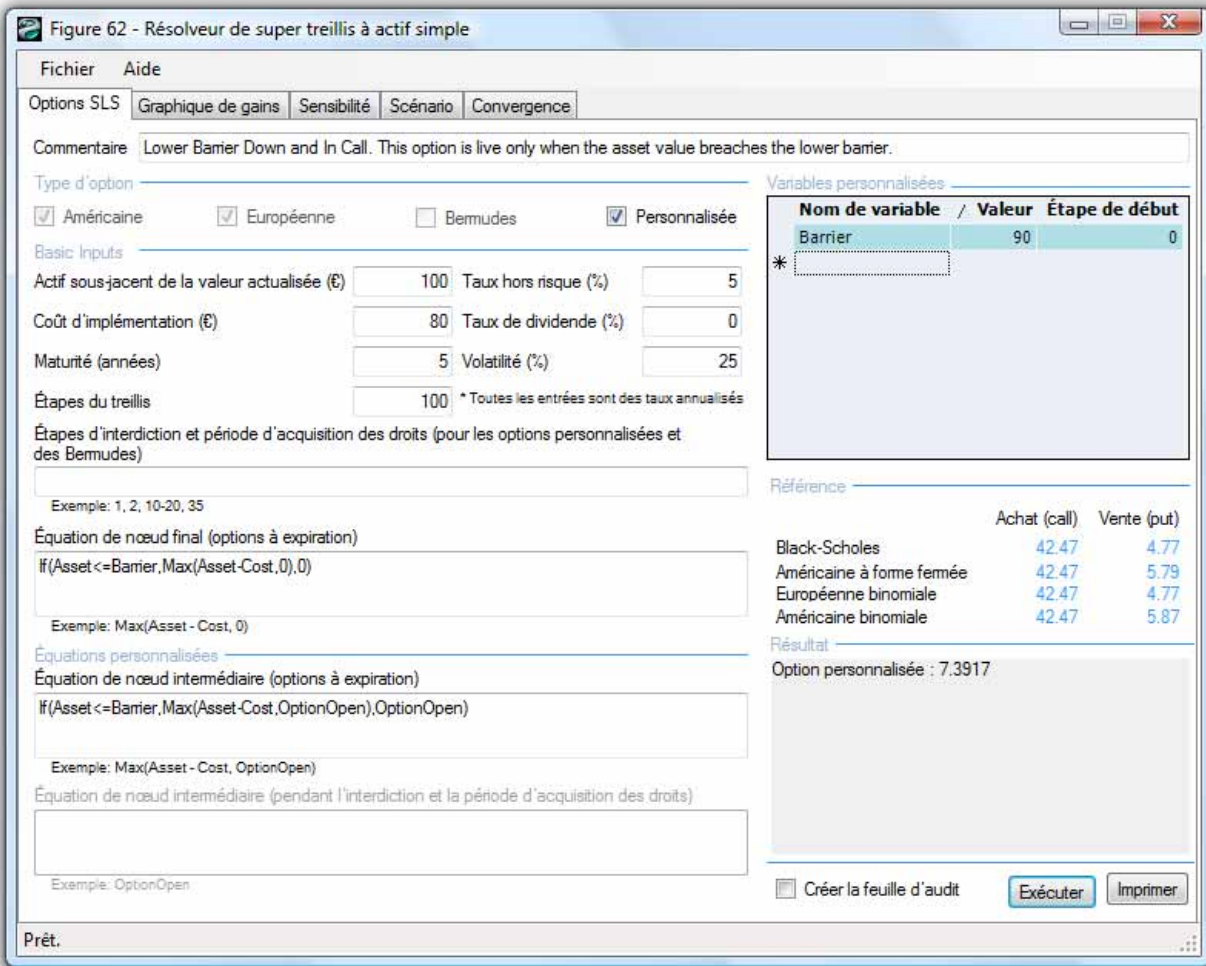


Figure 62 – Option à barrière américaine de baisse activante (Down-In)

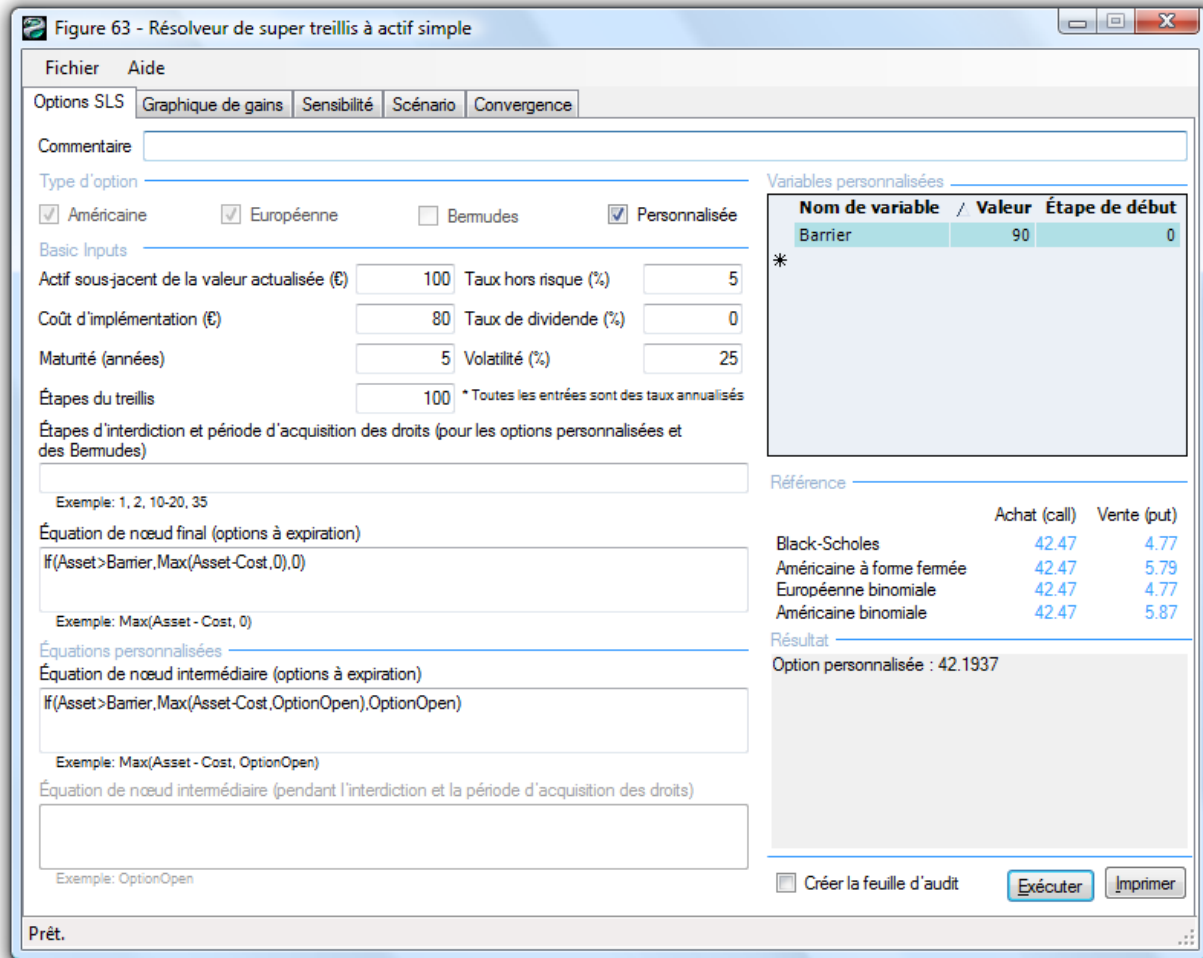


Figure 63 – Option à barrière américaine de baisse désactivante (Down-Out)

Options à barrière supérieure américaines et européennes

L'option à barrière supérieure mesure la valeur stratégique d'une option (cela s'applique aux achats et aux ventes) qui devient en jeu (en dedans) ou hors jeu (en dehors) quand la *valeur de l'actif* atteint une *barrière supérieure* artificielle qui est actuellement supérieure à la valeur de l'actif. Ainsi, une option de *hausse activante* (pour les achats et les ventes) indique que l'option est activée si la valeur de l'actif atteint la barrière supérieure. Inversement, une option de *hausse désactivante* est activée uniquement quand la barrière supérieure n'est pas atteinte.

Cette option est très similaire à l'option à barrière inférieure mais la barrière est supérieure à la valeur de début de l'actif, et pour une option de barrière exécutoire, le coût d'implémentation est généralement inférieur à la barrière supérieure. C'est-à-dire la *barrière supérieure est généralement supérieure au coût d'implémentation et la barrière supérieure est aussi supérieure à la valeur de début de l'actif*.

Des exemples de cette option incluent les accords contractuels dans lesquels si la barrière supérieure est atteinte, une clause ou un événement se déclenche. La valeur d'une option à barrière est généralement inférieure à la valeur des options standard, car l'option à barrière n'aura de valeur que dans une plage de prix plus petite que l'option standard. Le détenteur d'une option à barrière perd une partie de la valeur traditionnelle d'une option et donc, de telles options devraient avoir moins de valeur qu'une option standard. Un exemple serait un accord contractuel dans le cadre duquel l'auteur du contrat peut avoir à respecter ou se dégager de certaines obligations si la valeur de l'actif ou du projet atteint une barrière.

L'option à barrière supérieure américaine de baisse activante a une valeur légèrement inférieure à une option d'achat américaine standard, comme l'illustre la figure 64. En effet, une partie de la valeur de l'option value est perdue quand l'actif est inférieur à la barrière mais supérieur au coût d'implémentation. Évidemment, *plus la barrière supérieure est élevée, plus la valeur de l'option à barrière de hausse activante est faible*, car la majorité de la valeur de l'option est perdue à cause de l'impossibilité d'exécuter quand la valeur de l'actif se trouve en dessous de cette barrière (exemple de fichier utilisé : *Option à barrière – Barrière supérieure – Hausse et activante (Up-In)*). Par exemple :

- Avec une barrière supérieure de \$110, la valeur de l'option est \$41,22
- Avec une barrière supérieure de \$120, la valeur de l'option est \$39,89

Inversement, une option à barrière supérieure américaine de hausse désactivante a beaucoup moins de valeur car cette barrière tronque le potentiel de hausse de l'option. La figure 65 montre le calcul d'une telle option. Évidemment, *plus la barrière supérieure est élevée, plus la valeur de l'option est élevée* (exemple de fichier utilisé : *Option à barrière – Barrière supérieure – Hausse et désactivante (Up-Out)*). Par exemple :

- Avec une barrière supérieure de \$110, la valeur de l'option est \$23,69
- Avec une barrière supérieure de \$120, la valeur de l'option est \$29,59

Enfin, notez les problèmes liés aux options à barrière non exécutoires. Voici quelques exemples d'*options non exécutoires* :

- *Options d'achat à barrière supérieure de hausse désactivante quand la barrière supérieure est inférieure ou égale au coût d'implémentation, alors l'option n'a aucune valeur.*

- Options d'achat à barrière supérieure de hausse activante quand la barrière supérieure est inférieure ou égale au coût d'implémentation, alors la valeur de l'option revient à une simple option d'achat.

Des exemples d'options à barrière supérieure sont des options contractuelles. Voici quelques exemples typiques :

- Un fabricant accepte contractuellement de ne pas vendre ses produits à un prix plus élevé qu'un niveau de prix de barrière supérieure spécifié.
- Un client accepte de payer le prix du marché pour un produit jusqu'à un certain montant, puis le contrat est nul si un seuil de prix est dépassé.

Les figures 64 et 65 illustrent les options à barrière américaines. Pour les transformer en options à barrière européennes, définissez les équations de nœuds intermédiaires sur *OptionOpen*. De plus, pour certains types d'options contractuelles, des périodes d'acquisition des droits et d'interdiction peuvent être imposées. Pour résoudre de telles options à barrière des Bermudes, conservez la même équation de nœud intermédiaire que pour les options à barrière américaines, mais définissez l'équation de nœud intermédiaire pendant les périodes d'interdiction et d'acquisition des droits sur *OptionOpen* et insérez les étapes de treillis des périodes d'interdiction et d'acquisition des droits correspondantes. Enfin, si la barrière est une cible mouvante dans le temps, définissez plusieurs variables personnalisées Barrière avec les différentes valeurs et étapes de début.

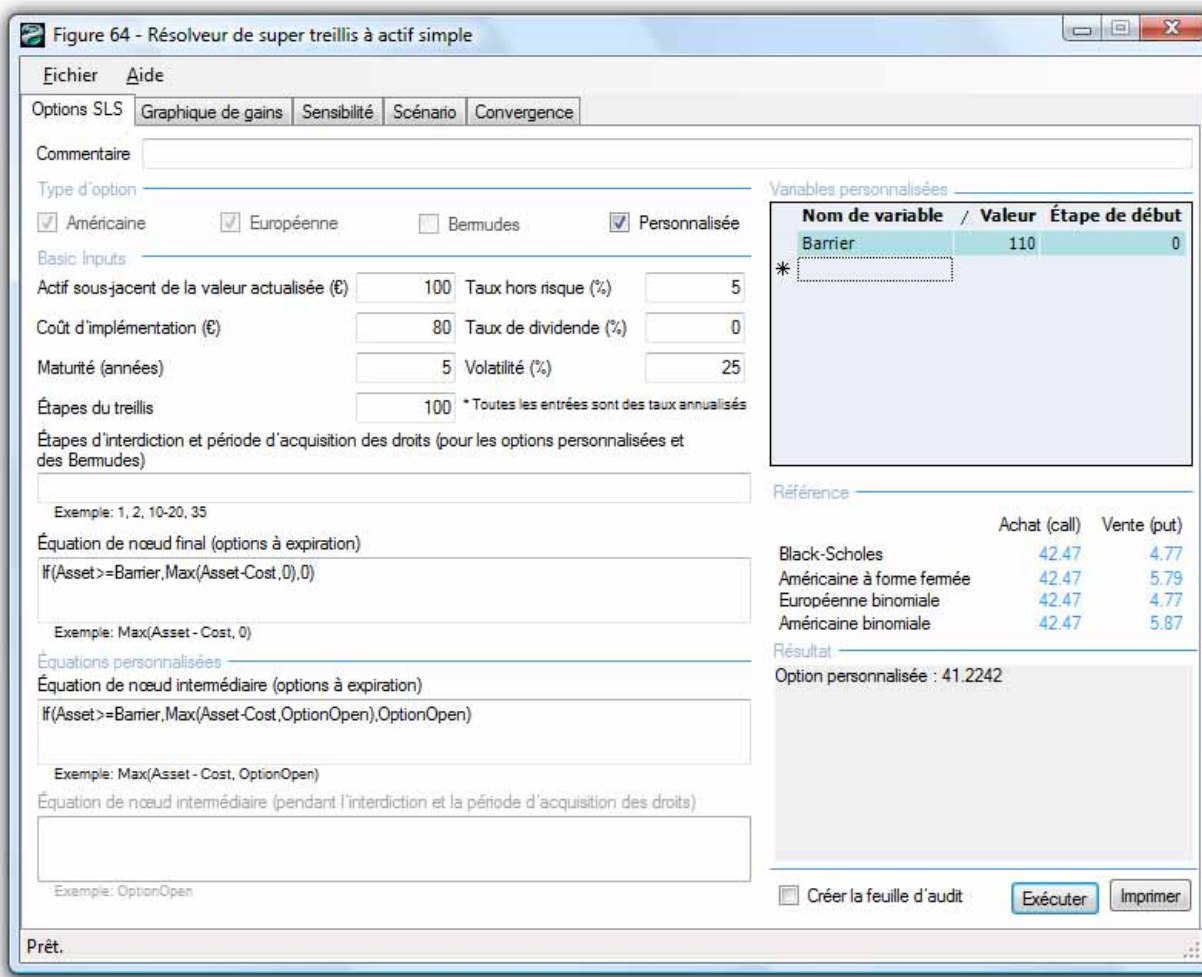


Figure 64 – Option à barrière supérieure américaine de hausse activante (Up-In)

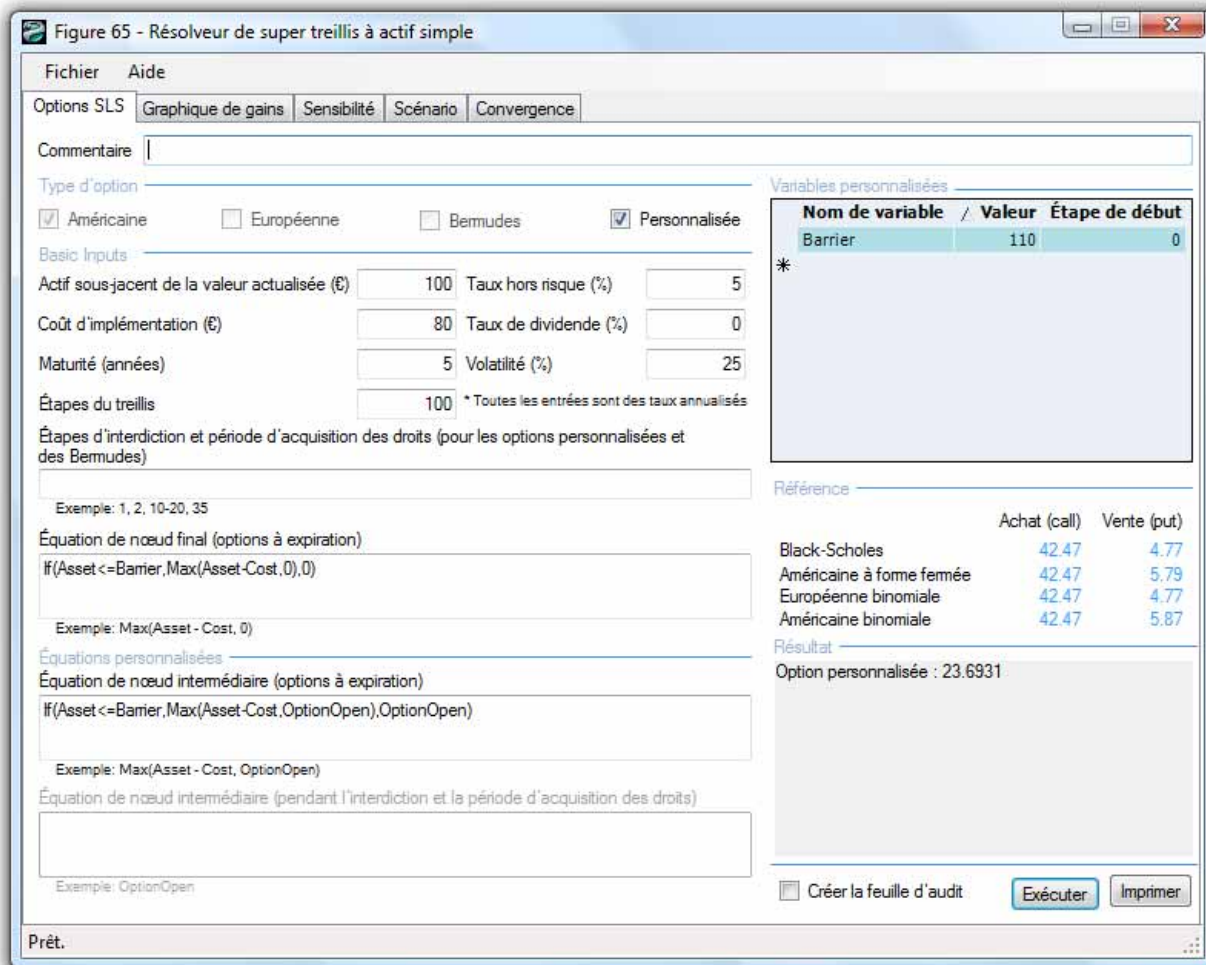


Figure 65 – Option à barrière supérieure américaine de hausse désactivante (Up-Out)

Options à double barrière américaines et européennes et options à barrière exotiques

Pour résoudre l'option à double barrière, on utilise un treillis binomial. Ce modèle mesure la valeur stratégique d'une option (cela s'applique aux achats et aux ventes) qui devient en jeu (en dedans) ou hors jeu (en dehors) quand la valeur de l'actif atteint la barrière supérieure ou inférieure artificielle qui est actuellement supérieure à la valeur de l'actif. Ainsi, une option de hausse activante et de baisse activante (pour les achats et les ventes) indique que l'option est activée si la valeur de l'actif atteint la barrière supérieure ou inférieure. Inversement, une option de hausse désactivante et de baisse désactivante est activée uniquement quand ni la barrière supérieure ni la barrière inférieure n'est atteinte. Des exemples de cette option incluent les accords contractuels dans lesquels si la barrière supérieure est atteinte, une clause ou un événement se déclenche. La valeur d'une option à barrière est inférieure à la valeur des options standard, car l'option à barrière n'aura de valeur que dans une plage de prix plus petite que l'option standard. Le détenteur d'une option à barrière perd une partie de la valeur traditionnelle d'une option et donc, de telles options devraient avoir moins de valeur qu'une option standard.

La figure 66 illustre une option américaine à double barrière de hausse activante et de baisse activante. Il s'agit d'une combinaison des options à barrière inférieure et à barrière supérieure présentées précédemment. La même logique s'applique à cette option à double barrière.

La figure 66 illustre une option à barrière américaine résolue avec SLS. Pour la transformer en option à barrière européenne, définissez les équations de nœuds intermédiaires sur *OptionOpen*. De plus, pour certains types d'options contractuelles, des périodes d'acquisition des droits et d'interdiction peuvent être imposées. Pour résoudre de telles options à barrière des Bermudes, conservez la même équation de nœud intermédiaire que pour les options à barrière américaines, mais définissez l'équation de nœud intermédiaire pendant les périodes d'interdiction et d'acquisition des droits sur *OptionOpen* et insérez les étapes de treillis des périodes d'interdiction et d'acquisition des droits correspondantes. Enfin, si la barrière est une cible mouvante dans le temps, définissez plusieurs variables personnalisées Barrière avec les différentes valeurs et étapes de début.

On a des options à barrière exotiques si l'on combine d'autres options avec les options à barrière. Par exemple, une option de croissance ne peut être exécutée que si la valeur actualisée de l'actif dépasse un certain seuil, ou une option de contraction pour l'externalisation de la fabrication ne peut être exécutée que quand elle passe sous un certain point d'équilibre. Là aussi, de telles options peuvent facilement être modélisées avec SLS.

