

Contents

1. Introduction :	3
Remerciements :	3
Présentation de l'entreprise :	5
2. Valorisation de l'option asiatique	9
2.1 Démarche :	11
2.2 Complexité :	12
3. Discrétisation du domaine:	12
3.1 Les bords du domaine	12
3.2 Conditions aux bords du domaine :	14
4. Résolution de L'EDP de Black Scholes:	15
4.1 Etude du premier système :	15
4.2 Etude de la stabilité du schéma :	19
4.3 Ajout de la différentielle par rapport à la moyenne :	19
4.4 Etude de la stabilité du schéma	20
4.5 Résultats numériques	22
5. Pricing des options swing par couches :	24
5.1 Définitions et Généralités	24
5.2 Pricing	26
5.3 Résultats numériques	29
Bibliographies:	42

Remerciements :

Je tiens à saluer toutes les personnes qui ont participé de près ou loin à la réalisation de ce travail. Ces remerciements sont rédigés dans un moment de doux relâchement intellectuel, sans véritable rigueur. J'ai laissé au hasard de ma mémoire, le soin de retrouver ces personnes.

En premier lieu, je remercie mon Responsable de stage Adrien Bourgerie sans qui ce stage n'aurait jamais débuté. Au travers de nos discussions, il m'a apporté une compréhension plus approfondie des divers aspects du sujet. Je salue aussi sa souplesse, son ouverture d'esprit et sa disponibilité qui ont su me laisser une large marge de liberté pour mener à bien ce travail.

Je remercie également tous les membres de l'équipe Riske-FE pour leur accueil et leur aide durant ces 6 mois. Je pense à Philippe Escoffier, Ariane, Mohamed Khelij, Dinia Batouche .

Je remercie mes parents, eux qui ont guidé mes premiers pas sur le chemin de l'existence et qui continuent encore à investir tant économiquement qu'affectivement pour que leurs enfants soient parmi les distingués de l'épopée humaine. Que DIEU leur accorde longue vie, santé et prospérité.

Merci à tous les membres de ma famille et à mes amis qui ont su, par leur aimable présence, créer autour de moi une atmosphère de convivialité qui a été d'un apport inestimable dans mon long et difficile voyage intellectuel.

Je ne saurais terminer sans adresser un grand Merci à tous nos enseignants, à la direction de notre formation. Je pense à Monsieur Olivier Laffite, Madame Laurence Allenbach à toute l'équipe dirigeante.

1. Introduction :

L objectif du stage est de trouver une méthode numérique pour pricer des options swing et essayer de l'adapter aux produits callable path dependant.

Notre étude s'articulera autour de trois grands axes :

Une première partie sera consacrée aux pricing des options path dependant (asiatique) par résolution d'équation à dérivées partielles. Ces options qui ne sont pas faciles à pricer car le payoff d'une option asiatique dépend du type de la moyenne des prix des actifs sur toute la période de durée de vie de l'option. Selon la manière de prendre la moyenne, on distingue deux catégories d'options asiatiques:

Options à moyenne arithmétique, des options à moyenne géométrique.

La valorisation des options path dependant (asiatique) est un problème difficile en finance mathématique. Il ya seulement quelques cas simples où le prix de l'option est donnée par une solution fermée. Si le prix des actifs sous-jacent suit un processus stochastique log-normale, puis sa moyenne géométrique a une densité de probabilité log normale et dans ce cas il ya une solution fermée.

Une seconde partie sera consacrée au pricing des options swing : Les options swings sont des options sur matière première (gaz naturel). Le détenteur peut exercer une quantité totale durant un intervalle de temps tout en respectant des contraintes de quantité à chaque période d'exercice. Pour valoriser ce type de produit, l'idée est de s'inspirer du pricing des options asiatiques par EDP et essayer de l'étendre à d'autres types de produits en y apportant quelques modifications dans le programme de résolution.

Une troisième partie concerne à la phase d'intégration du pricer au logiciel Kondor + Structured product(KSP). Les algorithmes implémentés dans ce rapport ont été écrits à l'aide du langage C++ afin de pouvoir bénéficier de la programmation orienté objet.

Présentation de l'entreprise :

Le groupe Thomson Reuters a vu le jour le 17 avril 2008 suite à la fusion de deux entreprises : The Thomson Corporation, d'origine canadienne et Reuters du Royaume-Uni.

Thomson Reuters, nouveau groupe mondial de l'information professionnelle, financière et juridique principalement, emploie plus de 50 000 personnes, à travers 93 pays dont 2 400 journalistes pour la rédaction.

Le siège de Thomson Reuters est établi à New York. Le groupe a pour chiffre d'affaires 12,5 milliards de dollars et compte plus de 40 000 clients dans 155 pays. Le groupe détient notamment l'agence de presse Reuters et fournit des informations sur plusieurs sujets : la science, les finances, le domaine médical, les médias, la comptabilité et le domaine juridique.

Juridiquement, la société Thomson Reuters est une société combinée : elle est constituée de Thomson Reuters Corporation, une société canadienne et de Thomson Reuters PLC, une société britannique. Avec la création de ce nouveau groupe, Thomson Reuters est entré en concurrence directe avec Bloomberg, groupe spécialisé dans le secteur financier. Bloomberg et Thomson Reuters détiennent chacun environ un tiers du marché mondial des données financières.

Auparavant, l'information financière était largement dominée par Bloomberg (33%), qui devançait Reuters (23%) et Thomson (11%). Avec cette fusion le groupe détient donc 34% du marché mondial des données financières. Ce qui fait de lui alors le leader mondial. En France Thomson Reuters est présent sur deux sites :

Celui de Hausmann et de Puteaux. Celui de Puteaux « Reuters Financial software », éditeur de logiciel (500 personnes), est l'un des principaux centres de développement du groupe Thomson Reuters. J'ai fait mon stage dans l'équipe d'Ingénierie Financière Front Office Kondor+ dans le site de Puteaux.

1. Présentation de l'entreprise

1.1 Historique :

C'est en 1851 qu'un immigré allemand du nom de Paul Julius Reuters a ouvert un bureau à Londres pour la transmission des cotations des marchés financiers entre Londres et Paris par l'intermédiaire du câble de Calais-Douvre.

Fort de son succès en incluant des nouvelles d'ordre plus général, l'agence REUTERS s'est vite étendue à toute la presse anglaise ainsi qu'à certaines presses européennes.

Quelques années plus tard, la réputation de Reuters a brusquement décollé à la suite d'une succession de scoops retentissants. REUTERS était le premier en 1865 à annoncer en Europe l'assassinat du Président Lincoln aux Etats-Unis. REUTERS a également été un pionnier de l'utilisation de la radio pour transmettre des nouvelles sur de longues distances.

Le groupe Thomson Reuters a vu le jour le 17 avril 2008 suite à la fusion de deux entreprises : The Thomson Corporation, d'origine canadienne et Reuters du Royaume-Uni.

Juridiquement, la société Thomson Reuters est une société combinée : elle est constituée de Thomson Reuters Corporation, une société canadienne et de Thomson Reuters PLC, une société britannique. Avec la création de ce nouveau groupe, Thomson Reuters est entré en concurrence directe avec Bloomberg, groupe spécialisé dans le secteur financier. Bloomberg et Thomson Reuters détiennent chacun environ un tiers du marché mondial des données financières.

1.2 Les activités :

Le Groupe **Thomson Reuters** compte dans ces rangs plus de 50.000 employés qui travaillent dans près de 90 pays, 110 nationalités différentes.