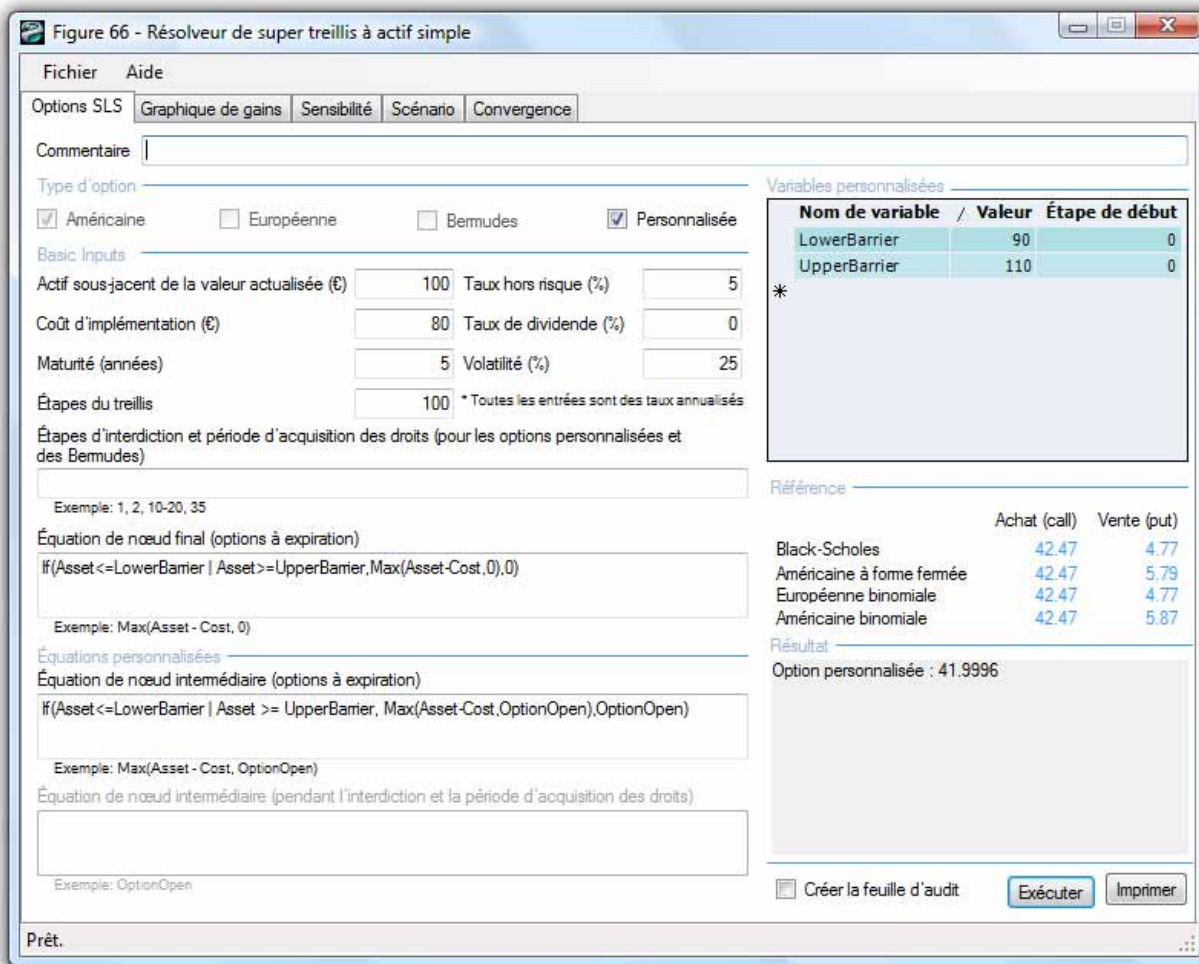


Figure 66 – Option à double barrière de hausse activante et de baisse activante

SECTION III – OPTIONS D’ACHAT D’ACTIONS (STOCK OPTIONS) DES EMPLOYÉS

Option d'achat d'actions des employés (ESO) avec période d'acquisition des droits

La figure 67 illustre comment une option d'achat d'actions des employés (ESO) avec une période d'acquisition des droits et des dates d'interdiction peut être modélisée. Saisissez les dates d'interdiction (0-39). Comme le champ de saisie des dates d'interdiction a été rempli, vous devrez saisir l'équation de nœud terminal (TE), l'équation de nœud intermédiaire (IE) et l'équation de nœud intermédiaire pendant les périodes d'acquisition des droits et d'interdiction (IEV). Saisissez $Max(Stock-Strike,0)$ pour l'équation de nœud terminal, $Max(Stock-Strike,0,OptionOpen)$ pour l'équation de nœud intermédiaire et $OptionOpen$ pour l'équation de nœud intermédiaire pendant les périodes d'acquisition des droits et d'interdiction (exemple de fichier utilisé : *Option d'achat d'actions des employés (acquisition des droits)*). Cela signifie qu'on exécute l'option ou qu'on la laisse expirer sans valeur en fin de vie, qu'on exécute l'option précocement ou qu'on la garde ouverte pendant les nœuds intermédiaires, et qu'on garde seulement l'option ouverte et qu'aucune exécution n'est autorisée pendant les étapes intermédiaires avec interdiction ou acquisition des droits. Le résultat est \$49,73 (figure 67) qui peut être corroboré en utilisant le logiciel Toolkit d'évaluation ESO ou ESO Valuation Toolkit (figure 68). Le Toolkit d'évaluation ESO ou ESO Valuation Toolkit est un autre outil logiciel développé par Real Options Valuation, Inc., spécifiquement conçu pour résoudre les problèmes d'options d'achat d'actions des employés selon les normes 2004 FAS 123. En fait, ce logiciel a été utilisé par le Financial Accounting Standards Board pour modéliser l'exemple d'évaluation des normes américaines FAS 123 (ou normes IFRS équivalentes) finales en décembre 2004. Avant de vous lancer dans l'évaluation des options d'achat d'actions des employés, nous vous conseillons de lire le livre *Valuing Employee Stock Options* du Dr. Johnathan Mun (Wiley 2004).

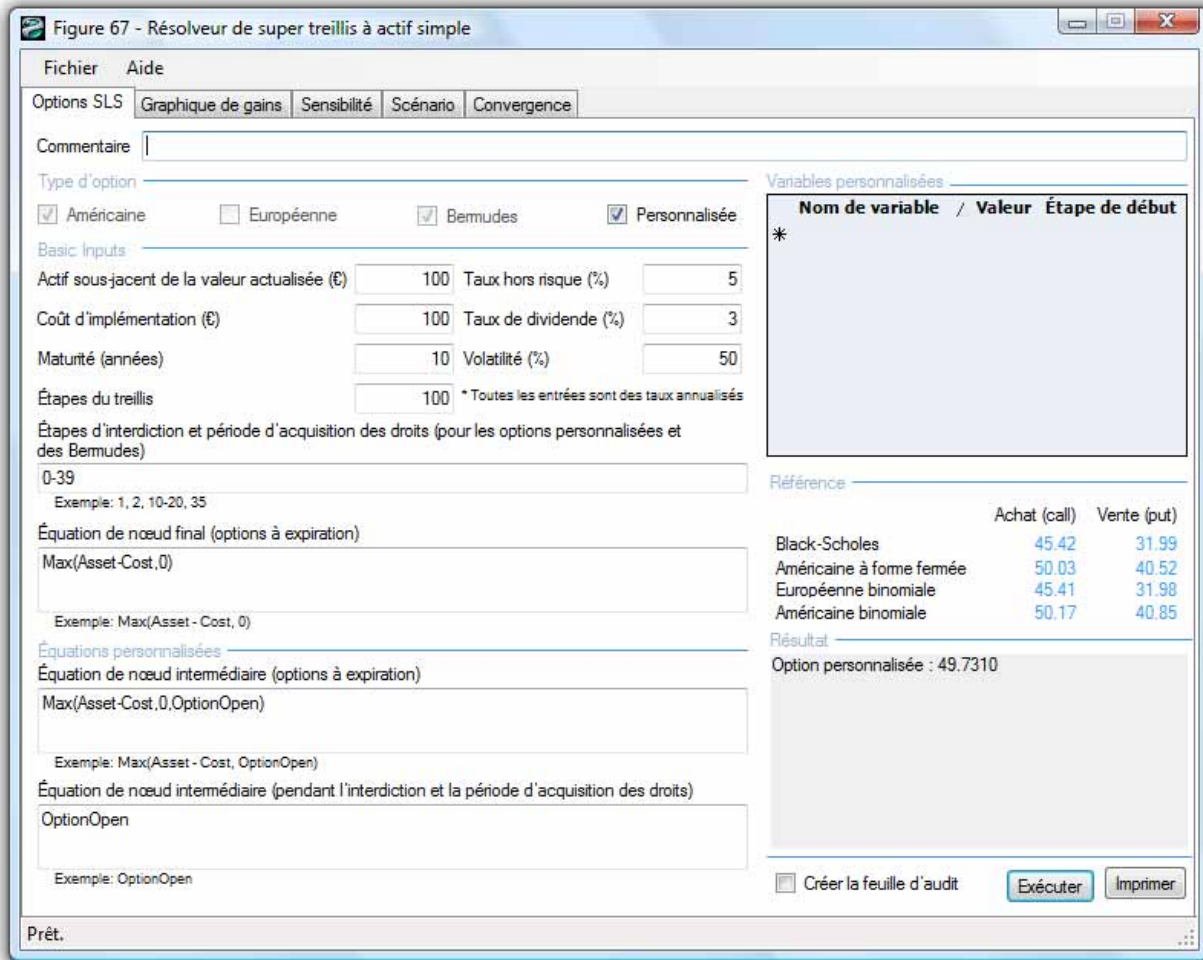


Figure 67 – Résultats d'une option d'achat avec acquisition des droits obtenus avec le logiciel SLS

Option d'achat d'actions des employés (ESO) américaine avec comportement d'exercice sous-optimal

Cet exemple montre comment les multiples à comportement d'exercice sous-optimal peuvent être inclus dans l'analyse et comment la liste des variables personnalisées peut être utilisée comme l'illustre la figure 69 (exemple de fichier utilisé : *Option d'achat d'actions des employés (comportement sous-optimal)* ; les étapes ont été changées et définies sur 100 dans cet exemple). L'équation de nœud terminal (TE) est identique à celle de l'exemple précédent, mais l'équation de nœud intermédiaire (IE) suppose que l'option sera exécutée de façon sous-optimale si le prix de l'action dans un état futur dépasse le seuil d'exercice sous-optimal multiplié par le prix d'exercice. Notez que l'équation de nœud intermédiaire pendant les périodes d'acquisition des droits et d'interdiction (IEV) n'est pas utilisée car nous n'avons pas supposé de périodes d'acquisition des droits ni d'interdiction. De plus, la variable multiple d'exercice *sous-optimal* est répertoriée dans la liste des variables personnalisées avec la valeur pertinente de 1,85 et une étape de début de 0. Cela signifie que 1,85 est applicable à partir de l'étape 0 du treillis jusqu'à l'étape 100. Les résultats sont là aussi vérifiés avec le logiciel Toolkit d'évaluation ESO ou ESO Valuation Toolkit (figure 70).

Figure 69 - Résolveur de super treillis à actif simple

Fichier Aide

Options SLS Graphique de gains Sensibilité Scénario Convergence

Commentaire

Type d'option

Américaine Européenne Bermudes Personnalisée

Basic Inputs

Actif sous-jacent de la valeur actualisée (£) 100 Taux hors risque (%) 5

Coût d'implémentation (£) 100 Taux de dividende (%) 0

Maturité (années) 10 Volatilité (%) 10

Étapes du treillis 100 * Toutes les entrées sont des taux annualisés

Étapes d'interdiction et période d'acquisition des droits (pour les options personnalisées et des Bermudes)

Exemple: 1, 2, 10-20, 35

Équation de nœud final (options à expiration)

Max(Asset-Cost,0)

Exemple: Max(Asset - Cost, 0)

Équations personnalisées

Équation de nœud intermédiaire (options à expiration)

IF(Asset >= Suboptimal * Cost, Max(Asset - Cost, 0), OptionOpen)

Exemple: Max(Asset - Cost, OptionOpen)

Équation de nœud intermédiaire (pendant l'interdiction et la période d'acquisition des droits)

Exemple: OptionOpen

Variables personnalisées

Nom de variable	Valeur	Étape de début
Suboptimal	1.85	0

Référence

	Achat (call)	Vente (put)
Black-Scholes	39.94	0.59
Américaine à forme fermée	39.94	3.33
Européenne binomiale	39.94	0.59
Américaine binomiale	39.94	3.45

Résultat

Option personnalisée : 36.4289

Créer la feuille d'audit

Prêt.

Figure 69 – Résultats d'une option d'achat avec comportement sous-optimal obtenus avec SLS

American Options with Suboptimal Exercise Behavior

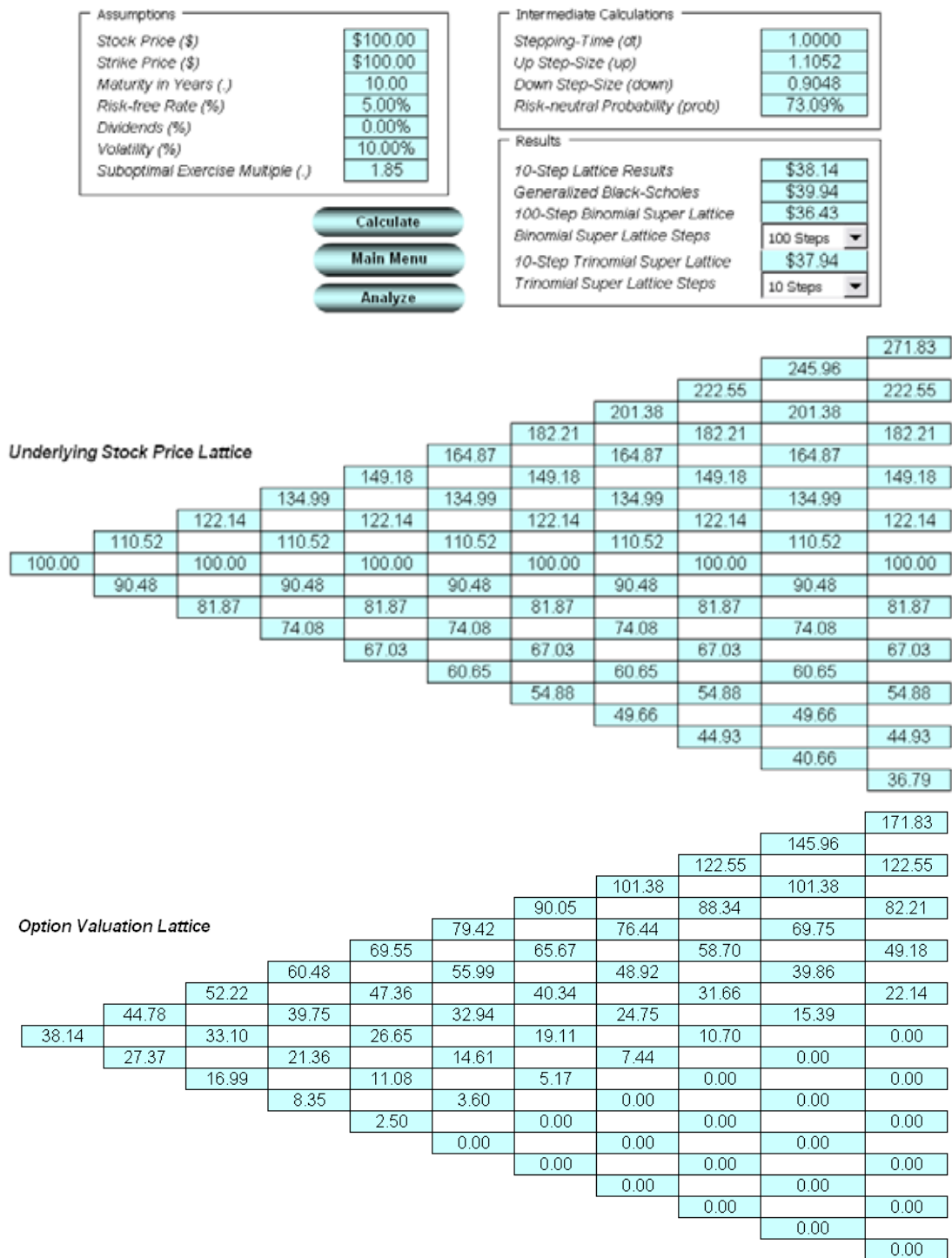


Figure 70 – Résultats d’une option d’achat avec comportement sous-optimal obtenus avec le logiciel Toolkit d’évaluation ESO ou ESO Valuation Toolkit

Option d'achat d'actions des employés (ESO) américaine avec acquisition des droits et comportement d'exercice sous-optimal

Nous avons ensuite l'option d'achat d'actions avec acquisition des droits et comportement sous-optimal. Il s'agit simplement d'une extension des deux exemples précédents. Là aussi, le résultat de \$9,22 (figure 71) est vérifié avec le logiciel Toolkit d'évaluation ESO ou ESO Valuation Toolkit comme l'illustre la figure 72 (exemple de fichier utilisé : *Option d'achat d'actions des employés (acquisition des droits avec comportement sous-optimal)*).

Figure 71 - Résolveur de super treillis à actif simple

Fichier Aide

Options SLS Graphique de gains Sensibilité Scénario Convergence

Commentaire

Type d'option

Américaine Européenne Bermudes Personnalisée

Basic Inputs

Actif sous-jacent de la valeur actualisée (€) 20 Taux hors risque (%) 3.5

Coût d'implémentation (€) 20 Taux de dividende (%) 0

Maturité (années) 10 Volatilité (%) 50

Étapes du treillis 100 * Toutes les entrées sont des taux annualisés

Étapes d'interdiction et période d'acquisition des droits (pour les options personnalisées et des Bermudes)

0-39

Exemple: 1, 2, 10-20, 35

Équation de nœud final (options à expiration)

Max(Asset-Cost, 0)

Exemple: Max(Asset - Cost, 0)

Équations personnalisées

Équation de nœud intermédiaire (options à expiration)

IF(Asset >= Suboptimal * Cost, Max(Asset - Cost, 0), OptionOpen)

Exemple: Max(Asset - Cost, OptionOpen)

Équation de nœud intermédiaire (pendant l'interdiction et la période d'acquisition des droits)

OptionOpen

Exemple: OptionOpen

Variables personnalisées

Nom de variable	Valeur	Étape de début
Suboptimal	1.1	0

* Référence

	Achat (call)	Vente (put)
Black-Scholes	12.87	6.97
Américaine à forme fermée	12.87	8.28
Européenne binomiale	12.87	6.96
Américaine binomiale	12.87	8.36

Résultat

Option personnalisée : 9.2178

Créer la feuille d'audit Exécuter Imprimer

Prêt.

Figure 71 – Résultats d'une option d'achat avec acquisition des droits et comportement sous-optimal obtenus avec SLS

American Option with Vesting and Suboptimal Behavior

Assumptions	
Stock Price (\$)	\$20.00
Strike Price (\$)	\$20.00
Maturity in Years (.)	10.00
Risk-free Rate (%)	3.50%
Dividends (%)	0.00%
Volatility (%)	50.00%
Suboptimal Exercise Multiple (.)	1.10
Vesting in Years (.)	4.00

Intermediate Calculations	
Stepping-Time (dt)	1.0000
Up Step-Size (up)	1.6487
Down Step-Size (down)	0.6065
Risk-neutral Probability (prob)	41.17%

Results	
10-Step Lattice Results	\$10.61
Generalized Black-Scholes	\$12.87
100-Step Binomial Super Lattice	\$9.22
Binomial Super Lattice Steps	100 Steps ▼
100-Step Trinomial Super Lattice	\$9.43
Trinomial Super Lattice Steps	100 Steps ▼

Calculate
Main Menu
Analyze

Underlying Stock Price Lattice

									2968.26	
								1800.34		
							1091.96		1091.96	
						662.31		662.31		
					401.71		401.71		401.71	
				243.65		243.65		243.65		
			147.78		147.78		147.78		147.78	
		89.63		89.63		89.63		89.63		
	54.37		54.37		54.37		54.37		54.37	
	32.97		32.97		32.97		32.97		32.97	
20.00		20.00		20.00		20.00		20.00		
	12.13		12.13		12.13		12.13		12.13	
		7.36		7.36		7.36		7.36		
			4.46		4.46		4.46		4.46	
				2.71		2.71		2.71		
					1.64		1.64		1.64	
						1.00		1.00		
							0.60		0.60	
								0.37		
									0.22	
										0.13

Option d'achat d'actions des employés (ESO) américaine avec acquisition des droits, comportement d'exercice sous-optimal, périodes d'interdiction et taux de renonciation

Cet exemple incorpore l'élément de renonciation au modèle comme l'illustre la figure 73 (exemple de fichier utilisé : *Option d'achat d'actions des employés (acquisition des droits, interdiction, sous-optimal, renonciation)*). Cela signifie que si l'option est acquise et si le prix de l'action en vigueur dépasse le seuil sous-optimal au-dessus du prix d'exercice, l'option sera exécutée de façon sommaire et sous-optimale. Si elle est acquise mais ne dépasse pas le seuil, l'option sera exécutée uniquement si la renonciation post-acquisition survient, sinon elle est gardée ouverte. Cela signifie que l'étape intermédiaire est une moyenne pondérée de la probabilité de ces occurrences. Enfin, quand un employé renonce à une option pendant la période d'acquisition des droits, il renonce à toutes les options, avec un taux de renonciation pré-acquisition. Dans cet exemple, nous supposons des renoncements pré- et post-acquisition des droits identiques afin de pouvoir vérifier les résultats avec le logiciel Toolkit d'évaluation ESO ou ESO Valuation Toolkit (figure 74). Dans d'autres cas, ces taux peuvent être différents.

Figure 73 - Résolveur de super treillis à actif simple

Fichier Aide

Options SLS Graphique de gains Sensibilité Scénario Convergence

Commentaire

Type d'option

Américaine Européenne Bermudes Personnalisée

Basic Inputs

Actif sous-jacent de la valeur actualisée (£) 100 Taux hors risque (%) 5.5

Coût d'implémentation (£) 100 Taux de dividende (%) 4

Maturité (années) 10 Volatilité (%) 45

Étapes du treillis 100 * Toutes les entrées sont des taux annualisés

Étapes d'interdiction et période d'acquisition des droits (pour les options personnalisées et des Bermudes)

0-39
Exemple: 1, 2, 10-20, 35

Équation de nœud final (options à expiration)

Max(Asset-Cost, 0)

Exemple: Max(Asset - Cost, 0)

Équations personnalisées

Équation de nœud intermédiaire (options à expiration)

$$\text{IF}(\text{Asset} \geq \text{Suboptimal} * \text{Cost}, \text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0), \text{IF}(\text{Asset} < \text{Suboptimal} * \text{Cost}, (\text{ForfeiturePost} * \text{DT} * \text{Max}(\text{Asset} - \text{Cost}, 0) + (1 - \text{ForfeiturePost} * \text{DT}) * \text{OptionOpen}), 0))$$

Exemple: Max(Asset - Cost, OptionOpen)

Équation de nœud intermédiaire (pendant l'interdiction et la période d'acquisition des droits)

$$(1 - \text{ForfeiturePre} * \text{DT}) * \text{OptionOpen}$$

Exemple: OptionOpen

Variables personnalisées

Nom de variable	Valeur	Étape de début
ForfeiturePost	0.1	0
ForfeiturePre	0.1	0
DT	0.1	0
Suboptimal	1.8	0

* Référence

	Achat (call)	Vente (put)
Black-Scholes	37.45	28.11
Américaine à forme fermée	43.20	36.50
Européenne binomiale	37.44	28.11
Américaine binomiale	43.33	36.74

Résultat

Option personnalisée : 26.1821

Créer la feuille d'audit Exécuter Imprimer

Prêt.

Figure 73 – Résultats d'une option d'achat avec acquisition des droits, renonciation, comportement sous-optimal et périodes d'interdiction obtenus avec SLS

Customized American Option

Assumptions

Stock Price (\$)	\$100.00
Strike Price (\$)	\$100.00
Maturity in Years (.)	10.00
Risk-free Rate (%)	5.50%
Dividends (%)	4.00%
Volatility (%)	45.00%
Suboptimal Exercise Multiple (.)	1.80
Vesting in Years (.)	4.00
Forfeiture Rate (%)	10.00%

Results

Generalized Black-Scholes	\$37.45
100-Step Super Lattice	\$26.18
Super Lattice Steps	100 Steps ▼

Calculate

Main Menu

Analyze

Additional Assumptions

Year	Volatility %
10.00	45.00%
10.00	45.00%
10.00	45.00%
10.00	45.00%
10.00	45.00%
10.00	45.00%
10.00	45.00%
10.00	45.00%
10.00	45.00%
10.00	45.00%

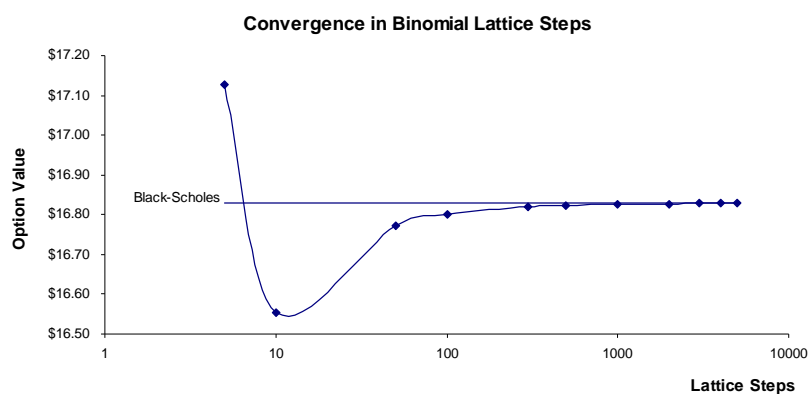
Year	Risk-free %
10.00	5.50%
10.00	5.50%
10.00	5.50%
10.00	5.50%
10.00	5.50%
10.00	5.50%
10.00	5.50%
10.00	5.50%
10.00	5.50%
10.00	5.50%

Please be aware that by applying multiple changing volatilities over time, a non-recombining lattice is required, which increases the computation time significantly. In addition, only smaller lattice steps may be computed. When many volatilities over time and many lattice steps are required, use Monte Carlo simulation on the volatilities and run the Basic or Advanced Custom Option module instead. For additional steps, use the ESO Function:

Figure 74 – Résultats d’une option d’achat avec acquisition des droits, renonciation, comportement sous-optimal et périodes d’interdiction obtenus avec le logiciel Toolkit d’évaluation ESO ou ESO Valuation Toolkit

Annexe A : Convergence des treillis

Plus le nombre d'étapes de treillis est élevé, plus les résultats sont précis. La figure A1 illustre la convergence des résultats obtenus en utilisant un modèle de Black-Scholes à forme fermée sur une option d'achat européenne sans dividendes, et en comparant les résultats au treillis binomial élémentaire. La convergence est généralement atteinte entre 500 et 1 000 étapes. Du fait du nombre élevé d'étapes requis pour générer les résultats, des algorithmes mathématiques basés sur le logiciel sont utilisés.⁴ Par exemple, un treillis binomial sans recombinaison avec 1 000 étapes a un total de 2×10^{301} calculs nodaux à effectuer, rendant tout calcul manuel impossible sans l'utilisation d'algorithmes spécialisés.⁵ La figure A1 illustre également les résultats du treillis binomial avec différentes étapes et note la convergence du treillis binomial pour une option d'achat européenne simple en utilisant le modèle de Black-Scholes.



Résultat de Black-Scholes :	\$12,336
Treillis binomial à 5 étapes :	\$12,795
Treillis binomial à 10 étapes :	\$12,093
Treillis binomial à 20 étapes :	\$12,213
Treillis binomial à 50 étapes :	\$12,287
Treillis binomial à 100 étapes :	\$12,313
Treillis binomial à 1 000 étapes :	\$12,336

Figure A1 – Convergence des résultats du treillis binomial pour des solutions à forme fermée

⁴ Cet algorithme exclusif a été développé par le Dr. Johnathan Mun d'après ses travaux analytiques avec le FASB en 2003-2004, ses livres « Valuing Employee Stock Options Under the 2004 FAS 123 Requirements » (Wiley, 2004), « Real Options Analysis: Tools and Techniques » (Wiley, 2002), « Real Options Analysis Course » (Wiley, 2003), « Applied Risk Analysis: Moving Beyond Uncertainty » (Wiley, 2003), la création de ses logiciels, « Real Options Analysis Toolkit » (versions 1.0 et 2.0), des recherches universitaires et son expérience antérieure du conseil en évaluation chez KPMG Consulting.

⁵ Un treillis binomial sans recombinaison bifurque (se divise en deux) à chacune de ses étapes, donc en commençant avec une valeur, il passe à deux valeurs à la première étape (2^1), puis à quatre à la deuxième étape (2^2), puis à huit à la troisième étape (2^3) et ainsi de suite, jusqu'à la 1 000^{ème} étape (2^{1000} ou plus de 10^{301} valeurs à calculer... Le super ordinateur le plus rapide au monde ne pourra pas calculer les résultats de notre vivant).

Annexe B : Estimations de la volatilité

Il existe plusieurs méthodes pour calculer la volatilité dans les modèles d'option. Les approches les plus courantes et les plus valides sont :

- **Approche des rendements de flux monétaires logarithmique ou approche des rendements du prix de l'action logarithmique :** Utilisée essentiellement pour calculer la volatilité des actifs liquides ou échangeables, tels que les actions dans les options financières. Parfois utilisée pour d'autres actifs marchands comme le prix du pétrole et le prix de l'électricité. L'inconvénient est que les modèles de flux monétaires actualisés avec seulement quelques flux monétaires auront généralement tendance à *exagérer* la volatilité et cette méthode ne peut pas être utilisée en cas de flux monétaires négatifs. Les avantages sont la facilité de calcul, la transparence et la souplesse de modélisation de la méthode. En outre, aucune simulation n'est requise pour obtenir une estimation de la volatilité.
- **Approche des rendements de la valeur actualisée logarithmique :** Utilisée essentiellement pour calculer la volatilité des actifs avec des flux monétaires, une application typique étant avec les options réelles. L'inconvénient de cette méthode est qu'une simulation est requise pour obtenir une seule volatilité et qu'elle n'est pas applicable aux actifs liquides très échangés comme le prix des actions. Les avantages incluent la possibilité de traiter certains flux monétaires négatifs et l'application d'une analyse plus rigoureuse que l'approche des rendements de flux monétaires logarithmique, fournissant une estimation de la volatilité plus précise et plus modérée lors de l'analyse des actifs.
- **Modèles GARCH (hétéroscédasticité conditionnelle auto-régressive généralisée) :** Utilisés essentiellement pour calculer la volatilité des actifs liquides ou échangeables, tels que les actions dans les options financières. Parfois utilisés pour d'autres actifs marchands comme le prix du pétrole et le prix de l'électricité. L'inconvénient de cette approche est qu'elle nécessite beaucoup de données, une expérience de la modélisation économétrique avancée et qu'elle est très susceptible aux manipulations de l'utilisateur. L'avantage est qu'une analyse statistique rigoureuse est effectuée pour trouver la courbe de volatilité la mieux ajustée, fournissant différentes estimations de la volatilité dans le temps.
- **Suppositions et conjectures de la direction :** Utilisées pour les options financières et les options réelles. L'inconvénient est que les estimations de la volatilité ne sont absolument pas fiables et ne sont que des conjectures subjectives. L'avantage de cette approche est sa simplicité : cette méthode permet d'expliquer facilement à la direction le concept de volatilité, en termes d'exécution et d'interprétation.
- **Index ou données du marché comparables :** Utilisés essentiellement pour comparer des actifs liquides et non liquides, tant que des données de marché, de secteur ou d'industrie comparables sont disponibles. L'inconvénient est qu'il est parfois difficile de trouver des entreprises comparables appropriées et que les résultats peuvent être extrêmement manipulés en incluant ou excluant certaines entreprises. L'avantage de cette approche est sa simplicité d'utilisation.

Estimations de la volatilité (approche des rendements de flux monétaires/du prix de l'action logarithmique)

L'approche des rendements de flux monétaires logarithmique ou approche des rendements du prix de l'action logarithmique calcule la volatilité en utilisant les estimations de flux monétaires futurs individuelles, des estimations de flux monétaires comparables ou des prix historiques, générant les rendements relatifs logarithmiques correspondants, comme l'illustre la figure B1. En commençant avec une série de flux monétaires futurs prévus ou de prix historiques, convertissez-les en rendements relatifs. Puis prenez les logarithmes naturels de ces rendements relatifs. L'écart type de ces rendements de logarithmes naturels est la *volatilité périodique* de la série de flux monétaires. La volatilité périodique résultant du jeu de données échantillon à la figure B1 est 25,58 %. Il faut ensuite annualiser cette valeur.

Quelle que soit l'approche utilisée, l'estimation de la volatilité périodique utilisée dans l'analyse des options réelles ou financières doit être une *volatilité annualisée*. Selon la périodicité des flux monétaires bruts ou des données de prix de l'action utilisés, la volatilité calculée doit être convertie en valeurs annualisées en utilisant $\sigma\sqrt{P}$, où P est le nombre de périodes dans une année et σ est la volatilité périodique. Par exemple, si la volatilité calculée en utilisant des données de flux monétaires mensuelles est 10 %, la volatilité annualisée est $10\%\sqrt{12} = 35\%$. De la même façon, P est 365 (ou environ 250 si on ne prend en compte que les jours ouvrés, pas tous les jours de l'année) pour les données quotidiennes, 4 pour les données trimestrielles, 2 pour les données biannuelles et 1 pour les données annuelles.

Notez que le nombre de rendements dans la figure B1 est inférieur de 1 au nombre total de périodes. C'est-à-dire que pour les périodes 0 à 5, nous avons six flux monétaires, mais seulement cinq rendements relatifs de flux monétaires. Cette approche est valide et correcte pour l'estimation des volatilités des actifs liquides ou très échangés —prix des actions historiques, prix du pétrole et de l'électricité historiques— et est moins valide pour le calcul des volatilités dans l'univers des options réelles, où l'actif sous-jacent génère des flux monétaires. Cela est dû au fait que pour obtenir des résultats valides, de nombreux points de données sont requis, et dans la modélisation des options réelles, les flux monétaires générés en utilisant un modèle de flux monétaires actualisés peuvent n'être que pour 5 à 10 périodes. Inversement, un grand nombre de prix du pétrole ou des actions historiques peuvent être téléchargés et analysés. Avec les jeux de données plus petits, cette approche surestime généralement la volatilité.

Période	Flux monétaires	Rendements relatifs des flux monétaires	Logarithme naturel des rendements de flux monétaires (X)
0	\$100	—	—
1	\$125	$\$125/\$100 = 1,25$	$\ln(\$125/\$100) = 0,2231$
2	\$95	$\$95/\$125 = 0,76$	$\ln(\$95/\$125) = -0,2744$
3	\$105	$\$105/\$95 = 1,11$	$\ln(\$105/\$95) = 0,1001$
4	\$155	$\$155/\$105 = 1,48$	$\ln(\$155/\$105) = 0,3895$
5	\$146	$\$146/\$155 = 0,94$	$\ln(\$146/\$155) = -0,0598$

Figure B1 – Approche des rendements de flux monétaires

L'estimation de la volatilité est ensuite calculée comme suit :

$$\text{volatilité} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 25,58 \%$$

où n est le nombre de X et \bar{x} est la valeur moyenne de X .

Pour illustrer plus avant l'utilisation de cette approche, la figure B2 montre le prix de l'action Microsoft téléchargé à partir de Yahoo! Finance, une ressource gratuite à la disposition du public.⁶ Vous pouvez suivre l'exemple en chargeant l'exemple de fichier : *Démarrer / Programmes / Real Options Valuation / Real Options Super Lattice Solver / Volatility Estimates (Estimations de la volatilité)* et sélectionnez l'onglet *Log Cash Flow Approach (Approche des flux monétaires logarithmique)*. Les données des colonnes A à G à la figure B2 sont téléchargées depuis Yahoo. La formule dans la cellule I3 est simplement $LN(G3/G4)$ pour calculer la valeur logarithmique naturelle des rendements relatifs semaine après semaine, et est copiée dans l'ensemble de la colonne. La formule dans la cellule J3 est $STDEV(I3:I54)*SQRT(52)$ qui calcule la volatilité (en prenant l'écart type de l'ensemble des données des 52 semaines de l'année 2004) annualisée (en multipliant la racine carrée du nombre de semaines dans l'année). La formule dans la cellule J3 est alors copiée dans l'ensemble de la colonne pour calculer une fenêtre mobile de volatilités annualisées. La volatilité utilisée dans cet exemple est la moyenne d'une fenêtre mobile de 52 semaines, qui couvre deux ans de données. C'est-à-dire que la formule dans la cellule L8 est $AVERAGE(J3:J54)$, où la cellule J54 contient la formule suivante : $STDEV(I54:I105)*SQRT(52)$, et bien sûr, la ligne 105 est janvier 2003. Cela signifie que la fenêtre mobile de 52 semaines capture la volatilité moyenne sur une période de deux ans et lisse cette volatilité de façon à ce que les pics peu fréquents mais extrêmes ne dominent pas le calcul de la volatilité. Bien sûr, une volatilité médiane doit aussi être calculée. Si la volatilité médiane est très différente de la volatilité moyenne, la distribution des volatilités est étalée et il faut utiliser la volatilité médiane. Sinon, utilisez la volatilité moyenne. Enfin, ces 52 volatilités peuvent être saisies dans le Simulateur de risques de simulation de Monte Carlo et peuvent être simulées.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Downloaded Weekly Historical Stock Prices of Microsoft							Volatility Computations					
2	Date	Open	High	Low	Close	Volume	Adj. Close*	LN Relative Returns	Moving Average Volatilities				
3	27-Dec-04	27.01	27.10	26.68	26.72	52388840	26.64	-0.0108	17.87%				
4	20-Dec-04	27.01	27.17	26.78	27.01	77413174	26.93	0.0019	17.84%				
5	13-Dec-04	27.10	27.40	26.80	26.96	108628300	26.88	-0.0045	17.85%				
6	6-Dec-04	27.10	27.44	26.91	27.08	83312720	27.00	-0.0055	18.00%				
7	29-Nov-04	26.64	27.44	26.61	27.23	83103200	27.15	0.0235	18.13%				
8	22-Nov-04	26.75	26.82	26.10	26.60	61834599	26.52	-0.0098	18.03%				
9	15-Nov-04	27.34	27.50	26.84	26.86	75375960	26.78	-0.0011	18.10%				
10	8-Nov-04	29.18	30.20	29.13	29.97	109385736	26.81	0.0223	18.20%				
11	1-Nov-04	28.16	29.36	27.96	29.31	85044019	26.22	0.0468	18.28%				
12	25-Oct-04	27.67	28.54	27.55	27.97	70791679	25.02	0.0084	17.71%				
13	18-Oct-04	28.07	28.89	27.58	27.74	74671318	24.81	-0.0092	17.80%				
14	11-Oct-04	28.20	28.27	27.80	27.99	48396360	25.04	0.0000	19.68%				
15	4-Oct-04	28.44	28.59	27.97	27.99	52998320	25.04	-0.0091	19.69%				
16	27-Sep-04	27.17	28.32	27.04	28.25	61783760	25.27	0.0346	19.68%				
17	20-Sep-04	27.44	27.74	27.07	27.29	59162520	24.41	-0.0082	19.62%				
18	13-Sep-04	27.53	27.57	26.74	27.51	51599880	24.61	0.0008	20.52%				
19	7-Sep-04	27.29	27.51	27.14	27.49	51935175	24.59	0.0139	21.30%				
20	30-Aug-04	27.30	27.68	26.85	27.11	45125980	24.25	-0.0127	21.25%				
21	23-Aug-04	27.27	27.67	27.09	27.46	40526880	24.56	0.0123	22.29%				
22	16-Aug-04	27.03	27.50	26.89	27.20	52571740	24.26	0.0066	22.29%				
23	9-Aug-04	27.26	27.75	26.86	27.02	51244080	24.10	-0.0041	22.42%				
24	2-Aug-04	28.27	28.55	27.06	27.14	56739100	24.20	-0.0488	22.42%				
25	26-Jul-04	28.36	28.81	28.13	28.49	65555220	25.41	0.0163	21.97%				
26	19-Jul-04	27.62	29.89	27.60	28.03	114579322	25.00	0.0198	22.11%				
27	12-Jul-04	27.67	28.36	27.25	27.48	57970740	24.51	-0.0138	22.02%				
28	6-Jul-04	28.32	28.33	27.55	27.86	61197249	24.85	-0.0250	22.04%				
29	28-Jun-04	28.60	28.84	28.17	28.57	66214339	25.48	0.0000	22.07%				
30	21-Jun-04	28.22	28.66	27.81	28.57	82202478	25.48	0.0079	22.30%				
31	14-Jun-04	26.55	28.50	26.53	28.35	97727643	25.28	0.0574	22.48%				

Figure B2 – Calcul de la volatilité annualisée de l'action Microsoft sur un an

⁶ Allez à <http://fr.finance.yahoo.com> et saisissez le code d'une action (par ex. MSFT). Cliquez sur Cours : Données Historiques, puis sélectionnez Hebdomadaire et la période qui vous intéresse. Vous pouvez alors télécharger les données dans une feuille de calcul afin de les analyser.

Évidemment, cette approche simple présente des avantages et des inconvénients. Cette méthode est très facile à implémenter, et la simulation de Monte Carlo n'est pas nécessaire pour obtenir une estimation de volatilité à un seul point. Cette approche est mathématiquement valide et est très couramment utilisée pour estimer la volatilité des actifs financiers. Cependant, pour l'analyse des options réelles, plusieurs mises en garde sont nécessaires. Lorsque les flux monétaires sont négatifs pour certaines périodes, les rendements relatifs auront des valeurs négatives, et le logarithme naturel d'une valeur négative n'existe pas. Ainsi, la mesure de la volatilité ne capture pas complètement la baisse possible des flux monétaires et risque de produire des résultats erronés. De plus, les flux monétaires auto-corrélés (estimés en utilisant des techniques de prévision des séries chronologiques) ou les flux monétaires suivant un taux de croissance statique produiront des estimations de la volatilité erronées. Il faut faire très attention dans de tels cas. Ce problème est neutralisé dans les jeux de données plus volumineux qui ne comprennent que des valeurs positives, comme les prix historiques des actions ou le prix du pétrole ou de l'électricité.

Cette approche est valide et correcte comme calculée à la figure B2 pour les actifs liquides et échangés avec de nombreuses données historiques. Cette approche n'est pas valide pour le calcul de la volatilité des flux monétaires dans un flux monétaire actualisé à des fins d'analyse d'options réelles à cause du manque de données. Par exemple, les flux monétaires annualisés suivants, 100, 200, 300, 400, 500, produiraient une volatilité de 20,80 %, alors que les flux monétaires annualisés suivants, 100, 200, 400, 800, 1600, produiraient une volatilité de 0 %, et que les flux monétaires suivants, 100, 200, 100, 200, 100, 200, produiraient 75,93 %. Tous ces jeux de flux monétaires semblent assez déterministes et pourtant produisent des volatilités très différentes. De plus, le troisième jeu de flux monétaires auto-corrélés négativement devrait en fait être moins volatile (du fait de sa nature cyclique prédictive et de son retour à un niveau de référence) mais c'est lui qui a la volatilité calculée la plus élevée. Le deuxième jeu de flux monétaires semble plus risqué que le premier à cause des fluctuations plus importantes, mais a une volatilité de 0 %. Faites donc très attention si vous appliquez cette méthode à des jeux de données peu volumineux.

Quand elle est appliquée à des prix d'actions et des données historiques qui ne sont pas négatifs, cette approche est facile et valide. Cependant, si elle est utilisée pour des actifs d'options réelles, les flux monétaires de flux monétaire actualisé risquent d'avoir des valeurs négatives, renvoyant une erreur de calcul (le logarithme d'une valeur négative n'existe pas). Cependant, vous pouvez adopter certaines approches pour éviter cette erreur. La première est de faire passer votre modèle de flux monétaires actualisés des flux monétaires libres aux bénéfices, aux bénéfices d'exploitation (EBITDA), et même jusqu'aux recettes et prix, où toutes les valeurs sont positives. Si vous adoptez cette approche, faites attention de modéliser toutes les autres options et tous les autres projets de cette façon à des fins de compatibilité. De plus, cette approche est justifiée dans les situations où la volatilité, le risque et l'incertitude proviennent de l'utilisation d'une certaine variable au-dessus de la ligne. Par exemple, le seul facteur de succès critique pour une entreprise de pétrole et d'électricité est le prix du pétrole (prix) et le taux de production (quantité), où les deux sont multipliés pour obtenir les recettes. En outre, si tous les autres éléments d'un flux monétaire actualisé sont des rapports proportionnels (par ex. les frais d'exploitation représentent 25 % des recettes ou les valeurs EBITDA représentent 10 % des recettes, et ainsi de suite), alors seule la volatilité des recettes nous intéresse. En fait, si les proportions restent constantes, les volatilités calculées sont identiques (par ex. des recettes de \$100, \$200, \$300, \$400, \$500, et une valeur EBITDA proportionnelle de 10 % de \$10, \$20, \$30, \$40, \$50, produisent la même volatilité de 20,80 %). Enfin, en poursuivant l'exemple du pétrole et de l'électricité, le calcul de la volatilité des recettes en supposant qu'aucun autre risque de marché n'existe sous cette ligne de recettes dans les flux monétaires actualisés est justifié car cette entreprise peut avoir des opérations mondiales avec différentes conditions fiscales et aides financières (différents financements des projets). La volatilité doit uniquement s'appliquer aux risques du marché et pas aux risques privés (si le directeur financier est un bon

négociateur pour l'obtention de prêts étrangers ou si le comptable est capable de créer des abris fiscaux à l'étranger).

Maintenant que vous comprenez les mécanismes du calcul des volatilités avec cette approche, nous devons expliquer pourquoi nous avons fait ce que nous avons fait. Comprendre les mécanismes ne suffit pas pour justifier l'approche ou expliquer la logique de l'analyse choisie. Penchons-nous donc sur les étapes entreprises et expliquons la logique sous-jacente :

Étape 1 : Rassemblez les données pertinentes et déterminez la périodicité et le cadre temporel. Vous pouvez utiliser des données financières de prévision (flux monétaires provenant d'un modèle de flux monétaires actualisés), des données comparables (données de marché comparables comme des indices des secteurs ou des moyennes des industries) ou des données historiques (prix des actions ou du pétrole et de l'électricité). Considérez la périodicité et le cadre temporel des données. En utilisant des données de prévision et comparables, vos choix sont limités à ce qui est disponible ou aux modèles qui ont été créés, et sont typiquement des données annuelles, trimestrielles ou mensuelles, généralement pour une durée limitée. Si vous utilisez des données historiques, vos choix sont plus variés. Typiquement, les données quotidiennes ont trop de fluctuations aléatoires et de perturbations qui peuvent provoquer des calculs de la volatilité erronés. Les données historiques mensuelles, trimestrielles et annuelles sont trop dispersées et toutes les fluctuations inhérentes aux données de séries chronologiques risquent d'être lissées. La périodicité optimale est représentée par des données hebdomadaires si elles sont disponibles. Toutes les fluctuations au cours d'un même jour et au cours d'une même semaine sont lissées, mais les fluctuations hebdomadaires sont encore inhérentes au jeu de données. Enfin, le cadre temporel des données historiques est également important. Les périodes d'événements extrêmes doivent être considérées avec soin (par ex. la bulle Internet, la récession mondiale, la dépression, les attaques terroristes). C'est-à-dire s'agit-il d'événements réels qui se reproduiront et qui ne sont donc pas des valeurs aberrantes mais font partie du risque systématique impossible à diversifier lié aux affaires ? Dans l'exemple de la figure B2 ci-dessus, c'est un cycle de 2 ans qui a été utilisé. Évidemment, si l'option a une maturité de 3 ans, alors un cycle de 3 ans doit être considéré, sauf si les données ne sont pas disponibles ou si certains événements extrêmes mitigent l'utilisation de données aussi anciennes.