Le siège de **Thomson Reuters** est établi à New York. Le groupe a pour chiffre d'affaires 13,5 milliards de dollars et compte plus de 40 000 clients dans 155 pays.

Thomson Reuters, dont la réputation est fondée sur sa constante innovation technologique et sur des critères de rapidité, de précision, a la capacité unique de fournir à ses clients contenu, technologie et connectivité. Cette technologie permet à ces utilisateurs de Reuters, répartis dans

plus de 150 pays, d'accéder à l'information en temps réel : news, données de marché, informations sur les sociétés, indicateurs économiques, etc.

Sa technologie ouverte, basée sur des normes industrielles, permet aux clients de rechercher, stocker et intégrer les informations avec le contenu d'autres sources, facilitant ainsi leur manière de travailler.

Thomson Reuters fournit aux institutions financières des outils spécifiquement conçus pour les aider à réduire le risque et à distribuer et contrôler les volumes toujours croissants de données du marché.

1.3 RFS

1.3.1 Historique

RFS, née en 1987 sous le nom d'EFFIX, est une filiale à 100% de Thomson Reuters et regroupe près de 450 personnes. 85% de son effectif est composé d'ingénieurs. Son effectif compte plus de 500 personnes, double sur ces dernières années, une moyenne d'âge de 32 ans, 22 nationalités représentées.

1987 : Création d'EFFIX. Les salles de Marchés s'équipent de stations numériques.

1990 : Premières ventes de Forex, système de gestion de positions et de risques sur les Marchés des changes.

1991 : EFFIX absorbe la filiale de la BIGT qui développe le logiciel Kondor, système de gestion de positions et de risques sur le marché des capitaux.

1992 : Développement de Kondor+, regroupant les fonctionnalités de Kondor et Forex.

1993 : REUTERS acquiert 100% du capital d'EFFIX. Lancement de Kobra, un environnement de développement multi plates-formes.

1994 : Lancement commercial de Kobra et de Kondor+.

1995 : L'activité Risk Management devient la première source de revenus d'EFFIX : Kondor+ est installé dans 28 pays, et atteint les 2000 positions.

1997 : Kondor + confirme son succès commercial : plus de 3000 positions dans près de 40 pays sont installés à fin 1997.

1999 : Au total, 42 000 traders utilisent les produits d'EFFIX, repartis dans 71 pays.

2002 : EFFIX devient REUTERS FINANCIAL SOFTWARE.

1.3.2 Activités

RFS est un éditeur de progiciels pour les salles de marché, il conduit à concevoir, développer, documenter, valider et maintenir les logiciels sur le site de Puteaux.

Reuters Financial Software est l'un des principaux Centres de Développement d'applications et de solutions financières de Reuters dans le monde. Depuis sa création, il est en constante évolution, en raison de l'élargissement de ses offres de produits et de services, de son effectif en croissance continue (plus de 400 collaborateurs aujourd'hui) et de son fort positionnement au sein du Groupe Thomson Reuters.

Son offre s'adresse aux opérateurs sur les marchés financiers, notamment pour la gestion des informations financières, des positions et des risques, la gestion des ordres d'achat et de vente d'instruments financiers. Le développement des produits génère par ailleurs des besoins de service croissants.

Reuters Financial Software propose une offre complète de solutions Front to Back Office, à travers des produits distribués dans le monde entier par Thomson Reuters

2. Valorisation de l'option asiatique

Le prix d'une option asiatique peut être donné par une résolution d'une équation aux dérivées partielles. Dans plusieurs cas on ne dispose pas de solution fermée pour pricer ce type de produit. Dans le modèle de Black et Scholes le prix d'une option asiatique que nous notons $V=V(t, S, A)$ sur un sous-jacent S et sur une valeur moyenne $A(t)=\frac{1}{t}\int_0^t Su du$ est donné par solution de l'EDP suivante :

$$\begin{cases} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} + rS \frac{\partial V}{\partial S} - rV + \frac{S-A}{t} \frac{\partial V}{\partial A} = 0 \\ V(T, S, A) = \varphi(S, A) = \max(A - K, 0) \end{cases} \quad eq 1.1$$

Preuve :

En supposant que la dynamique du prix suit le modèle de Black Scholes sous la probabilité risque neutre on a

$$dS_t = rS_t dt + \sigma S_t dW_t$$

Le prix d'une option asiatique est donné par

$$e^{-rt}V(t, S, A) = E\left(e^{-rT}\varphi(S_T, A)\right) \quad (1-2)$$

En posant $\tilde{V} = e^{-rt}V(t, S, A)$ et calculons la dynamique de la valeur actualisée du prix de l'option

$$d(e^{-rt}V(t, S, A)) = e^{-rt}(-rVdt + dV)$$

Appliquons le Lemme de d'Ito sur V

$$dV = \frac{\partial V}{\partial t} dt + \frac{\partial V}{\partial S} dS + \frac{\partial V}{\partial A} dA + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} dt$$

$$dV = \frac{\partial V}{\partial t} dt + \frac{\partial V}{\partial S} (rS_t dt + \sigma S_t dW_t) + \frac{\partial V}{\partial A} dA + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} dt$$

$$dA = -\frac{A}{t} + \frac{S_t}{t}$$

En le remplaçant dans l'équation (5), On obtient

$$dV = \frac{\partial V}{\partial t} dt + \frac{\partial V}{\partial S} (rS_t dt + \sigma S_t dW_t) + \frac{\partial V}{\partial A} \left(-\frac{A}{t} + \frac{S_t}{t}\right) + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} dt$$

$$d\tilde{V} = e^{-rt} \left(-rV dt + \frac{\partial V}{\partial t} dt + \frac{\partial V}{\partial S} (rS_t dt + \sigma S_t dW_t) + \frac{\partial V}{\partial A} \left(-\frac{A}{t} + \frac{S_t}{t}\right) dt + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} dt \right)$$

$$d\tilde{V} = e^{-rt} \left(-rV dt + \frac{\partial V}{\partial t} dt + \frac{\partial V}{\partial S} rS_t dt + \frac{\partial V}{\partial A} \left(-\frac{A}{t} + \frac{S_t}{t}\right) dt + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} dt \right) + e^{-rt} \sigma S_t \frac{\partial V}{\partial S} (dW_t)$$

Comme la valeur actualisée est une martingale donc son drift est nul ie :

$$-rV + \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial V}{\partial S} rS_t + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} + \frac{\partial V}{\partial A} \left(-\frac{A}{t} + \frac{S_t}{t}\right) = 0$$

D ou L'équation obtenu précédemment (1).

Cas où $A(t) = \int_0^t S_u du$, on a la dynamique de A qui est donnée par :

$$dA = S_t dt$$

$$d\tilde{V} = e^{-rt} \left(-rV dt + \frac{\partial V}{\partial t} dt + \frac{\partial V}{\partial S} rS_t dt + \frac{\partial V}{\partial A} S_t dt + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} dt \right) + e^{-rt} \sigma S_t \frac{\partial V}{\partial S} (dW_t)$$

Le drift étant nulle cela implique

$$\begin{cases} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial V}{\partial S} rS_t + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} + \frac{\partial V}{\partial A} S_t = rV \\ V(T, S, A) = \varphi(S, A) = \max(A/T - K, 0) \end{cases}$$

La résolution de cette équation peut se faire par les méthodes numériques de type différences finies (Schéma implicite, schéma explicite, schéma de Cranck Nicholson).