Étape 2 : Calculez les rendements relatifs. Les rendements relatifs sont utilisés dans les moyennes géométriques, alors que les rendements absolus sont utilisés dans les moyennes arithmétiques. Pour illustrer cela, supposez que vous achetez un actif ou une action pour \$100. Vous le conservez pendant une période et sa valeur double pour atteindre \$200, ce qui signifie que votre rendement absolu est de 100 %. Vous devenez gourmand et le conservez pendant une période de plus alors que vous auriez dû le vendre et empocher la plus-value. La période suivante, l'actif baisse et retourne à \$100, ce qui signifie que vous avez perdu la moitié de sa valeur, soit -50 % en rendement absolu. Votre courtier vous appelle et vous dit que la moyenne de vos rendements pour ces deux périodes est de 25 % (la moyenne arithmétique de 100 % et -50 % est 25 %). Vous avez commencé avec \$100 et terminé avec \$100, il est donc clair que le rendement n'est pas 25 %. Ainsi, une moyenne arithmétique « gonfle » la moyenne en cas de fluctuations ; la bourse ou votre projet d'options réelles connaît des fluctuations, sinon votre volatilité est très faible et l'option n'a pas de valeur, auquel cas il est inutile d'analyser les options. Une moyenne géométrique est une meilleure méthode de calcul du rendement. Vous pouvez voir ce calcul ci-dessous et voir que le calcul de la moyenne géométrique inclut le calcul des rendements relatifs. C'est-à-dire que si la valeur de \$100 passe à \$200, le rendement relatif est 2,0 et le rendement absolu est 100 %, ou si \$100 baisse à \$90, le rendement relatif est 0,9 (toute valeur inférieure à 1,0 représente une perte) et le rendement absolu est -10 %. Ainsi, pour éviter de « gonfler » les calculs, nous utilisons les rendements relatifs à l'étape 2.

$$\text{Moyenne géométrique} = \sqrt[\text{PÉRIODES}]{\left(\frac{\text{Valeur de fin de la période 1}}{\text{Valeur de début de la période 1}}\right)\left(\frac{\text{Valeur de fin de la période 2}}{\text{Valeur de début de la période 2}}\right)\dots\left(\frac{\text{Valeur de fin de la période n}}{\text{Valeur de début de la période n}}\right)} = \sqrt{\left(\frac{200}{100}\right)\left(\frac{100}{200}\right)} = 1.0$$

Étape 3 : Calculez le logarithme naturel des rendements relatifs. Le logarithme naturel est utilisé pour deux raisons. D’abord pour être comparable au processus stochastique de mouvement brownien exponentiel. Pour rappel, un mouvement brownien s’écrit sous la forme :

$$\frac{\delta S}{S} = e^{\mu(\delta t) + \sigma \varepsilon \sqrt{\delta t}}$$

Pour calculer la volatilité (σ) utilisée dans un calcul équivalent (qu’elle soit utilisée dans une simulation, des treillis ou des modèles à forme fermée, car ces trois approches nécessitent le mouvement brownien comme supposition fondamentale), un logarithme naturel est utilisé. L’exponentiel d’un logarithme naturel se neutralise dans l’équation ci-dessus. Ensuite, pour calculer la moyenne géométrique, on a utilisé des rendements relatifs, puis on les a multipliés et mis à la racine carré du nombre de périodes. En prenant un logarithme naturel d’une racine (n), nous réduisons la racine (n) dans l’équation de moyenne géométrique. C’est pour cela que l’on utilise des logarithmes naturels à l’étape 3.

Étape 4 : Calculez l’écart type échantillon pour obtenir la volatilité périodique. Un écart type échantillon est utilisé au lieu de l’écart type de la population parce que votre jeu de données peut être de petite taille. Pour les jeux de données plus volumineux, l’écart type échantillon converge vers l’écart type de la population, il est donc toujours plus sûr d’utiliser l’écart type échantillon. Bien sûr, l’écart type échantillon illustré ci-dessous est simplement la moyenne (*somme de tous les écarts divisée par n écarts*) des écarts de chaque point d’un jeu de données par rapport à sa moyenne ($x - \bar{x}$), avec un ajustement pour un degré de liberté dans les petits jeux de données, où un écart type plus élevé implique une largeur distributionnelle plus importante et implique donc un risque plus important. L’écart de chaque point autour de la moyenne est élevé au carré pour capturer ses distances absolues (sinon, pour une distribution symétrique, les écarts à gauche de la moyenne sont égaux aux écarts à droite de la moyenne, créant une somme de zéro), et on calcule la racine carrée de la totalité du résultat, pour ramener la valeur à son unité d’origine. Enfin, le dénominateur ($n-1$) s’ajuste pour un degré de liberté dans les échantillons de petite taille. À titre d’illustration, supposez qu’il y a trois personnes dans une pièce et que nous demandons à ces trois personnes de choisir un nombre au hasard, tant que la moyenne est de \$100. La première personne et la deuxième personne peuvent choisir n’importe quelle valeur, Mais la troisième personne peut uniquement choisir une seule valeur de façon à ce que la moyenne soit exactement égale à \$100. Ainsi, dans une pièce avec 3 personnes (n), seules 2 personnes ($n-1$) sont véritablement libres de choisir. Donc pour les échantillons de petite taille, l’application de la correction $n - 1$ rend les calculs plus conservateurs. C’est pour cela que nous utilisons les écarts types échantillons à l’étape 4.

$$\text{volatilité} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Étape 5 : Calculez la volatilité annualisée. La volatilité utilisée dans l’analyse des options est annualisée pour plusieurs raisons. La première raison est que toutes les autres entrées sont des entrées annualisées (par ex. taux hors risque annualisé, dividendes annualisés et maturité en années). Deuxièmement, si un jeu de flux monétaires ou de prix d’action de \$10 à \$20 à \$30 qui

se produit dans trois mois différents au lieu de trois jours différents a des volatilités très différentes. Évidemment, s'il faut des jours pour doubler ou tripler la valeur de votre actif, cet actif est beaucoup plus volatile. Tous ces éléments doivent utiliser la même unité temporelle et être annualisés. Enfin, l'équation stochastique de mouvement brownien a les valeurs $\sigma\sqrt{\delta t}$. Ainsi, supposez que nous avons une option d'un an modélisée en utilisant un treillis à 12 étapes, alors δt est 1/12. si nous utilisons des données mensuelles, calculez la volatilité mensuelle et utilisez-la comme entrée ; cette volatilité mensuelle sera de nouveau divisée par 12 selon $\sigma\sqrt{\delta t}$. Donc, nous devons d'abord annualiser la volatilité pour obtenir une volatilité annuelle (multipliée par la racine carrée de 12), entrer cette volatilité annuelle dans le modèle et laisser le modèle diviser la volatilité (multipliée par la racine carrée de 1/12) pour obtenir une volatilité périodique. C'est pour cela que nous annualisons les volatilités à l'étape 5.

Estimations de la volatilité (rendements de la valeur actualisée logarithmique)

L'approche des *rendements de la valeur actualisée logarithmique* pour estimer la volatilité réunit toutes les estimations de flux monétaires futures en deux sommes de valeurs actualisées, une pour la première période et une autre pour le présent (figure B3). Les étapes sont illustrées ci-dessous. Les calculs supposent un taux d'actualisation constant. Les flux monétaires sont actualisés jusqu'au moment 0 et à nouveau jusqu'au moment 1, avec les flux monétaires dans le moment 0 ignorés (coût irrécupérable). On calcule ensuite la somme des valeurs, puis le rapport logarithmique suivant :

$$X = \ln \left(\frac{\sum_{i=1}^n VAFM}{\sum_{i=0}^n VAFM} \right)$$

où *VAFM* est la valeur actualisée des flux monétaires futurs à différentes périodes *i*.

Cette approche est plus appropriée pour les options réelles, où les flux monétaires d'actifs et de projets réels sont calculés et leur volatilité correspondante est estimée. Elle est applicable aux flux monétaires de projet et d'actif, et peut se contenter de moins de points de données. Cependant, cette approche nécessite l'utilisation de la simulation de Monte Carlo pour obtenir une estimation de la volatilité. Cette approche réduit les risques de mesure de flux monétaires auto-corrélés et de flux monétaires négatifs.

Période	Flux monétaires	Valeur actualisée au moment 0	Valeur actualisée au moment 1
0	\$100	$\frac{\$100}{(1+0.1)^0} = \100.00	—
1	\$125	$\frac{\$125}{(1+0.1)^1} = \113.64	$\frac{\$125}{(1+0.1)^0} = \125.00
2	\$95	$\frac{\$95}{(1+0.1)^2} = \78.51	$\frac{\$95}{(1+0.1)^1} = \86.36
3	\$105	$\frac{\$105}{(1+0.1)^3} = \78.89	$\frac{\$105}{(1+0.1)^2} = \86.78
4	\$155	$\frac{\$155}{(1+0.1)^4} = \105.87	$\frac{\$155}{(1+0.1)^3} = \116.45
5	\$146	$\frac{\$146}{(1+0.1)^5} = \90.65	$\frac{\$146}{(1+0.1)^4} = \99.72
SOMME		\$567.56	\$514.31

Figure B3 – Approche de la valeur actualisée logarithmique

Dans l'exemple ci-dessus, X est simplement $\ln(\$514.31/\$567.56) = -0.0985$. En utilisant cette valeur X intermédiaire, effectuez une simulation de Monte Carlo sur le modèle de flux monétaires actualisés (simulant ainsi les flux monétaires individuels) et obtenez la distribution de prévision résultante de X . Comme expliqué précédemment, l'écart type échantillon de la distribution de prévision de X est l'estimation de la volatilité utilisée dans l'analyse des options réelles. **Il est important de noter que seul le numérateur est simulé alors que le dénominateur reste inchangé.**

L'inconvénient de cette approche pour estimer la volatilité est qu'elle nécessite la simulation de Monte Carlo, mais la mesure de la volatilité calculée est une estimation à un seul nombre, contrairement à l'approche de flux monétaires ou de prix des actions logarithmique, qui produit une distribution de volatilités, qui à son tour produit une distribution de valeurs d'options réelles calculées.

Le plus gros problème de cette méthode est sa dépendance vis-à-vis de la variabilité du taux d'actualisation utilisé. Par exemple, nous pouvons étendre l'équation X de la façon suivante :

$$X = \ln \left(\frac{\sum_{i=1}^n VAFM_i}{\sum_{i=0}^n VAFM_i} \right) = \ln \left(\frac{\frac{FM_1}{(1+A)^0} + \frac{FM_2}{(1+A)^1} + \frac{FM_3}{(1+A)^2} + \dots + \frac{FM_N}{(1+A)^{N-1}}}{\frac{FM_0}{(1+A)^0} + \frac{FM_1}{(1+A)^1} + \frac{FM_2}{(1+A)^2} + \dots + \frac{FM_N}{(1+A)^N}} \right)$$

où A représente le taux d'actualisation constant utilisé. Nous voyons ici que la série de flux monétaires FM pour le numérateur est décalé d'une période, ainsi que les facteurs d'actualisation. Donc, en effectuant une simulation de Monte Carlo sur les flux monétaires seuls au lieu d'effectuer une simulation de Monte Carlo simulation sur les flux monétaires et le taux d'actualisation, on obtiendra des valeurs X très différentes. L'inconvénient principal de cette approche est que, dans une analyse d'options réelles, la variabilité de la valeur actualisée des flux monétaires est le facteur principal de la valeur de l'option et non la variabilité des taux d'actualisation utilisés dans l'analyse. Les modifications de cette méthode impliquent la duplication des flux monétaires et la simulation des flux monétaires numérateurs uniquement, ce qui fournit donc des valeurs de numérateurs différentes mais une valeur de dénominateur statique pour chaque essai simulé, tout en maintenant le taux d'actualisation constant. En fait, si vous exécutez cette approche, il peut être conseillé de définir le taux d'actualisation comme un taux hors risque

statique, de simuler les flux monétaires actualisés et d'obtenir la volatilité, puis de réinitialiser la valeur d'origine du taux d'actualisation.

La figure B4 illustre un exemple de la façon dont cette approche peut facilement être implémentée dans Excel. Pour suivre, ouvrez l'exemple de fichier : *Volatility Computations (Calculs de la volatilité)* et sélectionnez l'onglet *Log Present Value Approach (Approche de la valeur actualisée logarithmique)*. L'exemple montre un échantillon de modèle de flux monétaires actualisés où les flux monétaires (ligne 46) et les coûts d'implémentation (ligne 48) sont calculés séparément. Il y a plusieurs raisons à cela. La première est de séparer les risques du marché (recettes et frais d'exploitation associés) des risques privés (coût d'implémentation)—bien sûr, uniquement s'il est logique de les séparer, comme il existe des situations où le coût d'implémentation est aussi affecté par les risques du marché. Ici, nous supposons que le coût d'implémentation n'est affecté que par les risques privés et sera actualisé à un taux hors risque ou au coût proche du taux de rendement hors risque, afin de l'actualiser pour la valeur temporelle de l'argent. Les flux monétaires au risque du marché sont actualisés à un taux de rendement ajusté au risque du marché (ce qui peut aussi être vu comme actualisés à un taux hors risque de 5 % pour prendre en compte la valeur temporelle de l'argent, et actualisés à niveau à un taux de risque du marché de 10 % pour le risque, ou actualisés une seule fois à un taux de 15 %). Comme discuté dans le chapitre 2, si vous ne séparez pas les risques privés et du marché, vous actualisez considérablement les risques privés et rendez les flux monétaires actualisés beaucoup plus rentables qu'ils ne le sont vraiment (c.-à-d. si les coûts qui devraient être annualisés à 5 % sont annualisés à 15 %, la valeur actualisée nette est « gonflée »). En actualisant séparément ces flux monétaires, la valeur actualisée des flux monétaires et les coûts d'implémentation peuvent être calculés (cellules H9 et H10). La différence sera bien sûr la valeur actualisée nette (VAN). Ici, la séparation est également très importante car à partir de l'équation de Black-Scholes ci-dessous, l'option d'achat est calculée comme la valeur actualisée de bénéfices nets actualisés à un taux de rendement ajusté aux risques ou le prix de début de l'action (S) multiplié par la distribution de probabilités normale standard (Φ) moins les coûts d'implémentation ou le prix d'exercice (X) actualisé au *taux hors risque* et ajusté par une autre distribution de probabilités normale standard (Φ). Si la volatilité (σ) est zéro, l'incertitude est zéro, et Φ est égal à 100 % (la valeur entre parenthèses est l'infinité, ce qui signifie que la valeur de la distribution normale standard est 100 % ; vous pouvez aussi indiquer qu'avec zéro incertitudes, vous avez une certitude de 100 %). En séparant les flux monétaires, vous pouvez alors les utiliser comme entrées dans le modèle d'options, que vous utilisiez des treillis binomiaux ou Black-Scholes.

$$\text{Achat} = S\Phi\left(\frac{\ln(S/X) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right) - Xe^{-rT}\Phi\left(\frac{\ln(S/X) + (r - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right)$$

Poursuivons l'exemple de la figure B4. Les calculs qui nous intéressent se trouvent aux lignes 51 à 55. La ligne 51 montre les valeurs actualisées des flux monétaires à l'année 0 (assumez que l'année de référence est 2002), et la ligne 52 montrent les valeurs actualisées des flux monétaires à l'année 1, ignorant les coûts irrécupérables de l'année 0. Ces deux lignes sont calculées dans Excel et sont des formules liées. Vous devez alors copier et coller les valeurs uniquement dans la ligne 53 (utilisez la fonction *Edition | Collage spécial | Valeurs seulement* d'Excel). Puis calculez la variable X intermédiaire dans la cellule D54 en utilisant la formule Excel suivante : $LN(SUM(E52:H52)/SUM(D53:H53))$. Ensuite, simulez ce modèle de flux monétaires actualisés avec le *Simulateur de risques* en affectant les suppositions d'entrée pertinentes dans le modèle et définissant cette valeur X intermédiaire comme prévision de sortie. L'écart type par rapport à ce X est la volatilité périodique. L'annualisation de la volatilité est requise, en multipliant la volatilité périodique par la racine carrée du nombre de périodes dans une année.

	A	C	D	E	F	G	H	I	
2	Log Present Value Approach								
7									
8	Input Parameters				Results				
9	Discount Rate (Cash Flow)	15.00%		Present Value (Cash Flow)	\$328.24				
10	Discount Rate (Impl. Cost)	5.00%		Present Value (Impl. Cost)	\$189.58				
11	Tax Rate	10.00%		Net Present Value	\$138.67				
12									
17		2002	2003	2004	2005	2006			
18	Revenue	\$100.00	\$200.00	\$300.00	\$400.00	\$500.00			
22	Cost of Revenue	\$40.00	\$80.00	\$120.00	\$160.00	\$200.00			
26	Gross Profit	\$60.00	\$120.00	\$180.00	\$240.00	\$300.00			
27	Operating Expenses	\$22.00	\$44.00	\$66.00	\$88.00	\$110.00			
31	Depreciation Expense	\$5.00	\$5.00	\$5.00	\$5.00	\$5.00			
35	Interest Expense	\$3.00	\$3.00	\$3.00	\$3.00	\$3.00			
39	Income Before Taxes	\$30.00	\$68.00	\$106.00	\$144.00	\$182.00			
40	Taxes	\$3.00	\$6.80	\$10.60	\$14.40	\$18.20			
41	Income After Taxes	\$27.00	\$61.20	\$95.40	\$129.60	\$163.80			
42	Non-Cash Expenses	\$12.00	\$12.00	\$12.00	\$12.00	\$12.00			
46	Cash Flow	\$39.00	\$73.20	\$107.40	\$141.60	\$175.80			
47									
48	Implementation Cost	\$25.00	\$25.00	\$50.00	\$50.00	\$75.00			
49									
50	Volatility Estimates (Logarithmic PV Approach)								
51	PV (0)	\$39.00	\$63.65	\$81.21	\$93.10	\$100.51			
52	PV (1)	N/A	\$73.20	\$93.39	\$107.07	\$115.59			
53	Static PV (0)	\$39.00	\$63.65	\$81.21	\$93.10	\$100.51			
54	Variable X	0.0307							
55	Volatility	Simulate!							

Figure B4 – Approche de la valeur actualisée logarithmique

Maintenant que vous comprenez les mécanismes du calcul des volatilités avec cette approche, nous devons expliquer pourquoi nous avons fait ce que nous avons fait. Comprendre les mécanismes ne suffit pas pour justifier l'approche ou expliquer la logique de l'analyse choisie. Penchons-nous donc sur les étapes entreprises et expliquons la logique sous-jacente :

Étape 1 : Calculez les valeurs actualisées aux moments 0 et 1 et faites-en la somme. Le prix de l'action théorique est la somme des valeurs actualisées de tous les dividendes futurs (pour les actions sans dividendes, nous utilisons des portefeuilles répliquant le marché et des données comparables), et les fonds pour payer ces dividendes sont obtenus des bénéfices nets et des flux monétaires libres de l'entreprise. La valeur théorique d'un projet ou d'un actif est la somme de la valeur actualisée de tous les flux monétaires libre futurs ou bénéfices nets. Donc, le prix d'une action est équivalent au prix ou à la valeur d'un actif, la valeur actualisée nette (VAN). Ainsi, la somme des valeurs actualisées au moment 0 est équivalente au prix de l'action de l'actif au moment 0, la valeur aujourd'hui. La somme de la valeur actualisée des flux monétaires au moment 1 est équivalente au prix de l'action au moment 1, ou une bonne *valeur de substitution* pour le prix de l'action dans le *futur*. Nous utilisons ceci comme valeur de substitution car dans la plupart des modèles de flux monétaires actualisés, les prévisions de flux monétaires ne sont que quelques périodes. Ainsi, en exécutant une simulation de Monte Carlo, nous changeons toutes les possibilités futures et capturons les incertitudes dans les entrées de flux monétaires actualisés. Ce prix de l'action futur est donc une bonne valeur de substitution pour ce qui peut arriver au jeu futur de flux monétaires—n'oubliez pas que la somme de la valeur actualisée des flux monétaires futurs au moment 1 incluait dans ses calculs tous les flux monétaires futurs des flux monétaires actualisés, capturant ainsi les fluctuations et incertitudes futures. C'est pour cela que nous

effectuons l'étape 1 quand nous calculons les volatilités en utilisant l'approche des rendements de valeur actualisée logarithmique.

Étape 2 : Calculez la variable X intermédiaire. Cette variable X est identique aux rendements relatifs logarithmiques de l'approche des rendements de flux monétaires logarithmiques. Il s'agit simplement du logarithme naturel des rendements relatifs du prix de l'action futur (en utilisant la somme des valeurs actualisées au moment 1 comme valeur de substitution) à partir du prix de l'action actuel (la somme des valeurs actualisées au moment 0). Nous définissons ensuite la somme des valeurs actualisées au moment 0 comme étant statique car il s'agit du cas de référence et par définition, les valeurs d'un cas de référence ne changent pas. On peut voir le cas de référence comme la valeur actualisée nette des bénéfices nets du projet et on suppose qu'il s'agit de la meilleure estimation de la valeur des bénéfices nets du projet. C'est le futur qui est incertain et fluctue, nous simulons donc le modèle de flux monétaires actualisés et permettons au numérateur de la variable X de changer pendant la simulation tout en maintenant le dénominateur statique comme cas de référence.

Étape 3 : Simulez le modèle et obtenez l'écart type comme volatilité. Cette approche nécessite que le modèle soit simulé. C'est logique car si le modèle n'est pas simulé, il n'y a pas d'incertitudes dans le projet ou dans l'actif et donc la volatilité est égale à zéro. On n'exécute une simulation que s'il y a des incertitudes, vous obtenez donc une estimation de la volatilité. La logique derrière l'utilisation de l'écart type échantillon comme volatilité est similaire à celle de l'approche de rendements de flux monétaires logarithmiques. Si les sommes des valeurs actualisées des flux monétaires fluctuent entre valeurs positives et négatives pendant la simulation, vous pouvez encore faire passer le modèle de flux monétaires actualisés à l'utilisation d'éléments comme bénéfices d'exploitation (EBITDA) et les bénéfices nets en tant que variables de substitution pour calculer la volatilité.

Une autre façon de calculer l'estimation de la volatilité est de combiner les deux approches s'il existe suffisamment de données. C'est-à-dire qu'à partir de flux monétaires actualisés avec de nombreuses estimations de flux monétaires, vous calculez les flux monétaires de la valeur actualisée pour les périodes 0, 1, 2, 3, et ainsi de suite. Puis vous calculez le logarithme naturel des rendements relatifs de ces flux monétaires de valeur actualisée. L'écart type est ensuite annualisé pour obtenir la volatilité. Il s'agit de la meilleure méthode et ne nécessite pas de simulation de Monte Carlo, mais l'inconvénient est qu'elle nécessite une série de prévisions de flux monétaires plus longue.