Remarque :

D'autres méthodes sont souvent utilisées pour résoudre cette EDP en faisant des changements de variables appropriés pour réduire la dimension ce qui rend les choses beaucoup plus simples. Dans notre étude nous n'adoptons pas cette démarche dans le souci de généralisation à d'autres types de produits beaucoup plus complexes (swing, lookback, etc...).

2.1 Démarche :

Une idée consiste d'abord résoudre l'équation de Black Scholes sur l'intervalle **[0, T]**

$$\frac{\partial V}{\partial t} = rV - \frac{\partial V}{\partial S} rS_t - \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2}$$

En posant $X = \log(S)$. Cette équation devient

$$\frac{\partial V}{\partial t} = - \left(r - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) \frac{\partial V}{\partial X} - \frac{1}{2} \sigma^2 \frac{\partial^2 V}{\partial X^2} + rV$$

Accompagné d'une condition terminale

$$V(T, X, A) = \max (A - K, 0)$$

Puis prendre ce résultat comme donnée initiale pour le problème :

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial V}{\partial A} \left(\frac{A}{t} - \frac{\exp(X)}{t} \right) = 0$$

Que l'on résout à nouveau sur le même intervalle de temps **[0, T]**. Cette méthode est connue sous le nom « méthode de splitting ».

Si on admet pour l'instant cette idée et qu'on discrétise la moyenne en k valeurs possibles, on se ramène à résoudre en k étapes l'équation de transport, chaque étape faisant intervenir une

matrice avec 3 coefficients non nuls sur chaque ligne (donnant accès à des algorithmes efficaces dédiés).

Une question qu'on doit se poser est de savoir si l'approximation du problème continu converge vers le problème continu quand la grille est raffinée. Nous introduisons 2 concepts

Stabilité:

Une approche numérique est stable si de petites erreurs dans la résolution de la discrétisation à un pas de temps ne sont pas amplifiées dans les pas de temps suivants.

Convergence :

Une approche numérique est convergente si la différence entre la solution numérique et la solution exacte de l'EDP à n'importe quel point particulier du domaine de définition, tend vers zéro de façon uniforme.

2.2 Complexité :

En procédant ainsi cela permet de se ramener à des étapes de calcul relativement simples avec uniquement des produits matrice-vecteurs et des méthodes d'inversion très simples de matrices tri diagonales, algorithmes qui sont la plupart du temps implémenter sans stocker la matrice. Etant donnée la taille du problème, une implémentation efficace passe clairement par une réflexion sur un bon équilibre entre le calcul et stockage.

Intérêt :

En règle générale ces types d'options (path dependant) sont difficiles à évaluer parce que les méthodes de Monté Carlo s'avèrent coûteuse en temps de calcul. Une des alternatives développées ces dernières années consisterait à évaluer ces types d'options en utilisant des équations aux dérivées partielles (EDP).

3. Discrétisation du domaine:

3.1 Les bords du domaine

On cherche l'intervalle dans lequel est la variable d'état $X = \log(S)$

Dans le modèle de Black de Scholes : $\log(St/S_0)$ suit une loi normale de moyenne $(r - \frac{1}{2}\sigma^2)t$ et d'écart type $\sigma\sqrt{t}$.

$$Y = \frac{\log\left(\frac{St}{S_0}\right) - \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)t}{\sigma\sqrt{t}} \quad \text{Suit une loi normale centrée réduite. En supposant que}$$

$$-q < Y < q$$

$$-q < \frac{\log\left(\frac{St}{S_0}\right) - \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)t}{\sigma\sqrt{t}} < q$$

$$-q \sigma\sqrt{t} < \log\left(\frac{St}{S_0}\right) - \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)t < q \sigma\sqrt{t}$$

$$\log(S_0) - q \sigma\sqrt{t} + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)t < \log(St) < \log(S_0) + q \sigma\sqrt{t} + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)t$$

On peut prendre :

$$X_{min} = \log(S_0) - q \sigma\sqrt{T}$$

$$X_{max} = \log(S_0) + q \sigma\sqrt{T}$$

Soit $[0, T]$ l'intervalle de temps. En prenant N le nombre de pas de discrétisation

$$dt = \frac{T}{N}, \quad t_n = n dt \quad \text{pour } 0 \leq n \leq N$$

En espace, en considérant le N_{space} le nombre de pas de discrétisation de l'espace

$$dx = \frac{X_{max} - X_{min}}{N_{space}} , \quad X_i = X_{min} + i \, dx \quad \text{pour } 0 \leq i \leq N_{space}$$

Et en considérant Nblayer le nombre de pas de discrétisation de la moyenne

$$dA = \frac{A_{max} - A_{min}}{N_{space}} , \quad A_j = A_{min} + a \, dA \quad \text{pour } 0 \leq a \leq N_{blayer}$$

3.2 Conditions aux bords du domaine :

On cherche à savoir la valeur du prix de l'option au niveau des bords (c'est à dire en Xmax et en Xmin). Pour cela on a deux types de conditions (Neumann ou Dirichlet).

Condition Neumann :

Pour une option d'achat (call) :

Quand $X=X_{max}$ équivalent au prix du sous jacent très grand (S tend vers l'infini) le prix de l'option est sensible égale à au payoff donc la pente en ce point est à égale à 1 ie

$$\frac{\partial V}{\partial S}(t, X_{max}, A) = 1, \quad \text{quelque soit } t \in [0, T], A \in [A_{min}, A_{max}]$$

Quand $X=X_{min}$ équivalent au prix du spot faible la pente en ce point est nulle

$$\frac{\partial V}{\partial X}(t, X_{min}, A) = 0, \quad \text{quelque soit } t \in [0, T], A \in [A_{min}, A_{max}]$$

Pour une option de vente (put) :

Quand $X=X_{max}$ équivalent au prix du sous jacent très grand (S tend vers l'infini) le prix de l'option est sensible égale à au payoff donc la pente en ce point est à égale à 1 ie

$$\frac{\partial V}{\partial S}(t, X_{max}, A) = 0, \quad \text{quelque soit } t \in [0, T], A \in [A_{min}, A_{max}]$$

Quand $X=X_{min}$ équivalent au prix du spot faible la pente en ce point est nul

$$\frac{\partial V}{\partial X}(t, X_{min}, A) = -1, \quad \text{quelque soit } t \in [0, T], A \in [A_{min}, A_{max}]$$

Condition Dirichlet :

Pour une option d'achat (call) :

Quand $X=X_{max}$ équivalent au prix du sous jacent très grand (S tend vers l'infini) le prix de l'option devient aussi grand est

$$V(t, X_{max}, A) = S - K * DF \text{ quelque soit } t \in [0, T], A \in [A_{min}, A_{max}]$$

Quand $X=X_{min}$ équivalent au prix du spot faible

$$V(t, X_{min}, A) = 0 \text{ quelque soit } t \in [0, T], A \in [A_{min}, A_{max}]$$

Pour une option de vente (call) :

Quand $X=X_{max}$ équivalent au prix du sous jacent très grand (S tend vers l'infini) le prix de l'option devient petit

$$V(t, X_{max}, A) = 0, \quad \text{quelque soit } t \in [0, T], A \in [A_{min}, A_{max}]$$

Quand $X=X_{min}$ équivalent au prix du spot faible

$$V(t, X_{min}, A) = K * DF - S, \text{ quelque soit } t \in [0, T], A \in [A_{min}, A_{max}]$$