Approche GARCH

Une autre approche est le modèle GARCH (hétéroscédasticité conditionnelle auto-régressive généralisée), qui peut être utilisé pour estimer la volatilité de toutes données de séries chronologiques. Les modèles GARCH sont principalement utilisés pour l'analyse de données de séries chronologiques financières, afin d'établir volatilités et variances conditionnelles. Ces volatilités sont ensuite utilisées pour évaluer les options comme à l'accoutumée, mais la quantité de données historiques pour une bonne estimation de la volatilité demeure importante. En général, plusieurs dizaines—voire des centaines—de points de données sont nécessaires pour obtenir de bonnes estimations GARCH. En outre, les modèles GARCH sont très difficiles à exécuter et interpréter et nécessitent d'excellentes connaissances des techniques de modélisation économétrique. Le terme GARCH incorpore une famille de modèles qui peuvent prendre diverses formes, appelées $GARCH(p,q)$, où p et q sont des entiers positifs qui définissent le modèle GARCH résultant et ses prévisions.

Par exemple, un modèle GARCH (1,1) prend la forme

$$y_t = x_t\gamma + \varepsilon_t$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha\varepsilon_{t-1}^2 + \beta\sigma_{t-1}^2$$

où la variable dépendante de la première équation (y_t) est une fonction de variables exogènes (x_t) avec un terme d'erreur (ε_t). La deuxième équation estime la variance (volatilité au carré σ_t^2) au moment t , qui dépend d'une variable historique (ω), des informations sur la volatilité de la période précédente, mesurée comme un décalage du résidu au carré de l'équation moyenne (ε_{t-1}^2), et de la volatilité de la période précédente (σ_{t-1}^2). La spécification de modélisation exacte d'un modèle GARCH sort du domaine de ce manuel et n'y est pas couverte. Il suffit de dire que des connaissances approfondies de la modélisation économétrique (tests de spécification de modèle, ruptures structurelles et estimation des erreurs) sont nécessaires pour exécuter un modèle GARCH, ce qui le rend moins accessible à un analyste général. L'autre problème que posent les modèles GARCH est que le modèle ne fournit généralement pas un bon ajustement statistique. C'est-à-dire qu'il est impossible de prédire par exemple la bourse, et tout aussi difficile, si ce n'est plus, de prédire la volatilité d'une action dans le temps. La figure B5 illustre un modèle GARCH (1,2) pour les prix de l'action Microsoft historiques.

Dependent Variable: MSFT
Method: ML - ARCH
Date: 02/25/05 Time: 00:20
Sample(adjusted): 3 52
Included observations: 50 after adjusting endpoints
Convergence achieved after 67 iterations
Bollerslev-Wooldrige robust standard errors & covariance

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	23.14431	1.301024	17.78930	0.0000
D(MSFT,1)	0.456040	0.062391	7.309364	0.0000
AR(1)	0.967490	0.027575	35.08601	0.0000

Variance Equation				
C	0.151406	0.028717	5.272435	0.0000
ARCH(1)	0.148308	0.053559	2.769061	0.0056
GARCH(1)	0.735869	0.097780	7.525790	0.0000
GARCH(2)	-0.867066	0.083186	-10.42325	0.0000

R-squared	0.898576	Mean dependent var	24.48620
Adjusted R-squared	0.884424	S.D. dependent var	1.290867
S.E. of regression	0.438849	Akaike info criterion	1.106641
Sum squared resid	8.281300	Schwarz criterion	1.374324
Log likelihood	-20.66602	F-statistic	63.49404
Durbin-Watson stat	1.308287	Prob(F-statistic)	0.000000

Inverted AR Roots	.97
-------------------	-----

Figure B5 – Exemple de résultats GARCH

Approche des suppositions de la direction

Une approche plus simple est l'utilisation des suppositions de la direction. Cette approche permet à la direction d'obtenir une estimation de la volatilité grossière sans effectuer d'analyse plus longue. Cette approche est également très efficace pour apprendre à la direction ce qu'est la volatilité et comment elle fonctionne. Mathématiquement et statistiquement, la largeur ou le risque d'une variable peut être mesuré par le biais de plusieurs statistiques différentes, notamment la portée, l'écart type (σ), la variance, le coefficient de variation et les percentiles. La figure B6 illustre les prix historiques de deux actions différentes. L'action illustrée par la ligne rouge foncé en gras illustrée est moins volatile que l'action illustrée par ligne bleue en pointillés. Les données de séries chronologiques de ces deux actions peuvent être retracées sous la forme d'une distribution de probabilités comme l'illustre la figure B7. Bien que la valeur attendue des deux actions soit similaire, leurs volatilités et donc leurs risques sont différents. L'axe x représente le prix des actions et l'axe y la fréquence d'occurrence d'un prix d'action particulier ; la zone sous la courbe (entre les deux valeurs) est la probabilité d'occurrence. La deuxième action (ligne bleue en pointillés sur la figure B6) a une dispersion plus large (un écart type σ_2 plus important) que la première action (ligne rouge foncé en gras sur la figure B6). La largeur de l'axe x de la figure B7 est identique à celle de l'axe y de la figure B6. Une mesure courante de la largeur est l'écart type. L'écart type est donc une façon de mesurer la volatilité. Le terme volatilité est utilisé, et non le terme écart type, car la volatilité calculée ne l'est pas à partir des flux monétaires bruts ou des prix des actions eux-mêmes, mais à partir du logarithme naturel des rendements relatifs de ces flux monétaires ou prix des actions. Le terme volatilité permet donc de la différencier d'un écart type standard.

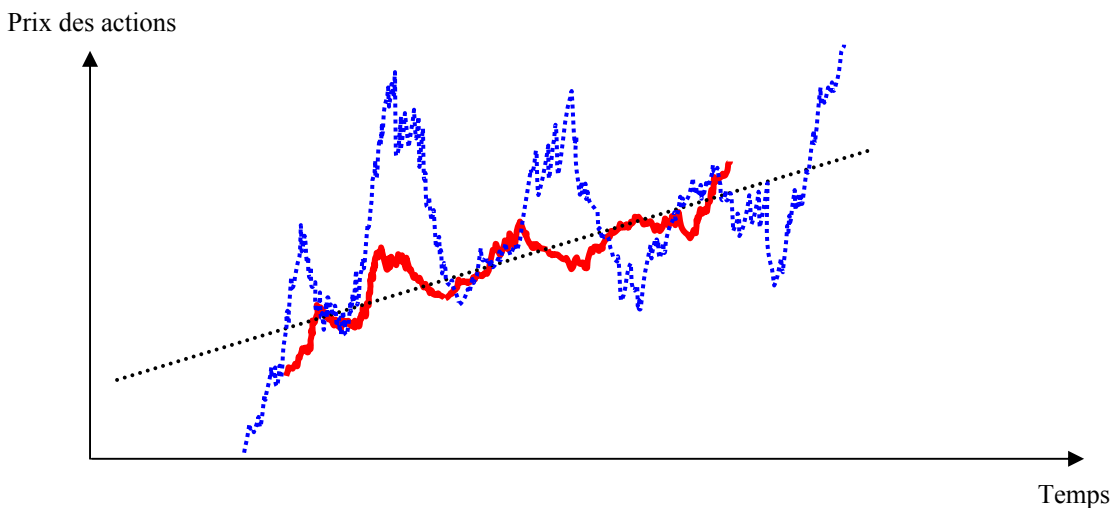


Figure B6 : Volatilité

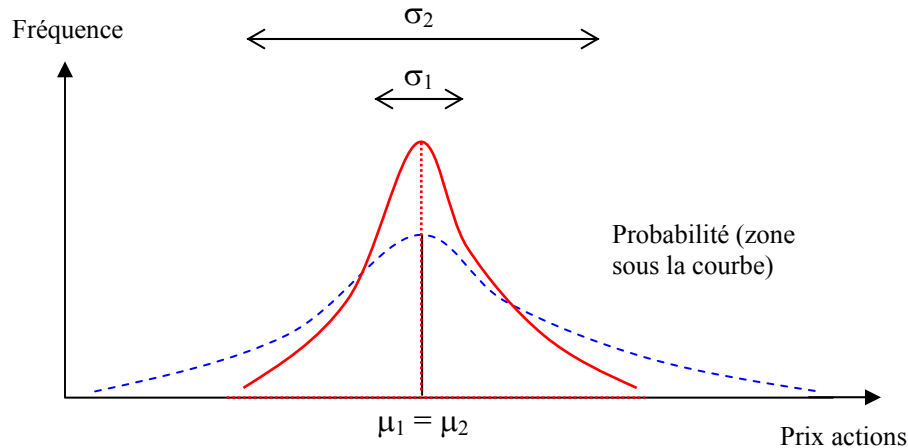


Figure B7 : Écart type

Cependant, afin d'expliquer la volatilité à la direction, nous atténuons cette différence terminologique et à un niveau très élevé, déclarons qu'il s'agit de la même chose. Nous pouvons donc effectuer des suppositions de la direction pour estimer les volatilités. Par exemple, en commençant avec une valeur actualisée nette attendue (la valeur moyenne), vous pouvez obtenir une valeur actualisée nette alternative avec sa probabilité, et ainsi obtenir une volatilité approximative. Par exemple, supposons que la valeur actualisée nette d'un projet attendu est de \$100M. La direction suppose en plus que dans le meilleur des cas, elle dépassera \$150M si tout se passe très bien, et qu'il y a une probabilité de 10 % que ce meilleur des cas se produise. La figure B8 illustre cette situation. Si pour simplifier les choses, nous supposons que la valeur de l'actif sous-jacent fluctuera dans une distribution normale, nous pouvons calculer la volatilité implicite en utilisant l'équation suivante :

$$\text{Volatilité} = \frac{\text{ValeurPercentile} - \text{Moyenne}}{\text{InversePercentile} \times \text{Moyenne}}$$

Par exemple, nous calculons la volatilité de ce projet comme suit :

$$\text{Volatilité} = \frac{\$150M - \$100M}{\text{Inverse}(0.90) \times \$100M} = \frac{\$50M}{1.2815 \times \$100M} = 39.02\%$$

où l'inverse du percentile peut être obtenu en utilisant la fonction $NORMSINV(0.9)$ d'Excel. Semblablement, si le pire des cas avec une probabilité d'occurrence de 10 % produit une valeur actualisée nette de \$50M, nous calculons la volatilité comme suit :

$$\text{Volatilité} = \frac{\$50M - \$100M}{\text{Inverse}(0.10) \times \$100M} = \frac{-\$50M}{-1.2815 \times \$100M} = 39.02\%$$

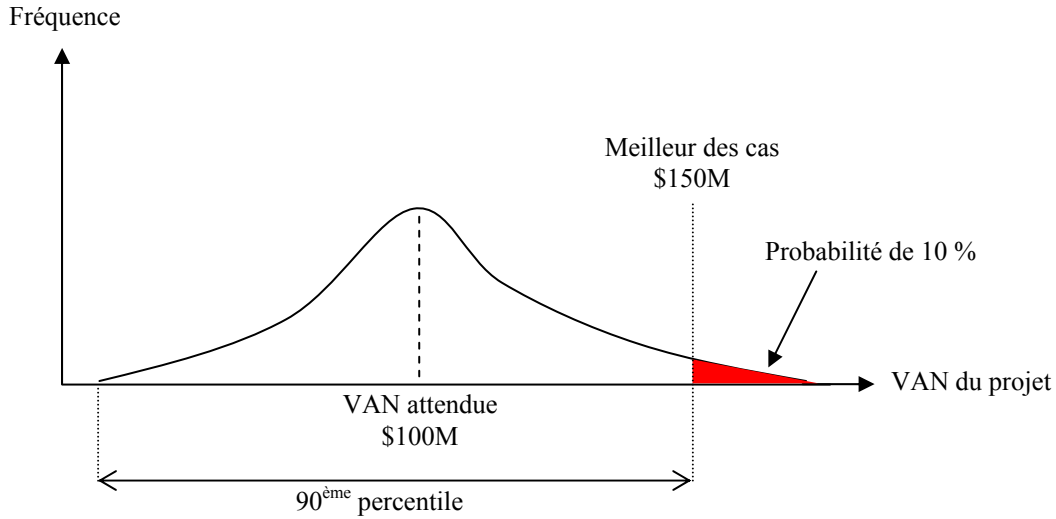


Figure B8 : Conversion de la probabilité en volatilité

Cela implique que la volatilité soit une valeur symétrique. C'est-à-dire qu'à une valeur actualisée nette (VAN) attendue de \$100M, une augmentation de 50 % équivaut à \$150M et une diminution de 50 % équivaut à \$50M. Et comme la distribution normale est supposée comme étant la distribution sous-jacente, cette symétrie est parfaitement logique. Donc maintenant, en utilisant cette approche simple, si vous obtenez une estimation de la volatilité de 39,02 %, vous pouvez l'expliquer à la direction en disant que cette volatilité équivaut à dire qu'il y a une probabilité de 10 % que la VAN dépasse \$150M. Par le biais de cette analyse simple, vous avez converti la probabilité en volatilité en utilisant l'équation ci-dessus, où la volatilité est beaucoup plus facile à comprendre pour la direction. Inversement, si vous modélisez cela dans Excel, vous pouvez reconvertir la volatilité en probabilité. Les figures B9 et B10 illustrent cette approche. Ouvrez l'exemple de fichier *Volatility Estimates (Estimations de la volatilité)* et sélectionnez l'onglet *Volatility to Probability (Volatilité vers probabilité)* pour suivre l'exemple.

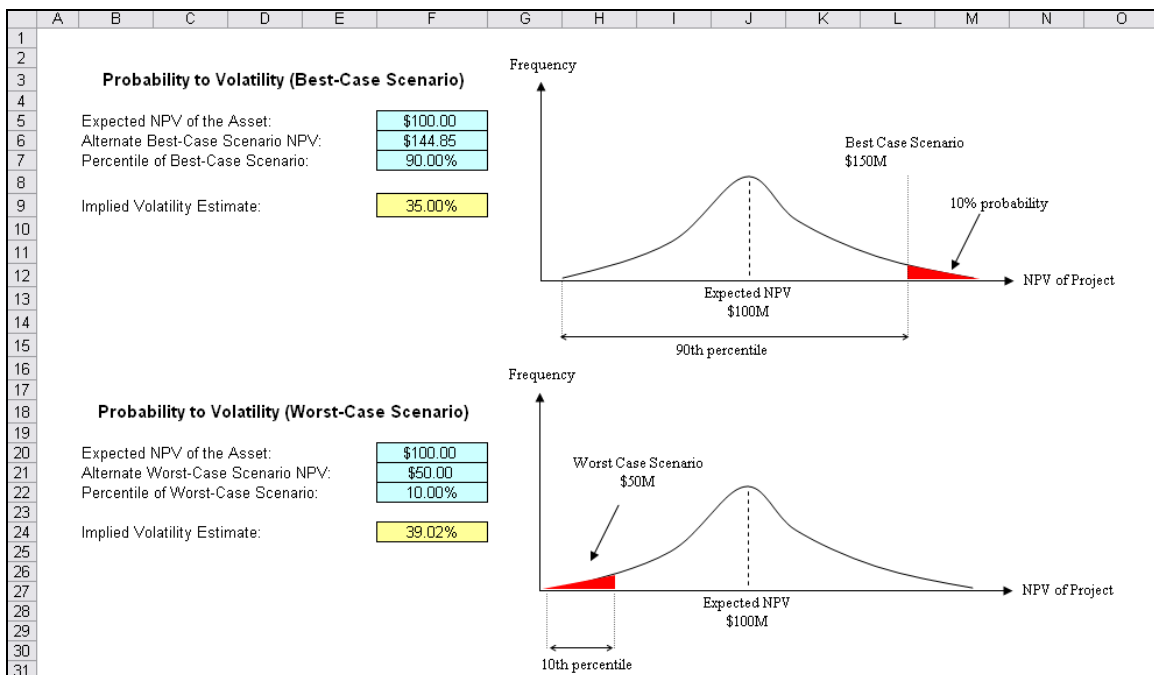


Figure B9: Modèle Excel de conversion de la probabilité en volatilité

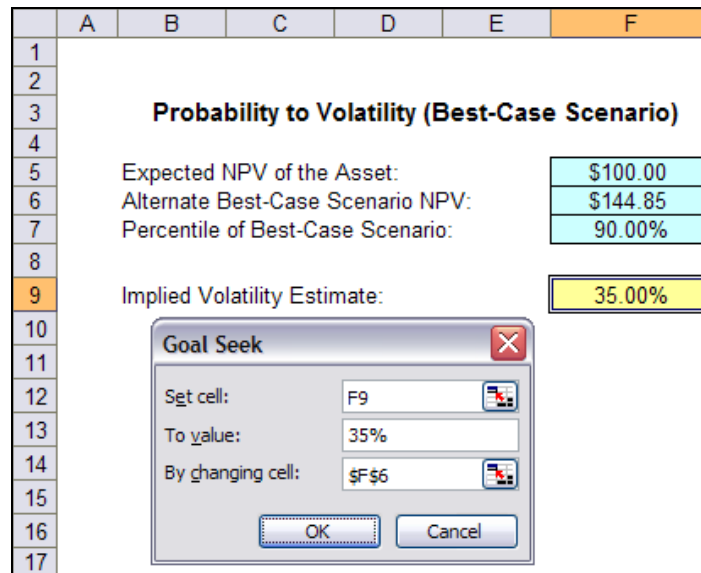


Figure B10: Modèle Excel de conversion de la volatilité en probabilité

La figure B9 vous permet de saisir la VAN attendue et les valeurs alternatives (meilleur cas et pire cas) ainsi que les percentiles correspondants. C'est-à-dire qu'étant donné une certaine probabilité et sa valeur, nous pouvons imputer la volatilité. Inversement, la figure B10 montre comment vous pouvez utiliser la fonction Valeur cible d'Excel (cliquez sur *Outils / Valeur cible* dans Excel) pour trouver la probabilité à partir d'une volatilité. Par exemple, supposons que la VAN attendue du projet est \$100M, une volatilité de 35 % implique que 90 % du temps, la VAN sera inférieure à \$144.85M, et que seulement 10 % du temps la VAN réelle dépassera cette valeur (meilleur cas).

Maintenant que vous comprenez les mécanismes du calcul des volatilités avec cette approche, nous devons expliquer pourquoi nous avons fait ce que nous avons fait. Comprendre les mécanismes ne suffit pas pour justifier l'approche ou expliquer la logique de l'analyse choisie. Penchons-nous donc sur les suppositions requises et expliquons la logique sous-jacente :

Supposition 1 : Nous supposons que la distribution sous-jacente des fluctuations de l'actif est normale. Nous pouvons supposer la normalité car la distribution des nœuds finaux sur un super treillis est normalement distribuée. En fait, l'équation de mouvement brownien illustrée précédemment nécessite une distribution normale standard aléatoire (ϵ). En outre, beaucoup de distributions convergeront vers la distribution normale de toute façon (une distribution binomiale devient normalement distribuée quand le nombre d'essais augmente ; une distribution de Poisson devient également normalement distribuée avec un taux moyen élevé ; une distribution triangulaire est une distribution normale avec des valeurs inférieure et supérieure tronquées ; etc.) et il n'est pas possible de déterminer la forme et le type de la distribution de la VAN finale si le modèle de flux monétaires actualisés est simulé avec de nombreux types de distributions différents (par ex. les recettes sont distribuées de façon lognormale et négativement corrélées entre elles dans le temps alors que les frais d'exploitation sont corrélés positivement aux recettes mais sont supposés être distribués suivant une distribution triangulaire, alors que les effets de la concurrence du marché sont simulés en utilisant une distribution de Poisson avec un petit taux multiplié par la probabilité de succès technique simulée comme une distribution binomiale). Nous ne pouvons pas déterminer théoriquement ce que serait une distribution lognormale moins une distribution triangulaire multipliée par une distribution de Poisson et une distribution binomiale, après avoir pris ces corrélations en compte. À la place, nous nous appuyons sur le théorème de la limite centrale et supposons que le résultat final est normalement distribué, surtout si un grand nombre d'essais est utilisé dans les

simulations. Enfin, nous sommes intéressés par la volatilité des rendements relatifs logarithmiques, pas l'écart type des prix d'actions ou flux actualisés réels. Les prix d'actions et flux actualisés sont généralement distribués de façon lognormale (les prix d'actions ne peuvent pas chuter en-dessous de zéro) mais les logarithmes des rendements relatifs sont toujours normalement distribués. En fait, ceci est illustré aux figures B11 et B12, où les prix historiques de l'action Microsoft de mars 1986 à décembre 2004 sont tabulés.

Supposition 2 : Nous supposons que l'écart type est identique à la volatilité. À nouveau, en se référant à la figure B12 et en utilisant le tableau des rendements attendus, la moyenne est calculée à 0,58 %, le 90^{ème} percentile est 8,60 %, et la volatilité implicite est de 37 %. En utilisant les données téléchargées, nous calculons la volatilité empirique pour toute cette période à 36 %. Donc, le calcul est suffisamment proche pour que nous puissions utiliser cette approche pour les discussions avec la direction. C'est pour cela que la supposition de normalité et l'utilisation d'un écart type standard comme valeur de substitution sont suffisantes.

Supposition 3 : Nous avons utilisé un calcul normal standard pour imputer la volatilité. Comme nous supposons que la distribution sous-jacente est normale, nous pouvons calculer la volatilité en utilisant la distribution normale standard. Le score Z de la distribution normale standard est tel que :

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \text{ cela signifie que } \sigma = \frac{x - \mu}{Z}$$

et comme nous normalisons la volatilité sous la forme d'un pourcentage (σ^*), nous la divisons par la moyenne pour obtenir :

$$\sigma^* = \frac{x - \mu}{Z\mu}$$

En termes simples, nous avons :

$$\text{Volatilité} = \frac{\text{Valeur Percentile} - \text{Moyenne}}{\text{Inverse Percentile} \times \text{Moyenne}}$$

Là encore, l'inverse du percentile est obtenu en utilisant la fonction Excel : *NORMSINV*.