4. Résolution de L'EDP de Black Scholes:

4.1 Etude du premier système :

Pour résoudre cette équation nous procéderons

$$\frac{\partial V}{\partial t} = -\left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)\frac{\partial V}{\partial X} - \frac{1}{2}\sigma^2\frac{\partial^2 V}{\partial X^2} + rV$$

Nous considérons les notations suivantes :

$$V_j^{n,a} = V(n \, dt, j \, dx, a \, dA) : \quad \text{l'approximation de } V \text{ au noeud } (ndt, jdx, a \, dA)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} = \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)\frac{\partial V}{\partial X} - \frac{1}{2}\sigma^2\frac{\partial^2 V}{\partial X^2} + rV$$

En faisant les approximations

$$\frac{\partial V}{\partial t} = \frac{V_i^{n+1,a} - V_i^{n,a}}{dt}$$

$$\frac{\partial V}{\partial X} = \frac{V_{i+1}^{n,a} - V_{i-1}^{n,a}}{2dx}$$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial X^2} = \frac{V_{i+1}^{n,a} - 2V_i^{n,a} + V_{i-1}^{n,a}}{dx \, dx}$$

Nous allons faire une approximation de type thêta schéma

$$\frac{V_i^{n+1,a} - V_i^{n,a}}{dt} = \theta \cdot A + (1 - \theta) \cdot B$$

Avec :

$$A = \left(\left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right) \frac{V_{i+1}^{n,a} - V_{i-1}^{n,a}}{2dx} - \frac{1}{2}\sigma^2 \frac{V_{i+1}^{n,a} - 2V_i^{n,a} + V_{i-1}^{n,a}}{dx \, dx} + rV_i^{n,a} \right)$$

$$B = \left(\left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right) \frac{V_{i+1}^{n+1,a} - V_{i-1}^{n+1,a}}{2dx} - \frac{1}{2}\sigma^2 \frac{V_{i+1}^{n+1,a} - 2V_i^{n+1,a} + V_{i-1}^{n+1,a}}{dx \, dx} + rV_i^{n+1,a} \right)$$

Dans le cas où

- $\theta = 0$, le schéma est explicite
- $\theta = 1$, le schéma est implicite
- $\theta = 0.5$, C'est un schéma de Cranck Nicholson

Nous considérons le schéma de Cranck de Nicholson donc dans le cas où $\theta = 1/2$, En posant :

$$\mu = \left(r - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) dt/dx$$

$$\rho = \frac{1}{2} \sigma^2 dt/dx dx$$

Donc notre schéma s'écrit sous la forme suivante :

$$V_i^{n+1,a} = \alpha V_{i-1}^{n,a} + \beta V_i^{n,a} + \gamma V_{i+1}^{n,a}$$

$$\alpha = 0.5 * (\mu - \rho)$$

$$\beta = 0.5(2 * \rho - r * dt)$$

$$\gamma = 0.5(-\mu - \rho)$$

En considérant l'opérateur $M^{n,a}$ de différences finies à 3 points qui à tout V il l'associe

$$(V^{n,a} M^{n,a})_i = \alpha V_{i-1}^{n,a} + \beta V_i^{n,a} + \gamma V_{i+1}^{n,a}$$

Cela reviendrait à résoudre pour tout a et pour tout n

$$(I + M^{n,a}) V^{n,a} = (M^{n,a} - I) V^{n+1,a}$$

Où I est la matrice identité

Où $V^{n,a}$ est une matrice de dimension $N_{\text{layer}} * N_{\text{space}}$.

Et $M^{n,a}$ est une matrice triangulaire de dimension N_{space}

$$\left(I + \begin{pmatrix} \beta^* & \gamma^* & 0 & . & . & . & . & 0 \\ \alpha & \beta & \gamma & 0 & 0 & . & . & 0 \\ 0 & \alpha & \beta & \gamma & 0 & . & . & 0 \\ 0 & 0 & \alpha & . & . & . & . & . \\ . & . & 0 & . & . & . & . & 0 \\ 0 & 0 & . & . & . & . & . & \gamma \\ 0 & 0 & 0 & . & . & . & \alpha^* & \beta^* \end{pmatrix} \right) \cdot \begin{pmatrix} V_0^{n.0} & V_1^{n.0} & V_2^{n.0} & . & . & . & . & V_{nbspace}^{n.0} \\ V_0^{n.1} & . & . & . & . & . & . & . \\ V_0^{n.2} & . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . & . \\ V_0^{n.nbla-1} & . & . & . & . & . & . & . \\ V_0^{n.nblayer} & . & . & . & . & . & . & V_{nbspace}^{n.layer} \end{pmatrix} \\ = (I + M^{n,a})V^{n,a}$$

Avec

$$\alpha^* = \gamma^* = 0$$

$$\beta^* = 0$$

Remarque :

La matrice M est une matrice en bande et elle est dominante c'est-à-dire pour

$$a_{i,i} > \sum_{j < i}^n a_{i,j}$$

L'inversion d'une telle matrice peut être délicate en pratique, mais en notant que la matrice est tridiagonale, il est possible d'utiliser des méthodes numériques plus efficaces pour déterminer la solution. Pour cela nous optons la méthode **LU** (Lower-Upper).

La méthode **LU** (Lower-Upper) est une méthode de décomposition d'une matrice M en le produit LU une matrice triangulaire inférieure L (Lower) et une matrice triangulaire supérieure U (Upper).

Schématiquement, il s'agit d'une forme particulière d'élimination de Gauss Jordan. On transforme une matrice en une matrice triangulaire supérieure en éliminant les éléments sous la diagonale.

Les éliminations se font colonne après colonne, en commençant par la gauche, en multipliant la matrice M par la gauche avec une matrice triangulaire inférieure

4.2 Etude de la stabilité du schéma :

Dans ce cas cela ressemble au cas d'une option européenne avec une différence finies de types schéma de Cranck Nicholson et grâce aux propriétés (triangulaire et dominante) de la matrice obtenue nous avons un schéma qui est inconditionnel stable. Nous admettons ce résultat

4.3 Ajout de la différentielle par rapport à la moyenne :

$$\frac{\partial V^{n,a}}{\partial t} + \frac{\partial V^{n,a}}{\partial A} \left(\frac{A}{t} - \frac{\exp(X)}{t} \right) = 0$$

$$c(t, X, A) = \left(\frac{A}{t} - \frac{\exp(X)}{t} \right)$$

$$\frac{\partial V^{n,a}}{\partial t} + c(t, X, A) \frac{\partial V^{n,a}}{\partial A} = 0$$

Cette équation est une équation d'advection dont la vitesse n'est pas constante. Pour cela nous proposons un schéma décentré :

- en amont si la vitesse est positive,
- en aval si la vitesse est négative.

$$\frac{V_i^{n+1,a} - V_i^{n,a}}{dt} + (c_i^{n,a})^+ \frac{V_i^{n,a+1} - V_i^{n,a}}{dA} + (c_i^{n,a})^- \frac{V_i^{n,a} - V_i^{n,a-1}}{dA} = 0$$

Avec

$$c_i^{n,a} := c(ndt, i dx, a dA)$$

$$d^+ := \max(d, 0) = \frac{1}{2}(d + |d|)$$

$$d^- := -\min(d, 0) = \frac{1}{2}(d - |d|)$$

$$V_i^{n+1,a} = V_i^{n,a} - dt(c_i^{n,a})^+ \frac{V_i^{n,a+1} - V_i^{n,a}}{dA} + dt(c_i^{n,a})^- \frac{V_i^{n,a} - V_i^{n,a-1}}{dA}$$

4.4 Etude de la stabilité du schéma

Théorème :

Si $\sup |c(t, x, a)| \frac{dt}{dA} < 1$ pour tout a, x, t positifs alors on a l'inégalité suivante

$$\sup_i |V_i^{n,a}| < \sup |V(0, x, A)|$$

Et de plus si la condition initiale ou finale est positive alors la solution du problème est positive à tous les pas de temps.