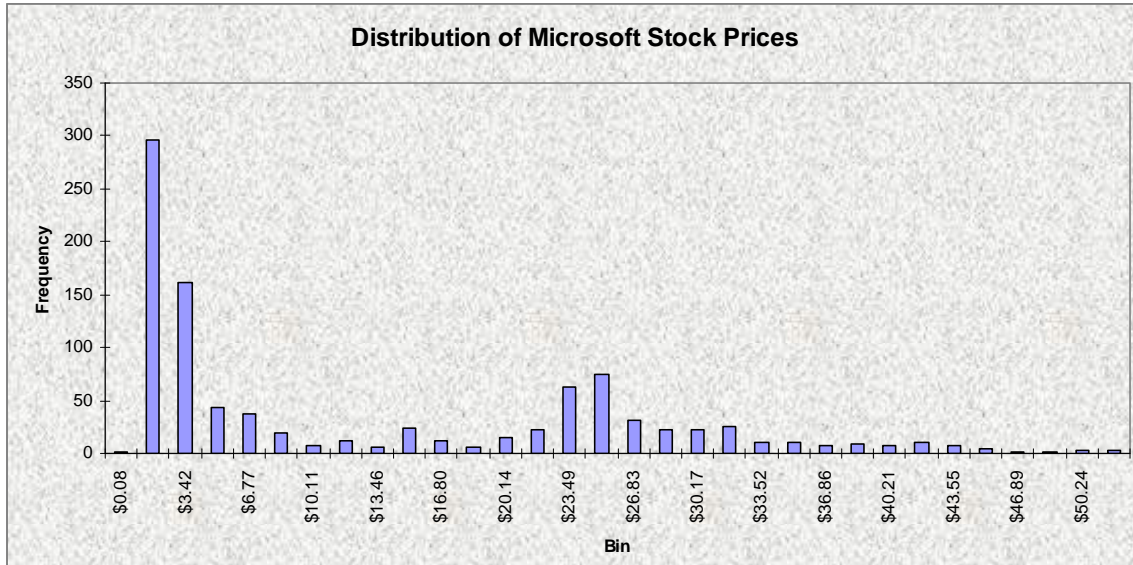


Figure B11 : Distribution de probabilités du prix de l'action Microsoft (depuis 1986)

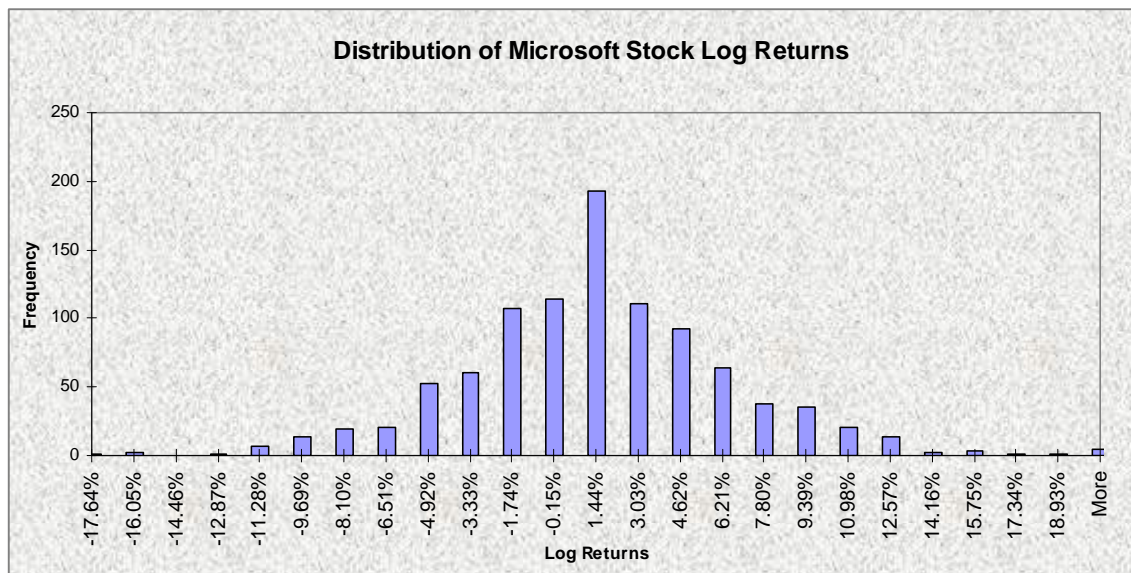


Figure B12 : Distribution de probabilités des rendements relatifs logarithmiques de l'action Microsoft

Approche des données de substitution

Une méthode souvent utilisée (et souvent trop utilisée ou mal utilisée) pour l'estimation de la volatilité s'applique aux données du marché disponibles pour le public. C'est-à-dire pour un projet particulier à l'étude, un jeu de prix d'actions émises dans le public d'entreprises comparables est utilisé. Ces entreprises doivent avoir des *fonctions*, *marchés*, *risques* et *emplacements géographiques* similaires à ceux du projet à l'étude. Puis, en utilisant les prix d'actions de clôture, l'écart type des logarithmes naturels des rendements relatifs est calculé. La méthodologie est identique à celle utilisée dans l'approche du logarithme des rendements de flux actualisés que nous avons abordée précédemment. Le problème de

cette méthode est la supposition que les risques inhérents d'entreprises comparables sont identiques aux risques inhérents au projet spécifique qui est à l'étude. En effet, le prix de l'action d'une entreprise est sujet aux réactions excessives et à la psychologie des investisseurs sur le marché boursier, ainsi qu'à d'innombrables autres variables exogènes qui ne sont pas pertinentes pour l'estimation des risques du projet. En outre, l'évaluation du marché d'une grande entreprise dépend de plusieurs projets interdépendants et diversifiés. Enfin, les entreprises sont sujettes à des facteurs d'endettement, ce qui n'est généralement pas le cas des projets spécifiques. Donc, la volatilité utilisée dans une analyse d'options réelles (σ_{RO}) doit être ajustée pour éliminer cet effet d'endettement en divisant la volatilité en prix de l'action (σ_{EQUITY}) par $(1+D/E)$, où D/E est le ratio d'endettement de l'entreprise. C'est-à-dire nous

$$\text{avons } \sigma_{RO} = \frac{\sigma_{EQUITY}}{1 + \frac{D}{E}}.$$

Cette approche peut être utilisée s'il existe des valeurs comparables sur le marché, comme des indices du secteur ou de l'industrie. Il est incorrect de dire que le risque d'un projet tel que mesuré par l'estimation de la volatilité est identique à l'ensemble de l'industrie, du secteur ou au marché. Il y a de nombreuses interactions sur le marché, telle que la diversification, les problèmes de réaction excessive et de commerciabilité, auquel un seul projet au sein d'une entreprise n'est pas exposé. Il faut choisir les valeurs comparables avec le plus grand soin, car le principal inconvénient de cette approche est qu'il est parfois difficile de trouver les bonnes entreprises comparables et que les résultats peuvent être extrêmement manipulés en incluant ou excluant subjectivement certaines entreprises. L'avantage de cette approche est sa simplicité d'utilisation—elle utilise des moyennes de l'industrie et peu voire aucun calcul.

Annexe C : Formules techniques – Formules d'options exotiques

Modèle d'option de Black-Scholes – Version européenne

Il s'agit du célèbre modèle de Black-Scholes, gagnant du prix Nobel, sans paiements de dividendes. C'est sa version européenne, où une option peut seulement être exécutée à l'expiration et pas avant. Bien qu'il soit relativement simple à utiliser, il faut faire attention lors de l'estimation de ses suppositions de variables d'entrée, en particulier la volatilité, qui est généralement difficile à estimer. Cependant, le modèle de Black-Scholes est utile pour générer des estimations approximatives de la valeur réelle des options réelles, surtout pour les achats et ventes de type plus générique. Pour l'analyse d'options réelles plus complexes, différents types d'options exotiques sont nécessaires.

Définitions des variables

S	valeur actualisée des flux actualisés futurs (\$)
X	coût d'implémentation (\$)
r	taux hors risque (%)
T	temps avant expiration (années)
σ	volatilité (%)
Φ	distribution normale standard cumulative

Calcul

$$\text{Achat} = S\Phi\left(\frac{\ln(S/X) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right) - Xe^{-rT}\Phi\left(\frac{\ln(S/X) + (r - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right)$$
$$\text{Vente} = Xe^{-rT}\Phi\left(-\left[\frac{\ln(S/X) + (r - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right]\right) - S\Phi\left(-\left[\frac{\ln(S/X) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right]\right)$$

Black-Scholes avec dérive (dividendes) – Version européenne

Il s'agit d'une modification du modèle de Black-Scholes, qui suppose un taux de paiement de dividendes fixe de q en pourcentage. Cela peut être considéré comme le coût d'opportunité de détenir l'option au lieu de détenir l'actif sous-jacent.

Définitions des variables

S	valeur actualisée des flux actualisés futurs (\$)
X	coût d'implémentation (\$)
r	taux hors risque (%)
T	temps avant expiration (années)
σ	volatilité (%)
Φ	distribution normale standard cumulative
q	paiement de dividendes continu ou coût d'opportunité (%)

Calcul

$$\text{Achat} = Se^{-qT} \Phi\left(\frac{\ln(S/X) + (r - q + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right) - Xe^{-rT} \Phi\left(\frac{\ln(S/X) + (r - q - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right)$$
$$\text{Vente} = Xe^{-rT} \Phi\left(-\left[\frac{\ln(S/X) + (r - q - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right]\right) - Se^{-qT} \Phi\left(-\left[\frac{\ln(S/X) + (r - q + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right]\right)$$

Black-Scholes avec paiements futurs – Version européenne

Ici, les jeux de flux monétaires peuvent être inégaux dans le temps, et nous devons prendre en compte la possibilité de différents taux d'actualisation (il faut utiliser le taux hors risque) pour tous les moments futurs, peut-être la souplesse de la courbe de génération hors risque à terme.

Définitions des variables

S	valeur actualisée des flux actualisés futurs (\$)
X	coût d'implémentation (\$)
r	taux hors risque (%)
T	temps avant expiration (années)
σ	volatilité (%)
Φ	distribution normale standard cumulative
q	paiement de dividendes continu ou coût d'opportunité (%)
CF_i	flux monétaire au moment i

Calcul

$$S^* = S - CF_1 e^{-rt_1} - CF_2 e^{-rt_2} - \dots - CF_n e^{-rt_n} = S - \sum_{i=1}^n CF_i e^{-rt_i}$$

$$Achat = S^* e^{-qT} \Phi\left(\frac{\ln(S^*/X) + (r - q + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right) - X e^{-rT} \Phi\left(\frac{\ln(S^*/X) + (r - q - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right)$$

$$Vente = X e^{-rT} \Phi\left(-\left[\frac{\ln(S^*/X) + (r - q - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right]\right) - S^* e^{-qT} \Phi\left(-\left[\frac{\ln(S^*/X) + (r - q + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right]\right)$$

Options à choix différé (de base)

C'est le paiement d'une option à choix différé quand $t_1 < T_2$, ou elle ne marche pas ! En outre, on suppose que le détenteur a le droit de choisir un achat ou une vente avec le même prix d'exercice au moment t_1 et avec la même date d'expiration T_2 . Pour différentes valeurs de prix d'exercice à différents moments, il nous faut une option à choix différé à variable complexe.

Définitions des variables

S	valeur actualisée des flux actualisés futurs (\$)
X	coût d'implémentation (\$)
r	taux hors risque (%)
t_1	temps pendant lequel choisir entre achat et vente (années)
T	temps avant expiration (années)
σ	volatilité (%)
Φ	distribution normale standard cumulative
q	paiement de dividendes continu (%)

Calcul

$$\begin{aligned} \text{ValeurOption} = & Se^{-qT_2} \Phi \left[\frac{\ln(S/X) + (r - q + \sigma^2/2)T_2}{\sigma\sqrt{T_2}} \right] - Se^{-qT_2} \Phi \left[\frac{-\ln(S/X) + (q - r)T_2 - t_1\sigma^2/2}{\sigma\sqrt{t_1}} \right] \\ & - Xe^{-rT_2} \Phi \left[\frac{\ln(S/X) + (r - q + \sigma^2/2)T_2}{\sigma\sqrt{T_2}} - \sigma\sqrt{T_2} \right] + Xe^{-rT_2} \Phi \left[\frac{-\ln(S/X) + (q - r)T_2 - t_1\sigma^2/2}{\sigma\sqrt{t_1}} + \sigma\sqrt{t_1} \right] \end{aligned}$$

Option à choix différé complexe

Le détenteur de l'option a le droit de choisir entre achat et vente à différents moments (T_C et T_P) avec différents niveaux d'exercice (X_C et X_P) d'achats et de ventes. Notez que certaines de ces équations ne peuvent pas être facilement résolues avec des feuilles de calcul Excel. À la place, du fait des méthodes récursives utilisées pour résoudre certaines distributions à deux variables et valeurs critiques, il faut utiliser des scripts de programmation.

Définitions des variables

S	valeur actualisée des flux actualisés futurs (\$)
X	coût d'implémentation (\$)
r	taux hors risque (%)
T	temps avant expiration (années) pour achat (T_C) et vente (T_P)
σ	volatilité (%)
Φ	distribution normale standard cumulative
Ω	distribution normale à deux variables cumulative
q	paiement de dividendes continu (%)
I	valeur critique résolue de façon récursive
Z	variables intermédiaires (Z_1 et Z_2)

Calcul

D'abord, effectuez une résolution récursive pour la valeur I critique comme ci-dessous :

$$\begin{aligned}
 0 = & Ie^{-q(T_C-t)} \Phi \left[\frac{\ln(I/X_C) + (r-q+\sigma^2/2)(T_C-t)}{\sigma\sqrt{T_C-t}} \right] \\
 & - X_C e^{-r(T_C-t)} \Phi \left[\frac{\ln(I/X_C) + (r-q+\sigma^2/2)(T_C-t)}{\sigma\sqrt{T_C-t}} - \sigma\sqrt{T_C-t} \right] \\
 & + Ie^{-q(T_P-t)} \Phi \left[\frac{-\ln(I/X_P) + (q-r-\sigma^2/2)(T_P-t)}{\sigma\sqrt{T_P-t}} \right] \\
 & - X_P e^{-r(T_P-t)} \Phi \left[\frac{-\ln(I/X_P) + (q-r-\sigma^2/2)(T_P-t)}{\sigma\sqrt{T_P-t}} + \sigma\sqrt{T_P-t} \right]
 \end{aligned}$$

Puis en utilisant la valeur I , calculez

$$\begin{aligned}
 d_1 &= \frac{\ln(S/I) + (r-q+\sigma^2/2)t}{\sigma\sqrt{t}} \quad \text{et} \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t} \\
 y_1 &= \frac{\ln(S/X_C) + (r-q+\sigma^2/2)T_C}{\sigma\sqrt{T_C}} \quad \text{et} \quad y_2 = \frac{\ln(S/X_P) + (r-q+\sigma^2/2)T_P}{\sigma\sqrt{T_P}} \\
 \rho_1 &= \sqrt{t/T_C} \quad \text{et} \quad \rho_2 = \sqrt{t/T_P}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ValeurOption} = & Se^{-qT_C} \Omega(d_1; y_1; \rho_1) - X_C e^{-rT_C} \Omega(d_2; y_1 - \sigma\sqrt{T_C}; \rho_1) \\
 & - Se^{-qT_P} \Omega(-d_1; -y_2; \rho_2) + X_P e^{-rT_P} \Omega(-d_2; -y_2 + \sigma\sqrt{T_P}; \rho_2)
 \end{aligned}$$

Options composées sur options

La valeur d'une option composée est basée sur la valeur d'une autre option. C'est-à-dire que la variable sous-jacente de l'option composée est une autre option. Là encore, la résolution de ce modèle nécessite des capacités de programmation.

Définitions des variables

S	valeur actualisée des flux actualisés futurs (\$)
X	coût d'implémentation (\$)
r	taux hors risque (%)
σ	volatilité (%)
Φ	distribution normale standard cumulative
q	paiement de dividendes continu (%)
I	valeur critique résolue de façon récursive
Ω	distribution normale à deux variables cumulative
X_1	exercice pour l'option sous-jacente (\$)
X_2	exercice pour l'option sur l'option (\$)
t_1	date d'expiration pour l'option sur l'option (années)
T_2	date d'expiration pour l'option sous-jacente (années)

Calcul

D'abord, effectuez la résolution pour la valeur I critique en utilisant

$$X_2 = Ie^{-q(T_2-t_1)}\Phi\left(\frac{\ln(I/X_1) + (r - q + \sigma^2/2)(T_2 - t_1)}{\sigma\sqrt{(T_2 - t_1)}}\right) - X_1e^{-r(T_2-t_1)}\Phi\left(\frac{\ln(I/X_1) + (r - q - \sigma^2/2)(T_2 - t_1)}{\sigma\sqrt{(T_2 - t_1)}}\right)$$

Effectuez une résolution récursive pour la valeur I ci-dessus et entrez-la dans

$$\begin{aligned} \text{Achat sur achat} &= Se^{-qT_2}\Omega\left[\frac{\ln(S/X_1) + (r - q + \sigma^2/2)T_2}{\sigma\sqrt{T_2}}; \frac{\ln(S/I) + (r - q + \sigma^2/2)t_1}{\sigma\sqrt{t_1}}; \sqrt{t_1/T_2}\right] \\ &- X_1e^{-rT_2}\Omega\left[\frac{\ln(S/X_1) + (r - q + \sigma^2/2)T_2}{\sigma\sqrt{T_2}} - \sigma\sqrt{T_2}; \frac{\ln(S/I) + (r - q + \sigma^2/2)t_1}{\sigma\sqrt{t_1}} - \sigma\sqrt{t_1}; \sqrt{t_1/T_2}\right] \\ &- X_2e^{-rt_1}\Phi\left[\frac{\ln(S/I) + (r - q + \sigma^2/2)t_1}{\sigma\sqrt{t_1}} - \sigma\sqrt{t_1}\right] \end{aligned}$$

Options à début différé

Définitions des variables

S	valeur actualisée des flux actualisés futurs (\$)
X	coût d'implémentation (\$)
r	taux hors risque (%)
t_1	moment où l'option à début différé commence (années)
T_2	temps avant expiration de l'option à début différé (années)
σ	volatilité (%)
Φ	distribution normale standard cumulative
q	paiement de dividendes continu (%)

Calcul

$$\begin{aligned}
 \text{Achat} &= S e^{-qt_1} e^{-q(T_2-t_1)} \Phi \left[\frac{\ln(1/\alpha) + (r - q + \sigma^2/2)(T_2 - t_1)}{\sigma\sqrt{T_2 - t_1}} \right] \\
 &\quad - S e^{-qt_1} \alpha e^{(-r)(T_2-t_1)} \Phi \left[\frac{\ln(1/\alpha) + (r - q + \sigma^2/2)(T_2 - t_1)}{\sigma\sqrt{T_2 - t_1}} - \sigma\sqrt{T_2 - t_1} \right] \\
 \\
 \text{Vente} &= S e^{-qt_1} \alpha e^{(-r)(T_2-t_1)} \Phi \left[\frac{-\ln(1/\alpha) - (r - q + \sigma^2/2)(T_2 - t_1)}{\sigma\sqrt{T_2 - t_1}} + \sigma\sqrt{T_2 - t_1} \right] \\
 &\quad - S e^{-qt_1} e^{-q(T_2-t_1)} \Phi \left[\frac{-\ln(1/\alpha) - (r - q + \sigma^2/2)(T_2 - t_1)}{\sigma\sqrt{T_2 - t_1}} \right]
 \end{aligned}$$

où α est la constante multiplicatrice.

Remarque : Si l'option commence à X pourcents hors jeu, α sera $(1 + X)$. Si elle commence à parité, α sera 1.0 et si elle commence en jeu, α sera $(1 - X)$.

Modèle de Black-Scholes généralisé

Définitions des variables

S	valeur actualisée des flux actualisés futurs (\$)
X	coût d'implémentation (\$)
r	taux hors risque (%)
T	temps avant expiration (années)
σ	volatilité (%)
Φ	distribution normale standard cumulative
b	coût de détention (%)
q	paiement de dividendes continu (%)

Calcul

$$\text{Achat} = Se^{(b-r)T} \Phi\left(\frac{\ln(S/X) + (b + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right) - Xe^{-rT} \Phi\left(\frac{\ln(S/X) + (b - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right)$$
$$\text{Vente} = Xe^{-rT} \Phi\left(-\left[\frac{\ln(S/X) + (b - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right]\right) - Se^{(b-r)T} \Phi\left(-\left[\frac{\ln(S/X) + (b + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right]\right)$$

Remarques :

- $b = 0$: Modèle d'options futures
- $b = r - q$: Black-Scholes avec paiement de dividendes
- $b = r$: Formule de Black-Scholes simple
- $b = r - r^*$: Modèle d'options en devise étrangère

Options sur les futures

La valeur sous option ou titre sous-jacent est un contrat différé ou sur les futures avec un prix initial F . Ici, la valeur de F est le prix initial du contrat différé sur les futures, remplaçant S par F et calculant sa valeur actualisée.

Définitions des variables

X	coût d'implémentation (\$)
F	flux monétaires à un seul point des futures (\$)
r	taux hors risque (%)
T	temps avant expiration (années)
σ	volatilité (%)
Φ	distribution normale standard cumulative
q	paiement de dividendes continu (%)

Calcul

$$\text{Achat} = Fe^{-rT} \Phi\left(\frac{\ln(F/X) + (\sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right) - Xe^{-rT} \Phi\left(\frac{\ln(F/X) - (\sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right)$$

$$\text{Vente} = Xe^{-rT} \Phi\left(-\left[\frac{\ln(F/X) - (\sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right]\right) - Fe^{-rT} \Phi\left(-\left[\frac{\ln(F/X) + (\sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right]\right)$$

Options à deux actifs corrélés

Le paiement d'une option dépend de si l'autre option corrélée est en jeu. C'est la contrepartie continue d'un modèle quadrinomial corrélé.

Définitions des variables

S	valeur actualisée des flux actualisés futurs (\$)
X	coût d'implémentation (\$)
r	taux hors risque (%)
T	temps avant expiration (années)
σ	volatilité (%)
Ω	fonction de distribution normale à deux variables cumulative
ρ	corrélation (%) entre les deux actifs
q_1	paiement de dividendes continu pour le premier actif (%)
q_2	paiement de dividendes continu pour le deuxième actif (%)

Calcul

$$\begin{aligned}
 \text{Achat} &= S_2 e^{-q_2 T} \Omega \left[\frac{\ln(S_2 / X_2) + (r - q_2 - \sigma_2^2 / 2)T}{\sigma_2 \sqrt{T}} + \sigma_2 \sqrt{T}; \frac{\ln(S_1 / X_1) + (r - q_1 - \sigma_1^2 / 2)T}{\sigma_1 \sqrt{T}} \right] \\
 &\quad + \rho \sigma_2 \sqrt{T}; \rho \\
 &- X_2 e^{-rT} \Omega \left[\frac{\ln(S_2 / X_2) + (r - q_2 - \sigma_2^2 / 2)T}{\sigma_2 \sqrt{T}}; \frac{\ln(S_1 / X_1) + (r - q_1 - \sigma_1^2 / 2)T}{\sigma_1 \sqrt{T}}; \rho \right] \\
 \text{Vente} &= X_2 e^{-rT} \Omega \left[\frac{-\ln(S_2 / X_2) - (r - q_2 - \sigma_2^2 / 2)T}{\sigma_2 \sqrt{T}}; \frac{-\ln(S_1 / X_1) - (r - q_1 - \sigma_1^2 / 2)T}{\sigma_1 \sqrt{T}}; \rho \right] \\
 &- S_2 e^{-q_2 T} \Omega \left[\frac{-\ln(S_2 / X_2) - (r - q_2 - \sigma_2^2 / 2)T}{\sigma_2 \sqrt{T}} - \sigma_2 \sqrt{T}; \frac{-\ln(S_1 / X_1) - (r - q_1 - \sigma_1^2 / 2)T}{\sigma_1 \sqrt{T}} \right] \\
 &\quad - \rho \sigma_2 \sqrt{T}; \rho
 \end{aligned}$$

Annexe D – Guide d’installation et d’activation de licence

Cette section est un guide d’installation rapide, destiné aux utilisateurs aguerris. Pour un guide d’installation plus détaillé, consultez la section suivante. Le logiciel SLS nécessite la configuration minimum suivante :

- Windows XP ou Vista ou Windows 7 ou au-delà
- Excel XP, Excel 2003 ou Excel 2007
- .NET Framework 2.0
- Droits d’administrateur (pour l’installation uniquement)
- 512 Mo de RAM minimum
- 80 Mo d’espace disque dur libre

Pour installer le logiciel, vérifiez que votre système dispose de la configuration minimum (Windows XP, Excel XP, Excel 2003, et au-delà, .NET Framework 2.0, droits d’administrateur, 256 Mo de RAM minimum et 30 Mo d’espace disque dur libre). Si vous ne disposez pas de .NET Framework 2.0, installez le fichier intitulé *dotnetfx20.exe* qui se trouve sur le CD d’installation du logiciel ; si n’avez pas le CD d’installation, vous pouvez télécharger le fichier à partir de www.realoptionsvaluation.com/attachments/dotnetfx20.exe. Vous devez commencer par installer .NET Framework 2.0 avant d’installer le logiciel SLS. Notez que .NET 2.0 fonctionne en parallèle avec .NET 1.1 et vous ne devez pas désinstaller une version pour installer l’autre. Pour les meilleures performances, les deux versions doivent s’exécuter simultanément sur votre ordinateur. Ensuite, installez le logiciel SLS en utilisant le CD d’installation ou en vous rendant à www.realoptionsvaluation.com, en cliquant sur *Downloads (Téléchargements)*, et en sélectionnant Real Options SLS. Vous pouvez télécharger la version COMPLÈTE (en supposant que vous avez déjà acheté le logiciel et reçu les clés de licence permanentes ainsi que les instructions pour obtenir une licence permanente du logiciel) ou une version d’ESSAI. La version d’essai est identique à la version complète, mais elle expire après 10 jours et vous devez ensuite obtenir la licence complète pour continuer à utiliser le logiciel. Installez le logiciel en suivant les invites qui s’affichent à l’écran. Si vous avez la version d’essai et souhaitez vous procurer une licence permanente, rendez-vous sur www.realoptionsvaluation.com, cliquez sur le lien d’achat (*Purchase*) sur la gauche et remplissez le bon de commande. Si vous achetez ou avez déjà acheté le logiciel, téléchargez-le et installez-le.