Preuve

Posons

$$\lambda = \frac{dt}{dA}$$

$$V_i^{n+1,a} = V_i^{n,a} - \lambda(c_i^{n,a})^+(V_i^{n,a+1} - V_i^{n,a}) + \lambda(c_i^{n,a})^-(V_i^{n,a} - V_i^{n,a-1})$$

$$V_i^{n+1,a} = (1 - \lambda((c_i^{n,a})^+ + (c_i^{n,a})^-))V_i^{n,a} - \lambda((c_i^{n,a})^+V_i^{n,a-1} + (c_i^{n,a})^-V_i^{n,a+1})$$

$$V_i^{n+1,a} = (1 - \lambda|c_i^{n,a}|)V_i^{n,a} + \lambda(c_i^{n,a})^+(V_i^{n,a-1}) + \lambda(c_i^{n,a})^-(V_i^{n,a+1})$$

Par hypothèse on a :

$$|V_i^{n+1,a}| \leq (1 - \lambda|c_i^{n,a}|) \sup |V_i^{n,a}| + \lambda|c_i^{n,a}| \sup |V_i^{n,a}|$$

$$|V_i^{n+1,a}| < \sup |V_i^{n,a}|$$

Et par récurrence on abouti au résultat.

Interprétation du théorème

Concrètement cela veut dire que si la condition finale ou condition terminale est bornée on aura la solution qui sera bornée sous cette condition Courant Friedrich Levy appelé la **CFL** :

$$(\sup |c(t, x, A)| \frac{dt}{dA} \leq 1) .$$

Programmation

Pour la partie programmation nous allons procéder ainsi en créant une classe AsianOption qui dérive d'une classe abstraite Option. Nous allons juste mettre le prototype des méthodes qui nous semble important. Nous avons développé un code de telle sorte quelque soit le type l'option passé en paramètre qu'on puisse pricer et bien faire tout le travail qui mène à cela (discrétisation, bords du domaine, résolution de l'EDP de BS, interpolation).

```
class AsianOption : public Option<R>
{
AsianOptionI(EnumKplusValuationType VValuationType,
             double MyStrike,
             int Mymaturity_date,
             Enum_CallOrPut MyOptionType) //constructeur
//définition de la fonction payoff;
void payoff_function2( vector<R> X, vector<R> A, R **temp )

// cherche si time appartient aux date d'exercices et return true
bool Is_Exercisable(double Ti, double Ti1, int time)

// cherche si time appartient aux date d'exercices et return true
void GetBoundaries(double & Amin, double & Amax, vector<R> & Avector, int & nb_layer, double
S, int & indice)

// Discretisation des couches qui est spécifique au type de l'option
void Discretization_Couches(vector<R> & Avector, double Amin , double Amax, int nb_layer)

// Modifie le prix en ajoutant la différentielle par rapport à la moyenne à chaque pas de temps
void Mean_Differential( R ** Price, vector<R> Avector, vector<R> RateVector, double
TimeStep_i, double dti);

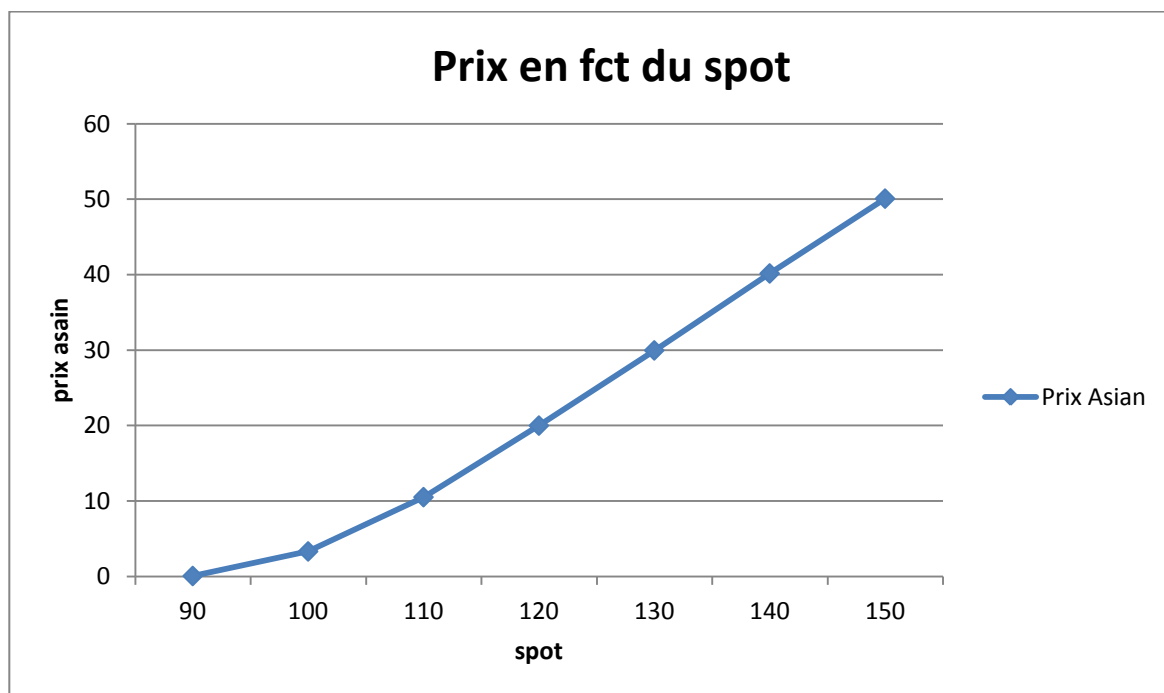
};
```

Tout cela sera pricer dans une classe P1D dans cette fonction **Price (Option<R> & option)** et nous retourne le prix de l'option passé en paramètre.