Préparation à l’activation de la licence :

1. Lancez le logiciel Real Options SLS (cliquez sur Démarrer, Programmes, Real Options Valuation, Real Options SLS, Real Options SLS).
2. Cliquez sur le lien « 1. Licence pour Real Options SLS (RST d’options réelles) » pour obtenir votre ID MATÉRIEL (il commence par le préfixe *SLS* et devrait comprendre de 12 à 20 caractères). Notez cet identificateur ou copiez-le en le sélectionnant, cliquant avec le bouton droit de votre souris et sélectionnant Copier, puis collez-le dans un e-mail qui nous est adressé.
3. Cliquez sur le lien « 2. Licence pour fonctions et évaluateur d’options » et notez ou copiez l’EMPREINTE DIGITALE MATÉRIEL (cela devrait être un code alphanumérique de 8 caractères).
4. Achetez une licence sur www.realoptionsvaluation.com en cliquant sur le lien d’achat (*Purchase*).
5. Envoyez un e-mail contenant ces deux numéros d’identification à admin@realoptionsvaluation.com et nous vous enverrons votre fichier de licence et votre clé de licence. Une fois que vous les avez reçues, installez la licence en suivant la procédure ci-dessous.

Installation des licences :

1. Enregistrez le fichier de licence SLS sur votre disque dur (le fichier de licence que nous vous avons envoyé après votre achat du logiciel), puis lancez le logiciel Real Options SLS (cliquez sur Démarrer, Programmes, Real Options Valuation, Real Options SLS, Real Options SLS).
2. Cliquez sur le lien « 1. Licence pour Real Options SLS (RST d’options réelles) » et sélectionnez ACTIVER, puis naviguez jusqu’au fichier de licence SLS que nous vous avons envoyé.
3. Cliquez sur le lien « 2. Licence pour fonctions et évaluateur d’options » et saisissez la combinaison NOM/CLÉ que nous vous avons envoyée.

Annexe E – Instructions d'installation détaillées

ÉTAPE 1 : Vérification de la configuration minimum

Étape 1.1 Vérifiez que vous disposez de **Windows XP, Vista, Windows 7** ou version ultérieure.

Étape 1.2 Vérifiez que vous disposez d'**Excel 2003, Excel 2007** ou **Excel 2010**.

Étape 1.3 Vérifiez que vous disposez des **droits d'administrateur** pour installer le logiciel.

Sur la plupart des ordinateurs personnels (à domicile), les droits d'administrateur sont installés par défaut, auquel cas vous pouvez passer directement à l'étape 1.4. Cependant, pour certains ordinateurs d'entreprises avec des politiques informatiques strictes, vous devrez peut-être contacter un administrateur système ou un spécialiste de l'informatique avant de pouvoir installer *tout* logiciel.

Étape 1.4 Vérifiez que **Microsoft .NET 2.0** ou version ultérieure.

Pour ce faire, cliquez sur **Démarrer | Panneau de configuration | Ajouter ou supprimer des programmes**. Parcourez la liste des programmes installés pour trouver Microsoft .Net Framework 2.0 et voir s'il existe sur votre machine (figure 1). S'il n'apparaît pas dans la liste ou si seule la version 1.1 apparaît, **passer à l'ÉTAPE 2** pour installer .NET Framework 2.0. Sinon, s'il est déjà installé, **passer à l'ÉTAPE 3** et commencez l'installation de Real Options SLS. Notez que les versions 1.1 et 2.0 ne sont pas interchangeables et que ces deux versions peuvent et doivent être installées simultanément sur la même machine.

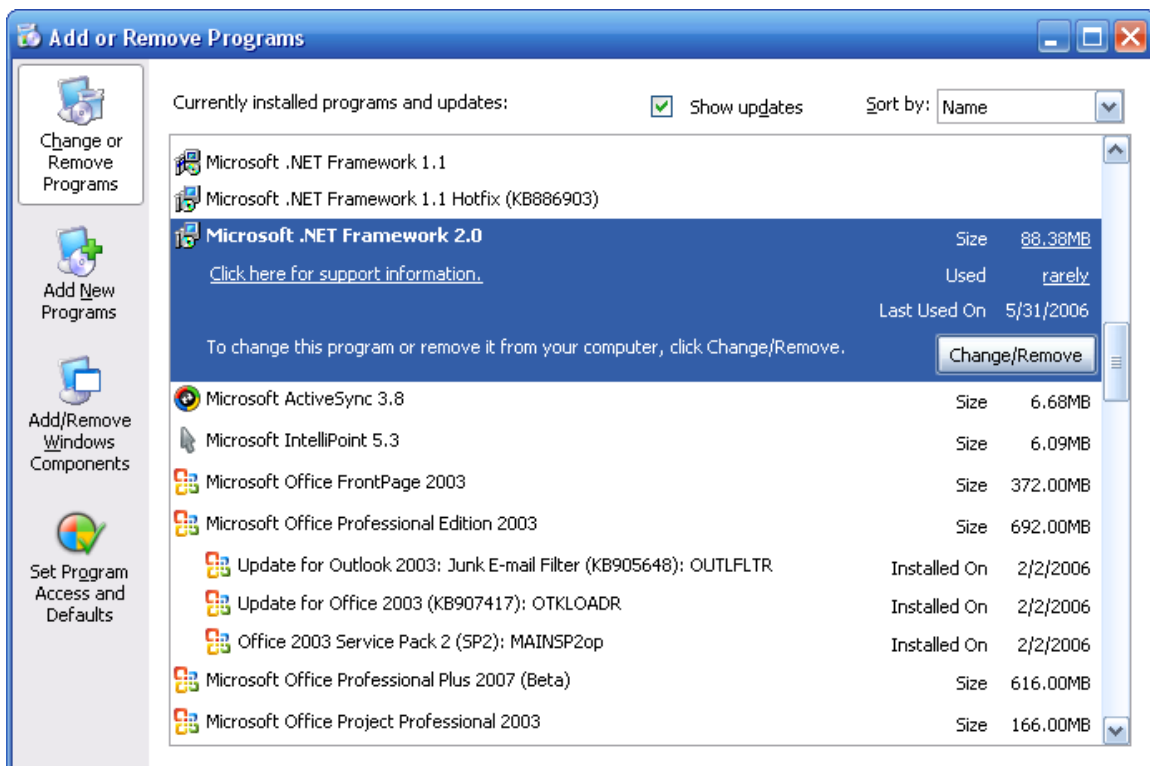


Figure 1 – Entrée Microsoft .NET Framework 2.0 dans la liste Ajouter/Supprimer des programmes du panneau de configuration

ÉTAPE 2 : Installation de .NET Framework 2.0

Étape 2.1. Si .NET Framework 2.0 n'est pas installé, insérez le CD d'installation et installez le fichier *dotnetfx20.exe*. Si vous n'avez pas ce CD, téléchargez le fichier en vous rendant sur www.realoptionsvaluation.com/downloads, en naviguant jusqu'à la section des téléchargements *SLS Software* et en cliquant sur *Microsoft .Net Framework 2.0* (figure 2). Cliquez sur *ENREGISTRER (SAVE)* pour commencer le téléchargement et l'installation.

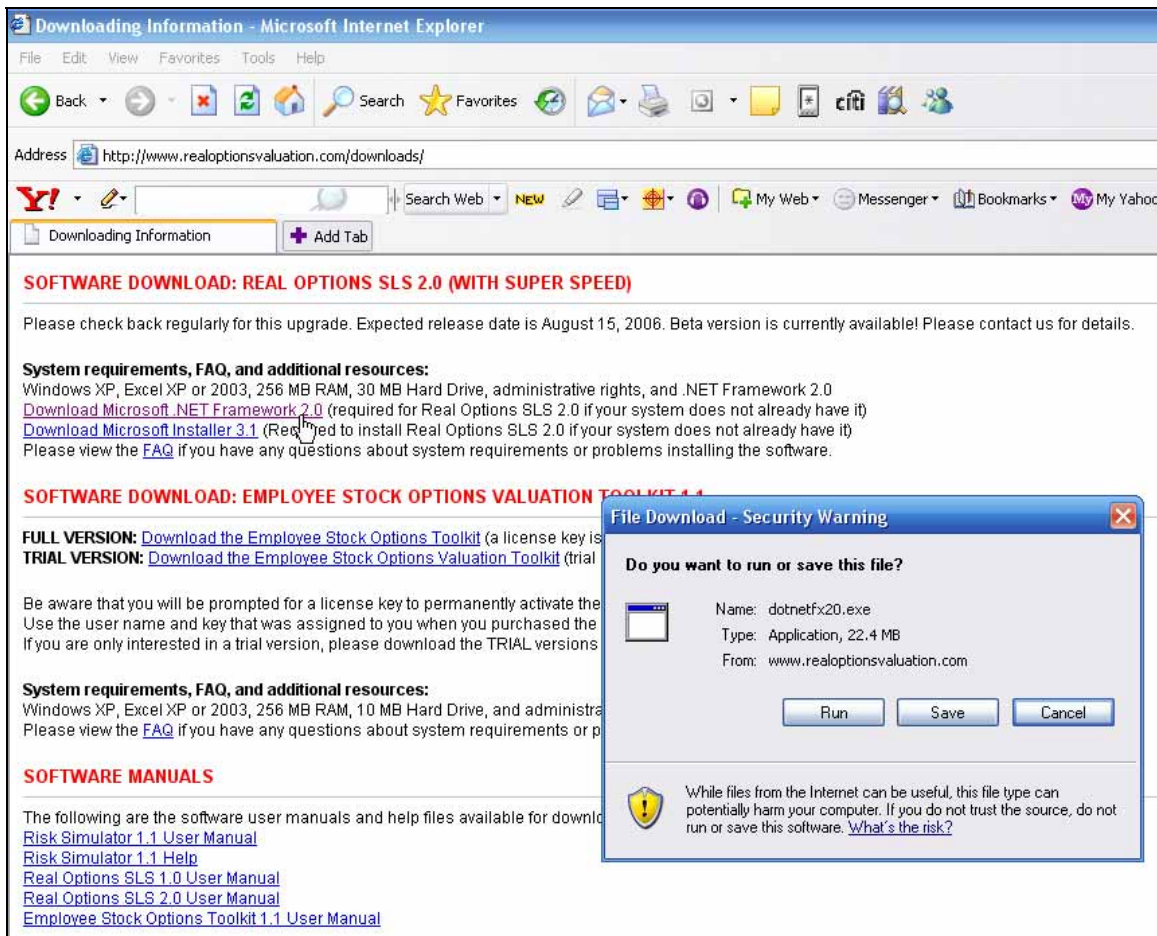


Figure 2 – Téléchargement de .NET Framework 2.0 à partir de www.realoptionsvaluation.com/downloads

Étape 2.2. Si le téléchargement réussit, le fichier d'installation devrait s'extraire automatiquement (figure 3). Sinon, double-cliquez sur le fichier téléchargé et enregistré pour lancer le processus.

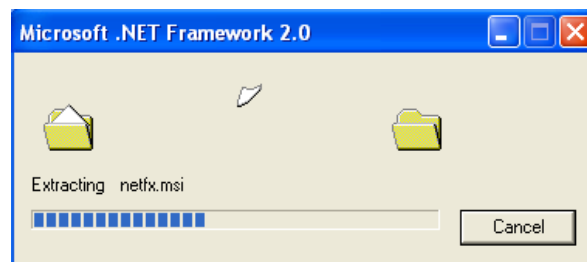


Figure 3 – Extraction de .NET Framework 2.0

Étape 2.3. Vous voyez alors un écran de bienvenue, illustré à la figure 4, et vous n’avez qu’à cliquer sur *SUIVANT (NEXT)* pour continuer l’installation.

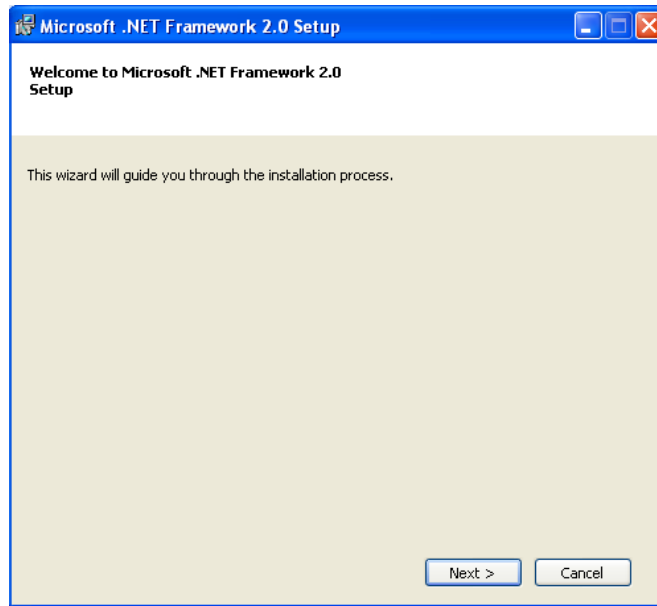


Figure 4 – Installation de .NET Framework 2.0

Étape 2.4. À ce stade, deux scénarios sont possibles. Si vous voyez un écran d’accord de licence comme celui illustré à la figure 5, cochez la case *J’accepte (Accept)* et cliquez sur *INSTALLER (INSTALL)* pour continuer l’installation et passer à l’étape 2.6. Si vous voyez un message d’erreur comme celui de la figure 6, cliquez sur *QUITTER (EXIT)* et passez à l’étape 2.5 avant de passer à l’étape 2.6—il manque un élément sur votre système et il doit être installé avant que vous ne puissiez continuer.

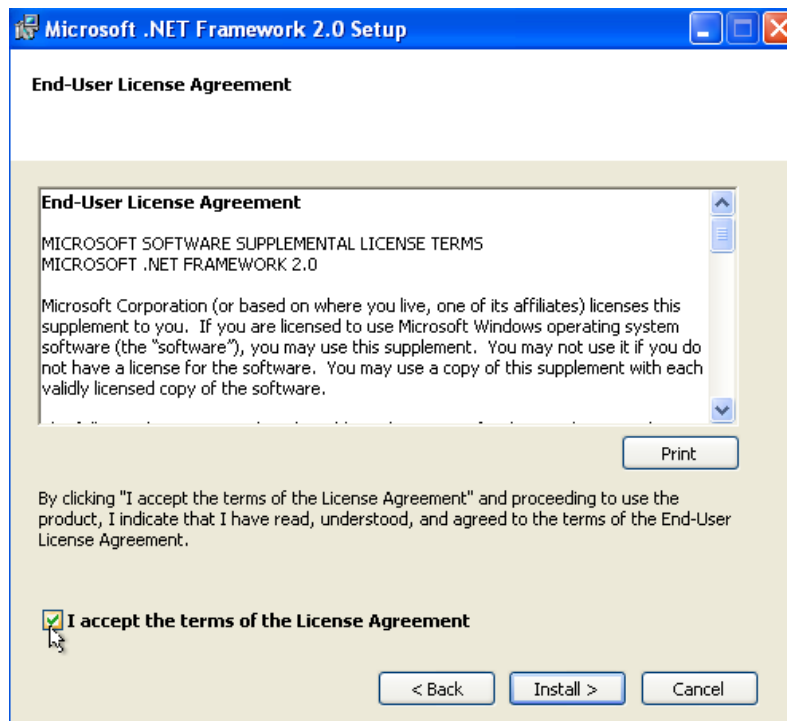


Figure 5 – Contrat de licence de .NET Framework 2.0

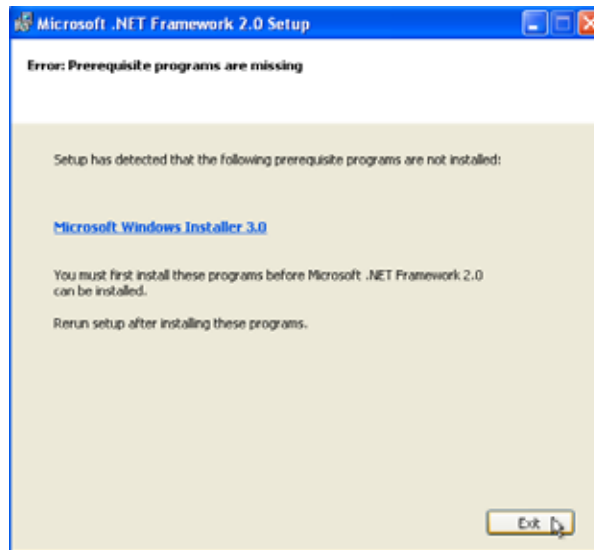


Figure 6 – Programme d’installation Microsoft manquant (cliquez sur QUITTER ou EXIT ici)

Étape 2.5. Vous n’avez à suivre cette étape que si le message d’erreur illustré à la figure 6 s’est affiché sur votre ordinateur. Dans ce cas, n’oubliez pas de cliquer sur *QUITTER (EXIT)*. Puis, rendez-vous sur www.realoptionsvaluation.com/downloads pour télécharger le package *Microsoft Installer 3.1* (figure 7), et cliquez sur *EXÉCUTER (RUN)* pour télécharger/exécuter le fichier.

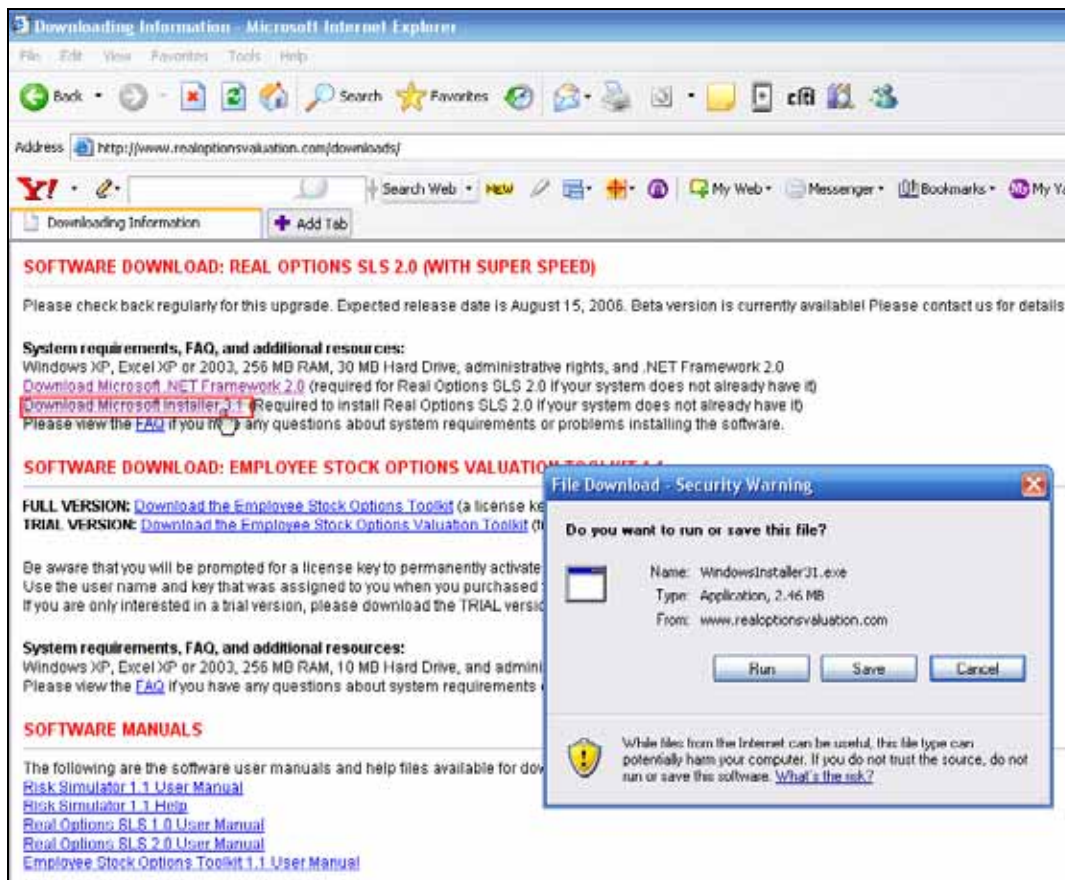


Figure 7 – Téléchargement du programme d’installation Microsoft à partir de www.realoptionsvaluation.com/downloads

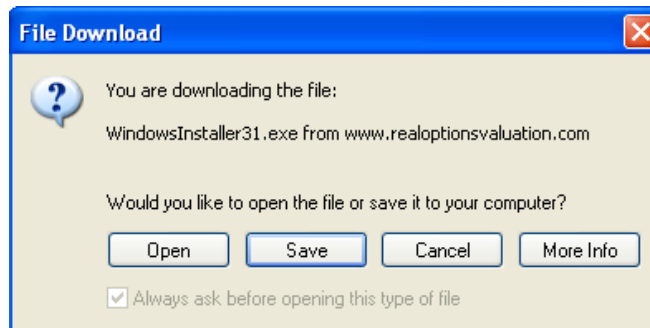


Figure 8 – Enregistrement du fichier de configuration Microsoft Windows Installer

Vous pouvez *ENREGISTRER* le fichier ou l'*OUVRIR* et l'exécuter alors que vous êtes en ligne (figure 8). À l'invite, cliquez sur *SUIVANT (NEXT)* pour lancer l'installation de Windows Installer (figure 9).