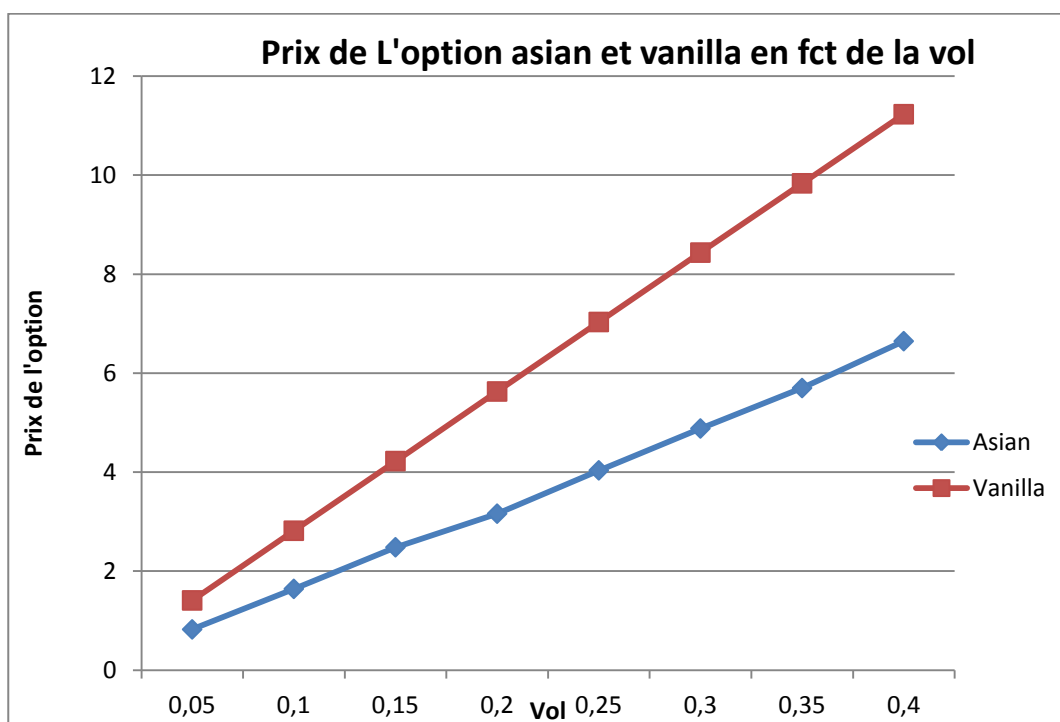
4.5 Résultats numériques

Sauf indication nous travaillons avec les données suivantes.

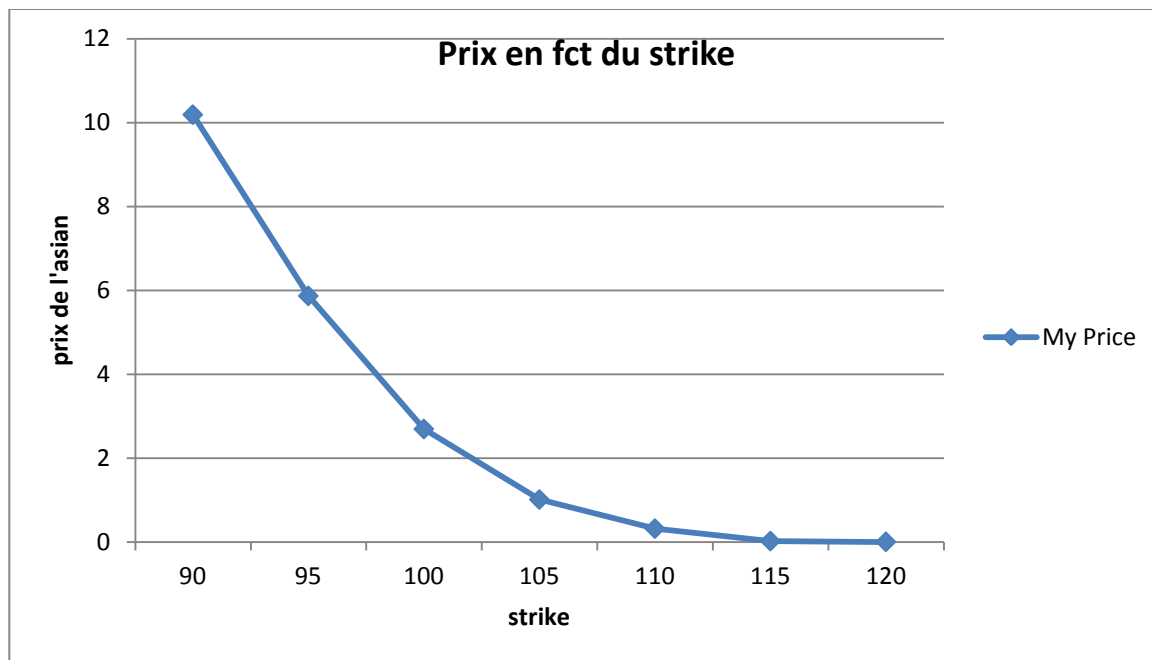
- Le taux d'intérêt $r=0$
- La volatilité $\sigma=20\%$
- Le cours du sous jacent $S=100$
- La moyenne $A=100$
- Le strike $S=K$ (Call ATM)



Nous remarquons que le prix du call asiatique est une fonction croissante du prix spot.



Le prix de l'option asiatique est inférieur au prix d'un call européen. Et de plus si la volatilité augmente l'écart entre les deux prix augmente aussi. Pour des volatilités supérieures à 50% nous observons que le call européen est supérieure ou au égal au double de l'option asiatique.



Comme dans le cas d'une option européenne nous constatons que le prix d'un call asiatique est une fonction décroissante du strike.

Ces méthodes numériques constituent des alternatives crédibles au Monté Carlo dans le cas du pricing des options path dependant.

5. Pricing des options swing par couches :

5.1 Définitions et Généralités

Une option swing (take or pay) est un contrat comportant une clause optionnelle sur le prix et le volume. Elle permet à son détenteur d'exercer de manière répétée le droit de recevoir une quantité plus ou moins importante du sous-jacent.

Si $t=0$ est la date à laquelle le contrat est écrit, l'option prend effet sur la période $[T1, T2]$. Durant cette période le détenteur de l'option peut exercer jusqu'à N fois.

Ces dates d'exercices appartiennent à un ensemble de temps discret prédéterminé $\{t_1, t_2, \dots, t_n\}$. Le contrat stipule aussi un temps d'attente TR après chaque exercice appelé temps de réfraction (par exemple on ne peut pas exercer deux fois le même jour).

En général, l'exercice à une date t_j donnée permet au porteur de l'option de recevoir une variation $q t_j$ de volume du sous-jacent (positive si il la reçoit, négative si il la livre). Cette variation de volume est soumise à contrainte. En effet un exercice à la date t_j $1 \leq j \leq n$, doit appartenir à un intervalle de la forme : $[L_j^1, L_j^2] \cup [L_j^3, L_j^4]$

Le montant total délivré sur la période de l'option $[T_1, T_2]$ est lui aussi limité selon les termes du contrat. Une violation de cette clause est permise moyennant une pénalité.

Cette pénalité est ou bien déterminée à la signature du contrat ou dépend d'une valeur aléatoire observable à la maturité (prix spot à $t = T_2$, $\max [T_1, T_2]$ St ou encore sa moyenne).

Nous allons spécifier cette fonction de pénalité sur un exemple simple : pour un contrat où le volume total V délivré appartient à un intervalle de la forme $[Min; Max]$, on définit une pénalité fixe C_1 si V est inférieur à Min et une pénalité C_2 par unité de sous-jacent délivrée en sus.

$$\varphi(V) = \begin{cases} C_1 & \text{si } V < Min \\ 0 & \text{si } Min \leq V \leq Max \\ C(V - Max) & \text{si } V > Max \end{cases}$$

Ou bien un autre type de contrainte

$$\varphi(V) = \begin{cases} \infty & \text{si } V < Min \\ 0 & \text{si } Min \leq V \leq Max \\ \infty & \text{si } V > Max \end{cases}$$

PROPRIETES:

Voici quelques notations que nous utiliserons durant

- N le nombre de droits d'exercices
- $[T_1, T_2]$ la durée de vie de l'option
- n le nombre de temps d'exercices ($n \geq N$)
- t_j pour j allant de 1 à n , les temps d'exercices j
- TR la période de réfraction
- K le Strike qui peut être local (i.e. un Strike pour chaque temps d'exercice)

5.2 Pricing

Pour le pricing des options swing nous nous inspirons du code précédent développé pour l'option asiatique. Il s'agira de résoudre l'équation de Black de Scholes obtenue pour une option européenne ou nous devons modifier le drift sur chaque couche avec une condition terminale différente.

Le modèle

$$dS_t = (r - \delta)S_t dt + \sigma S_t dW_t$$

Où δ est le convenience yield qui peut être vu comme la revenue implicite associée à la détention des stocks. Les stocks donnant la possibilité de tirer profit des hausses non anticipées de la demande. Cette définition montre que le Convenience yield est élevé lorsque les stocks sont rares, parce que la détention des stocks est alors appréciée. Inversement le Convenience yield est faible lorsque les stocks sont abondants. Il est positivement corrélé au prix au comptant qui est lui-même élevé lorsqu'il y a pénurie et vice versa. Dans les autres marchés, il correspond au coupon associé à une obligation ou aux dividendes apportés par une action.

Pour calculer le drift dans ce cas, on le déduit d'une courbe forward

$$F(t, T) = S_t e^{(r - \delta)(T - t)}$$

Si $(r - \delta) < 0$ alors on est en Backwardation (pénurie) sinon on est en contango

Déduisons de la courbe forward le drift

$$\frac{F_{t+1}}{F_t} = e^{(r - \delta)(dt)} \quad r - \delta = \frac{1}{dt} \log \frac{F_{t+1}}{F_t}$$

Et le drift est égal

$$drift = \frac{1}{dt} \log \frac{F_{t+1}}{F_t} - \frac{1}{2} \sigma^2$$

Algorithme :

Pour calcul le prix d'une telle option nous allons procéder de la manière suivante :

A la maturité T

Si $n=0$ on a une pénalité $V(T, S, n) = -\text{pénalité}$

Si $n \neq 0$ $V(T, S, n) = q \max(S-K, 0) - \text{pénalité}$ pour un call

$V(T, S, n) = q \max(K-S, 0) - \text{pénalité}$ pour un put

Pour $t \neq T$ si t n'est pas un temps d'exercice on a que:

$$V(t, S, n) = DF(E(V(t+\Delta t, S, n)))$$

Où DF est le discount factor.

Cette étape est équivalente à la résolution de l'EDP de Black Scholes pour une option vanille

Et si on est à un temps d'exercice la valeur de l'option se calcule comme suit:

$$V(t, S, n) = \max(V(t, S, n), q \max(S-K, 0) + V(t, S, n-1)) \text{ pour le call}$$

Et

$$V(t, S, n) = \max(V(t, S, n), q \max(K-S, 0) + V(t, S, n-1)) \text{ pour le put.}$$

Nous allons implémenter cet algorithme en C++ qui est similaire à celle d'une option asiatique ou il faut changer le payoff.

Le nombre de droit jouera le même que la moyenne dans l'option.

Le nombre de couches est égal au nombre de droit+1. Par souci de généralisation nous créons une fonction qui discrétisera le domaine de chaque type option. Dans le cas d'une option swing les couches coïncident avec les droits restants (par exemple si le nombre de droits =4, on aura 5 couches de discrétisations).

Pour la programmation en C++, nous allons créer une classe **SwingOption** qui dérive d'une classe abstraite **<Option>** qui contient tous les attributs et méthodes pour la résolution :

```

class SwingOption : public Option<R>
{
// attributs propres au swing
    int n ;                // nombre de temps d'exercice
    int N ;                // le nombre de droit d'exercice
    vector<R> ExerciceDate; // Les dates d'exercices
    double Q;              // la quantité total à délivrer;
    R Qmin, Qmax, pen ;    // les quantités minimales et maximales
    R q ;                  // la qtité à acheter ou vendre à chaque ti
    SwingOption( int nn, int nb_droit , vector<R> Exercice, int qt,
                EnumKplusValuationType VValuationType,
                double MyStrike,
                int Mymaturity_date,
                Enum_CallOrPut MyOptionType) // constructeur

//définition de la fonction payoff;
void payoff_function2( vector<R> X, vector<R> A, R **temp )

// cherche si time appartient aux date d'exercices et return true
bool Is_Exercisable(double Ti, double Ti1, int time)

// cherche si time appartient aux date d'exercices et return true
void GetBoundaries(double & Amin, double & Amax, vector<R> & Avector, int & nb_layer, double
S, int & indice)

// Discretisation des couches qui est spécifique au type de l'option
void Discretization_Couches(vector<R> & Avector, double Amin , double Amax, int nb_layer)

// Modifie le prix en cas de temps d'exercice
void Mean_Differential( R ** Price, vector<R> AVector, vector<R> RateVector, double
TimeStep_i, double dti);

};

```

Tout cela sera pricer dans une classe P1D dans cette fonction **Price (Option<R> & option)** et nous retourne le prix de l'option passé en paramètre.

5.3 Résultats numériques :

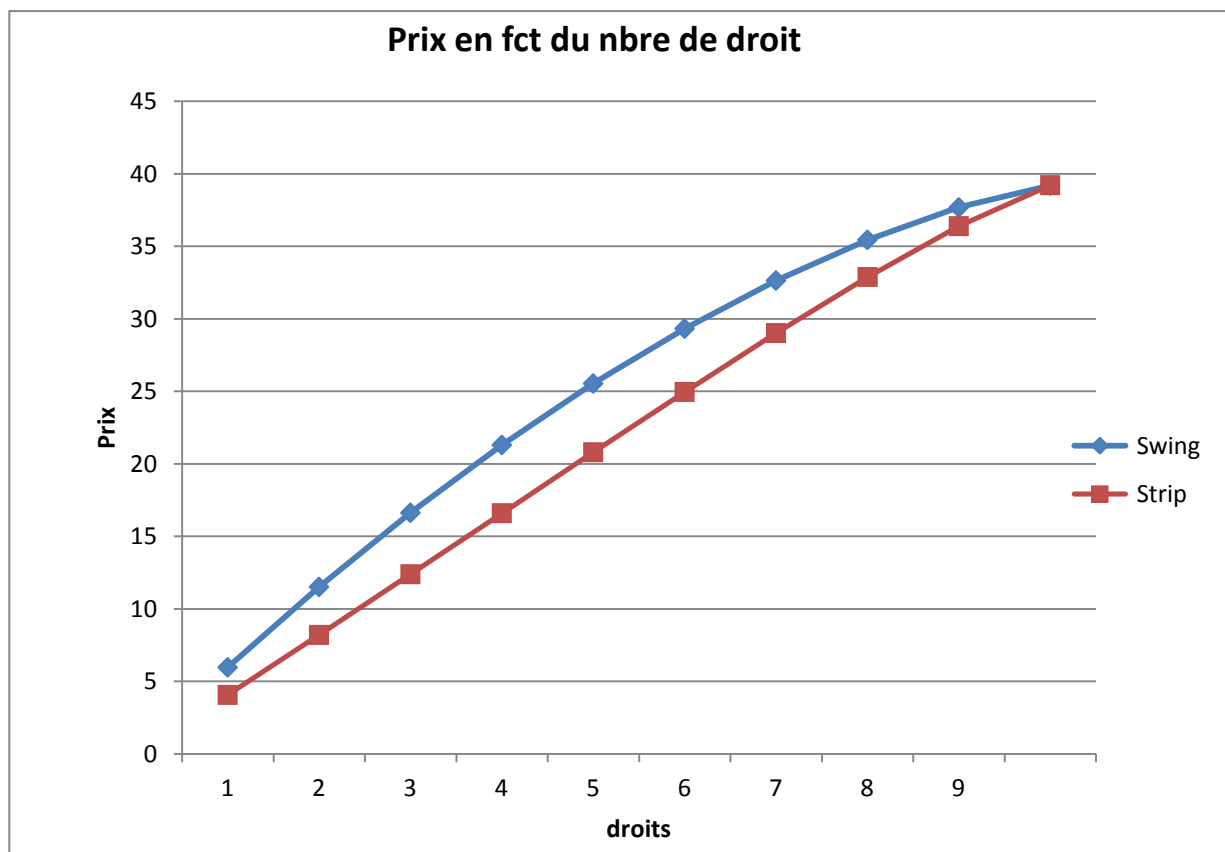
Données :