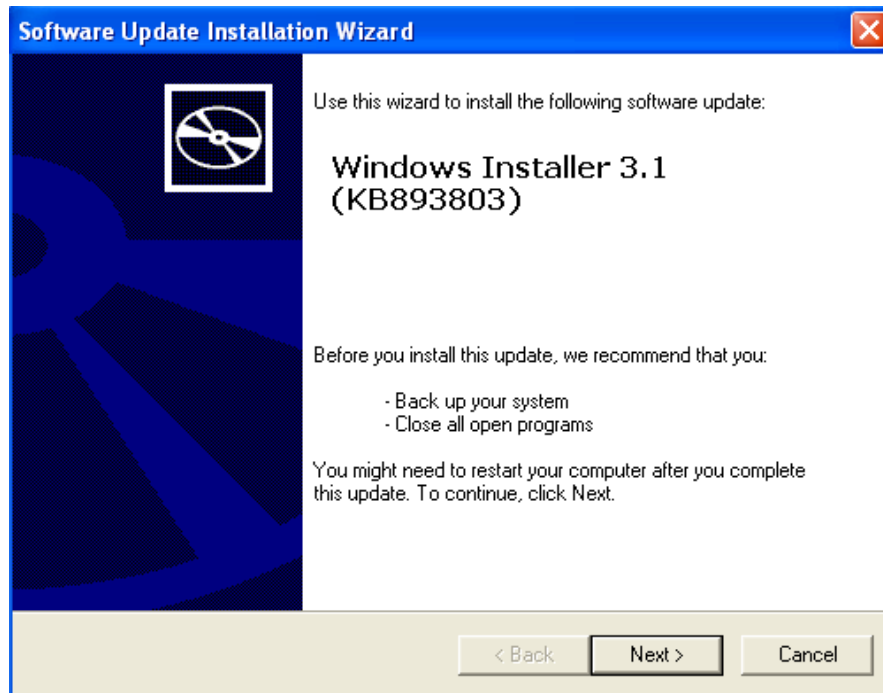


Figure 9 – Installation de Microsoft Windows Installer

Cliquez sur *J'ACCEPTE (I AGREE)* à l'écran de l'accord de licence (figure 10) puis sur *SUIVANT (NEXT)* pour commencer l'installation (figure 11). Vous verrez ensuite une invite quand et si l'installation a réussi (figure 12). À ce stade, nous vous conseillons de redémarrer votre ordinateur. Continuez et retournez à l'*étape 2.1* une fois votre système redémarré, ou double-cliquez simplement sur le fichier d'installation de .NET Framework 2.0 *dotnetfx20.exe* que vous avez préalablement téléchargé et passez à l'*étape 2.6*.

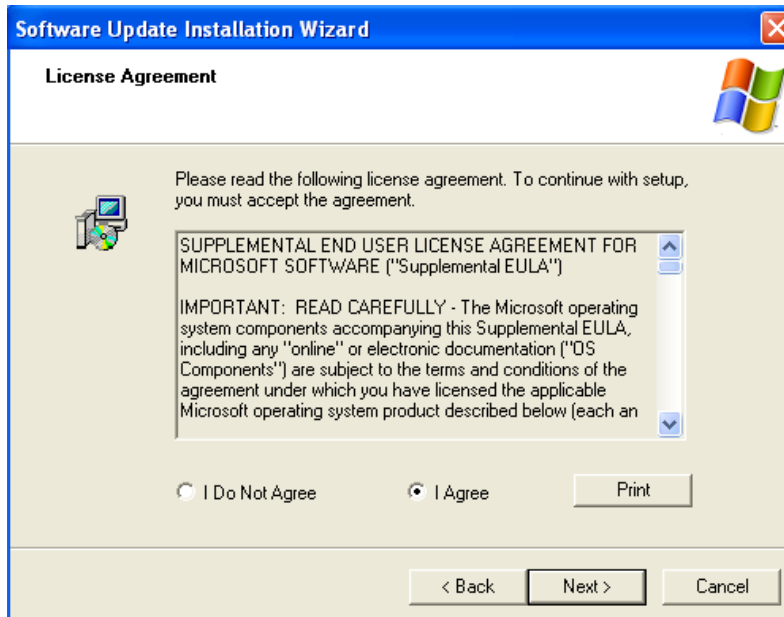


Figure 10 – Contrat de licence de Microsoft Windows Installer

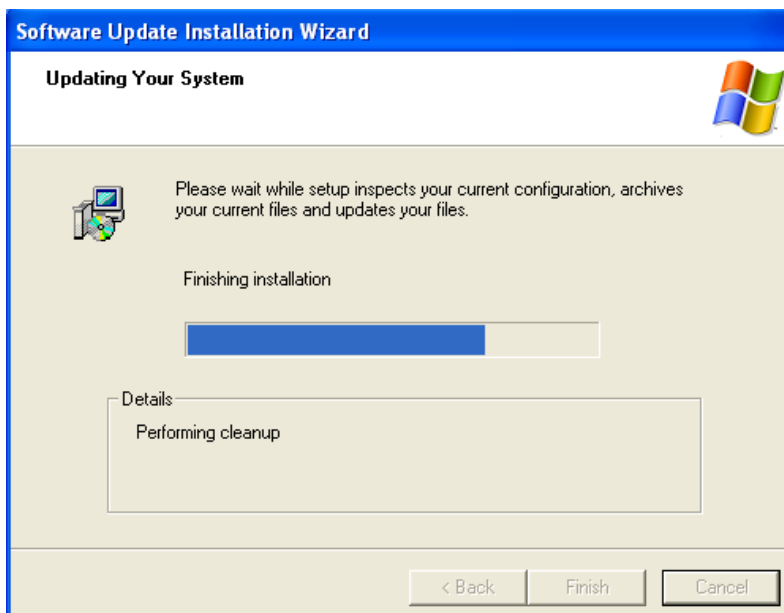


Figure 11 – Installation de Microsoft Windows Installer

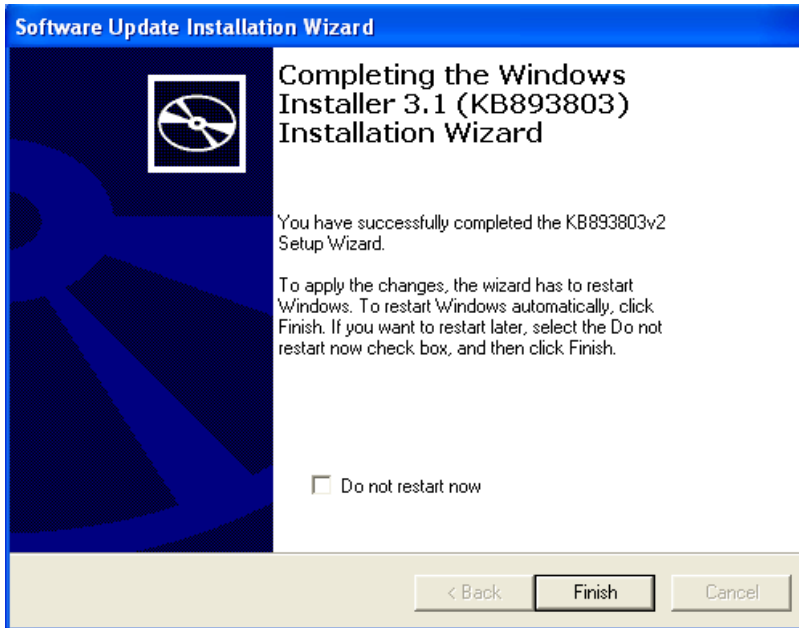


Figure 12 – Fin de l’installation de Microsoft Windows Installer

ÉTAPE 2.6. Continuez l’installation de .NET Framework 2.0 (figure 13). Une fois l’installation réussie, vous verrez une invite (figure 14). Cliquez sur *TERMINER (FINISH)* et passez à l’**ÉTAPE 3**.

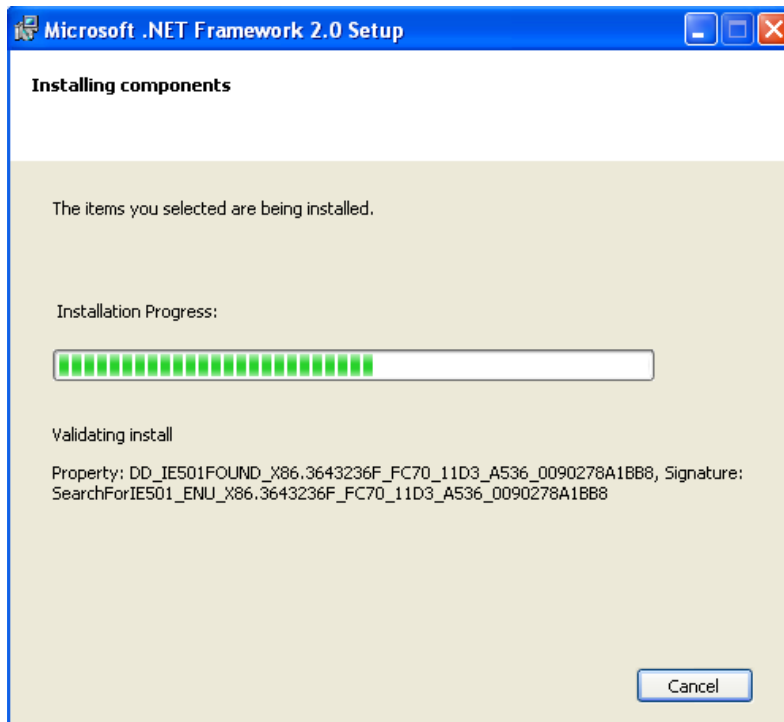


Figure 13 – Installation de Microsoft .NET Framework 2.0

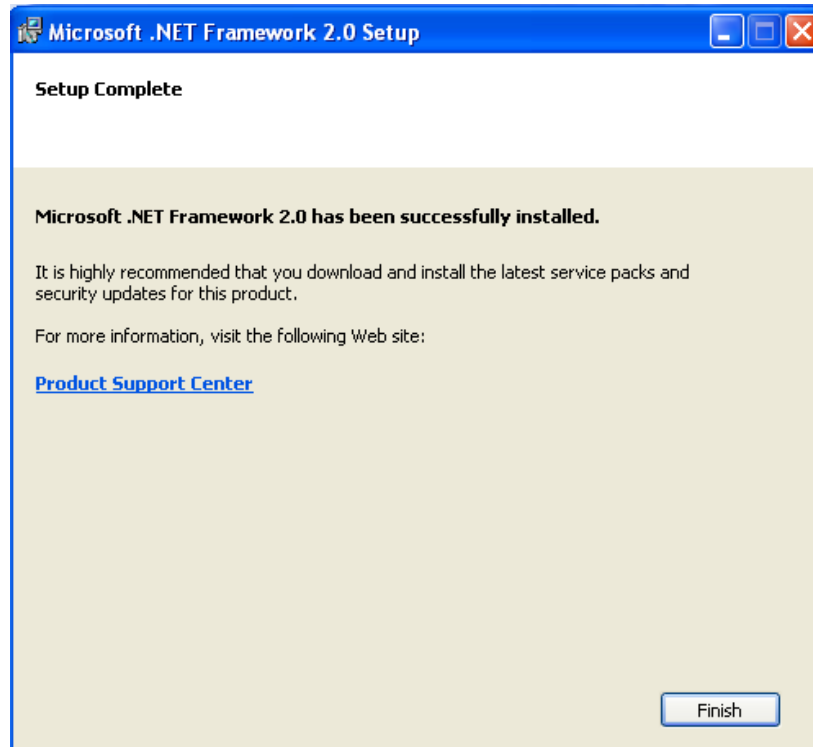


Figure 14 – Fin de l’installation de Microsoft .NET Framework 2.0

ÉTAPE 3 : Installation de Real Options SLS

Étape 3.1. Insérez le CD d'installation ou allez à la page des téléchargements www.realoptionsvaluation.com/downloads pour vous procurer le fichier d'installation du logiciel (figure 15) et naviguez dans la section des logiciels. Faites bien attention de télécharger les fichiers *SLS*. Cliquez sur la version d'*essai (Trial)* si vous n'avez pas encore acheté le logiciel, ou cliquez sur la version *complète (Full)* si vous avez acheté le logiciel et disposez des clés appropriées.

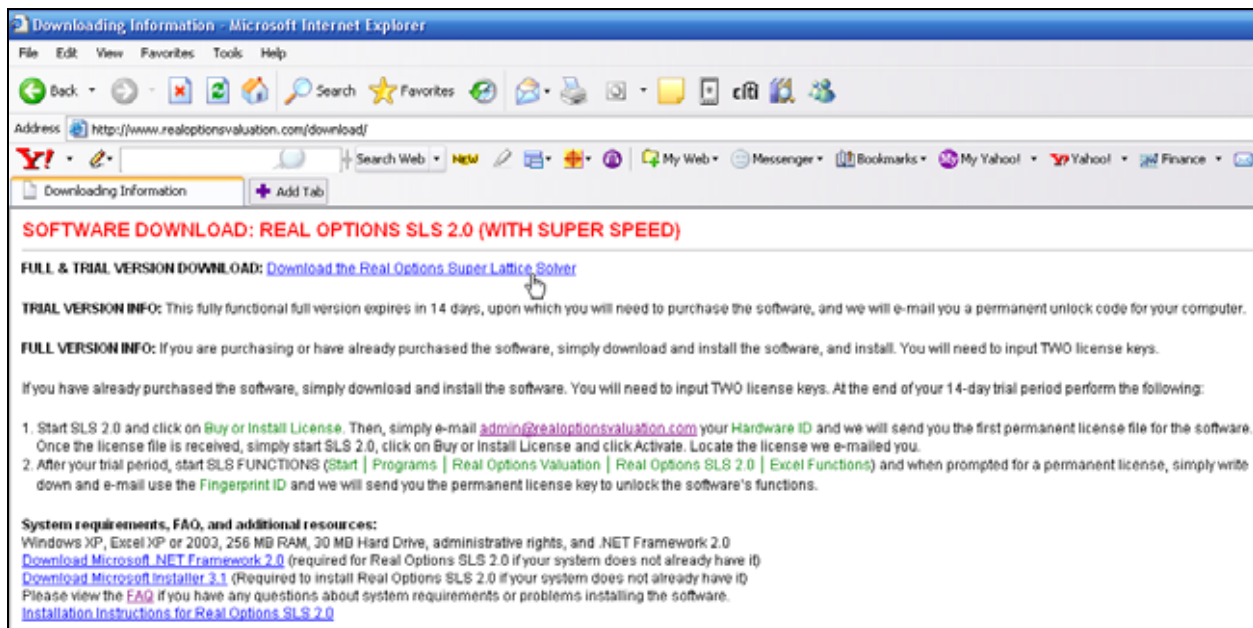


Figure 15 – Téléchargement du logiciel Real Options SLS

Étape 3.2. Cliquez sur *SUIVANT (NEXT)* pour continuer (figure 16), puis encore une fois sur *SUIVANT (NEXT)* (figure 17), en conservant tous les paramètres par défaut (conseillé). Puis cliquez encore une fois sur *SUIVANT (NEXT)* pour lancer le processus d'installation (figure 18). Il ne vous reste plus qu'à patienter jusqu'à la fin de l'installation (figures 19-20).

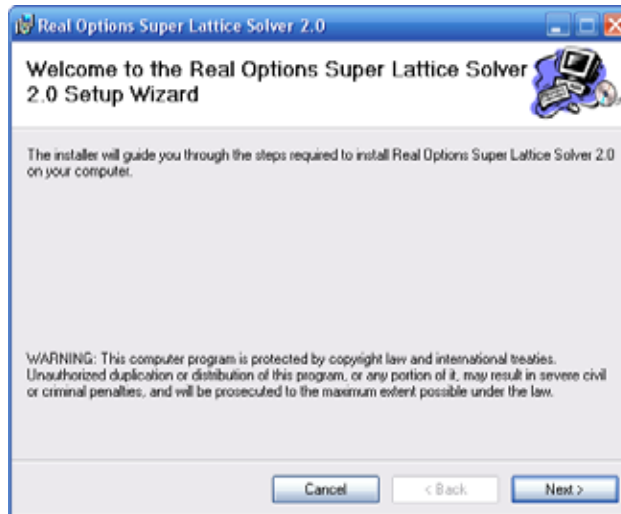


Figure 16 – Installation du logiciel Real Options SLS

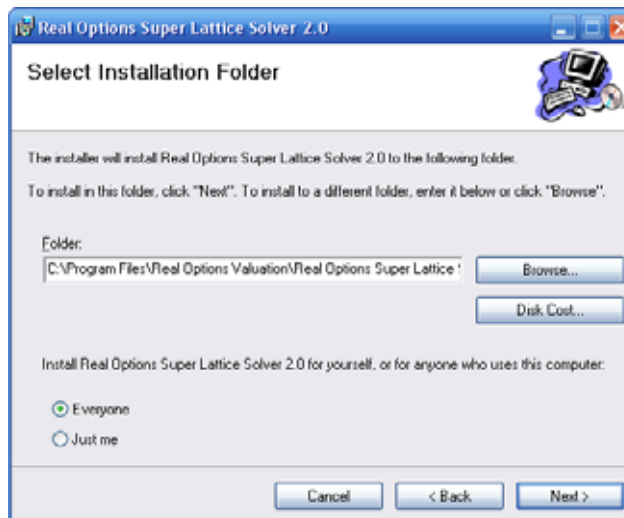


Figure 17 – Installation du logiciel Real Options SLS

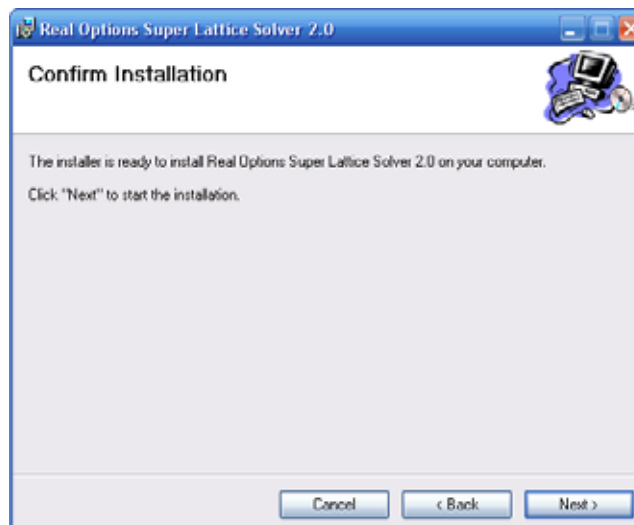


Figure 18 – Installation du logiciel Real Options SLS

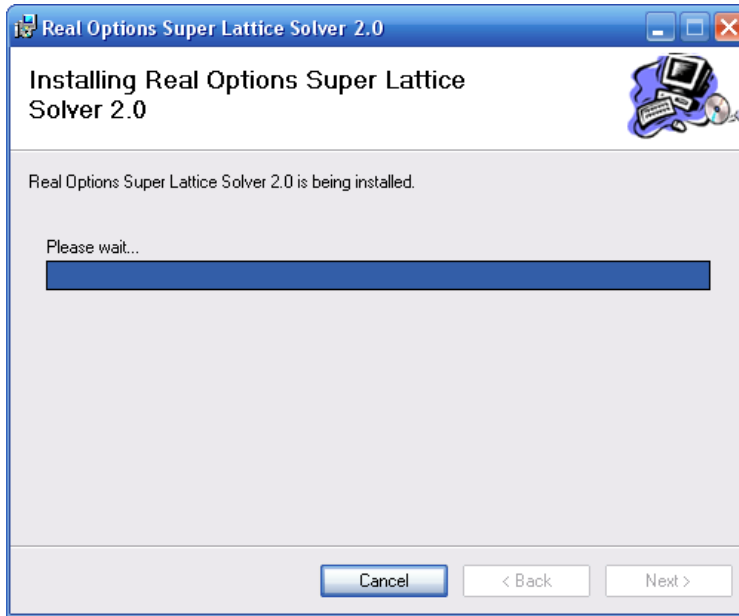


Figure 19 – Installation du logiciel Real Options SLS

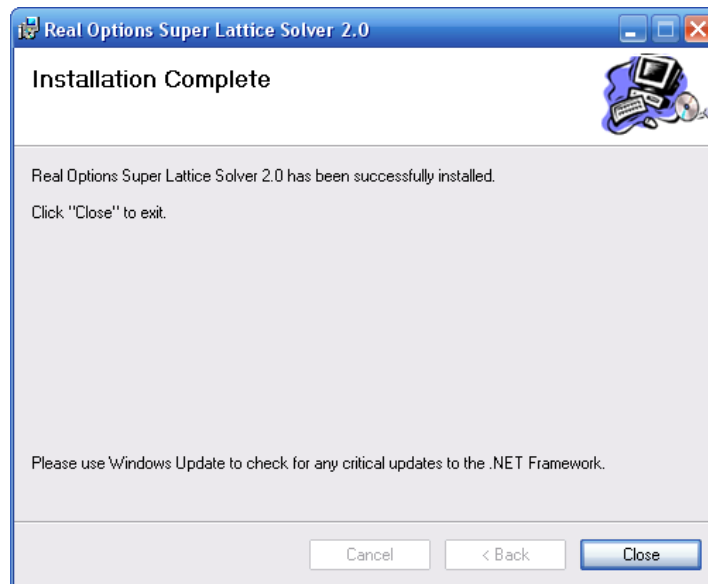


Figure 20 – Fin de l'installation du logiciel Real Options SLS

Annexe F – Activation de la licence permanente

Deux licences sont nécessaires pour exécuter le logiciel Real Options SLS (Résolveur de super treillis d'options réelles) : tout d'abord une licence pour le logiciel Real Options SLS (modèles de treillis à actif simple, modèles de treillis à actifs et phases multiples, treillis multinomiaux et Créateur de treillis), et ensuite une licence pour l'Évaluateur d'options financières exotiques et les fonctions SLS accessibles dans Excel. Pour activer les licences de vos logiciels, procédez comme suit.

Préparation :

1. Lancez le logiciel Real Options SLS (cliquez sur Démarrer, Programmes, Real Options Valuation, Real Options SLS, Real Options SLS).
2. Cliquez sur le lien « 1. Licence pour Real Options SLS (RST d'options réelles) » pour obtenir votre ID MATÉRIEL (il commence par le préfixe *SLS* et devrait comprendre de 12 à 20 caractères). Notez cet identificateur ou copiez-le en le sélectionnant, cliquant avec le bouton droit de votre souris et sélectionnant Copier, puis collez-le dans un e-mail qui nous est adressé.
3. Cliquez sur le lien « 2. Licence pour fonctions et évaluateur d'options » et notez ou copiez l'EMPREINTE DIGITALE MATÉRIEL (cela devrait être un code alphanumérique de 8 caractères).
4. Achetez une licence sur www.realoptionsvaluation.com en cliquant sur le lien d'achat (Purchase).
5. Envoyez un e-mail contenant ces deux numéros d'identification à admin@realoptionsvaluation.com et nous vous enverrons votre fichier de licence et votre clé de licence. Une fois que vous les avez reçues, installez la licence en suivant la procédure ci-dessous.

Installation des licences :

1. Enregistrez le fichier de licence SLS sur votre disque dur (le fichier de licence que nous vous avons envoyé après votre achat du logiciel), puis lancez le logiciel Real Options SLS (cliquez sur Démarrer, Programmes, Real Options Valuation, Real Options SLS, Real Options SLS).
2. Cliquez sur le lien « 1. Licence pour Real Options SLS (RST d'options réelles) » et sélectionnez ACTIVER, puis naviguez jusqu'au fichier de licence SLS que nous vous avons envoyé.
3. Cliquez sur le lien « 2. Licence pour fonctions et évaluateur d'options » et saisissez la combinaison NOM/CLÉ que nous vous avons envoyée.