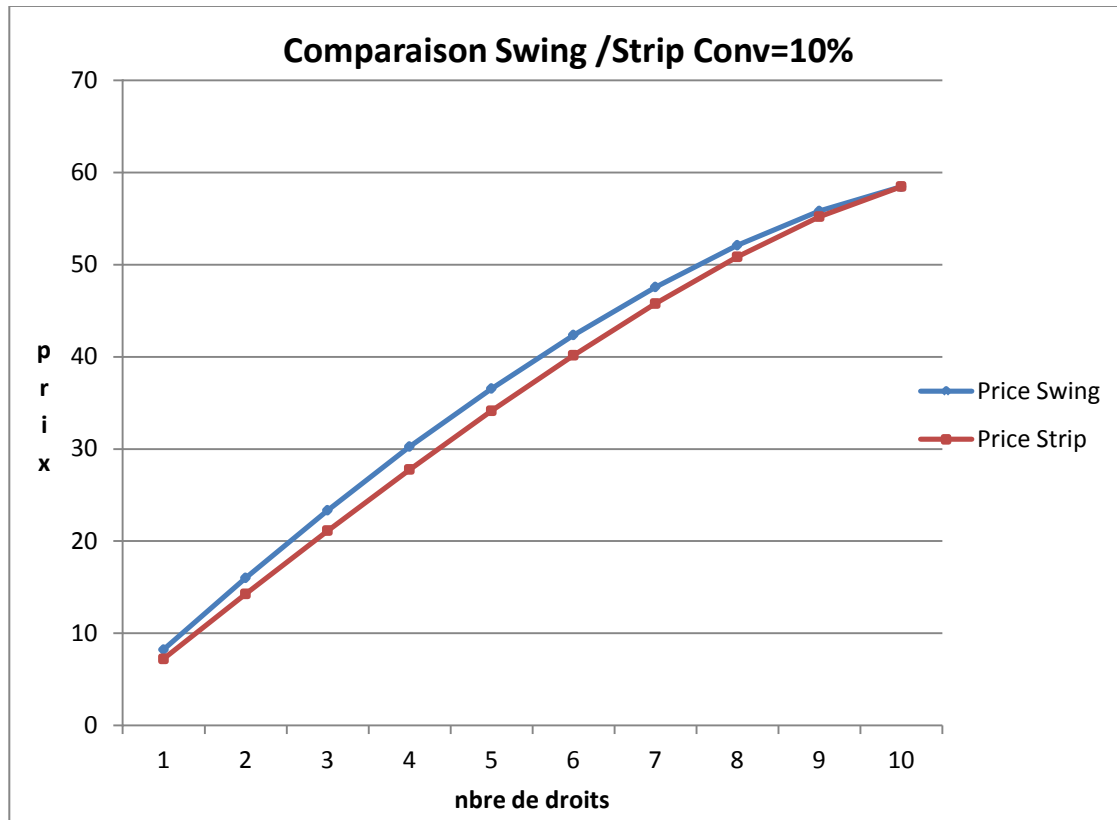
Call ATM($S=K=100$)

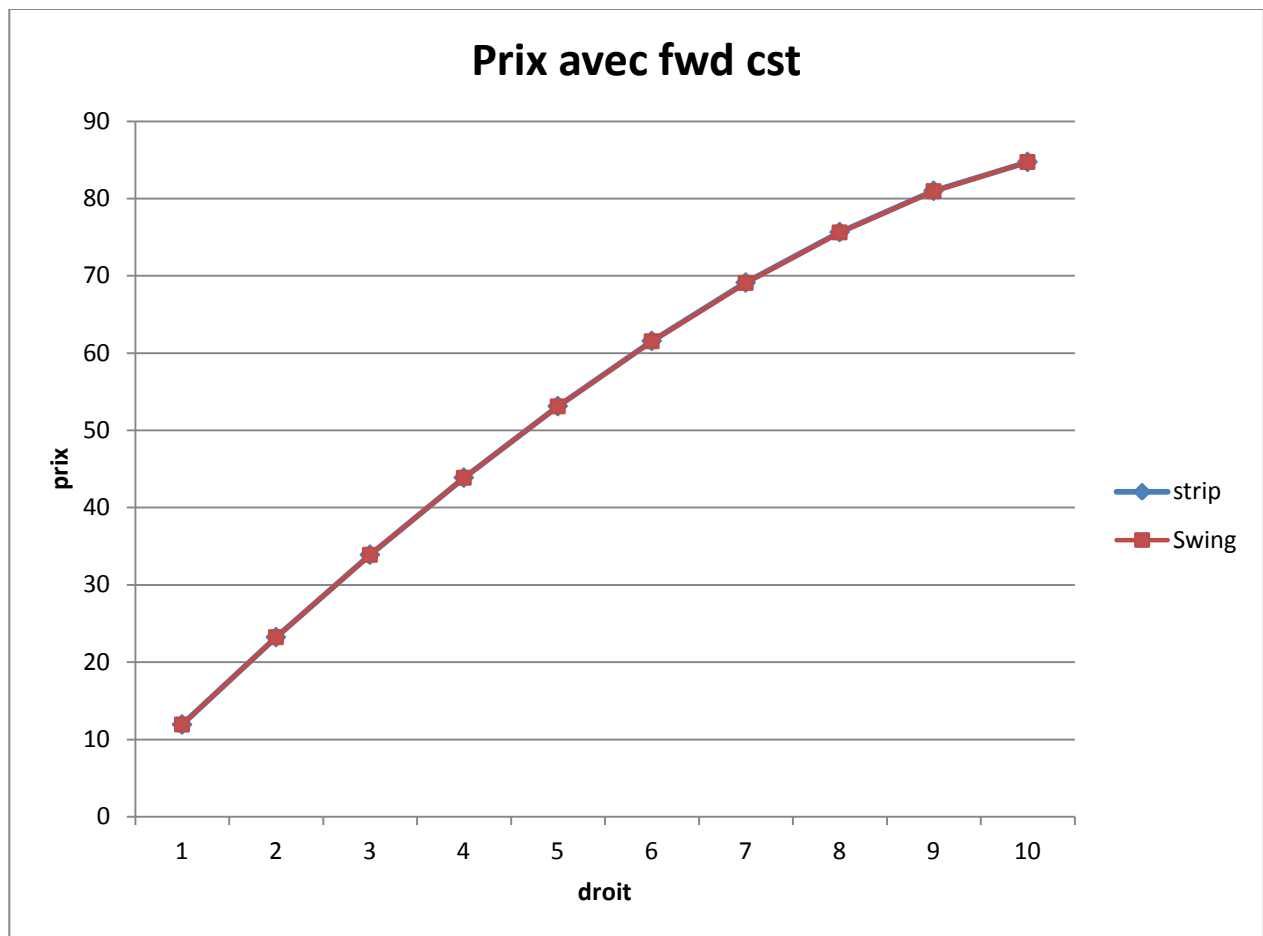
$n = 10$ (nombre de dates d'exercice);

Conv_Yield=10%

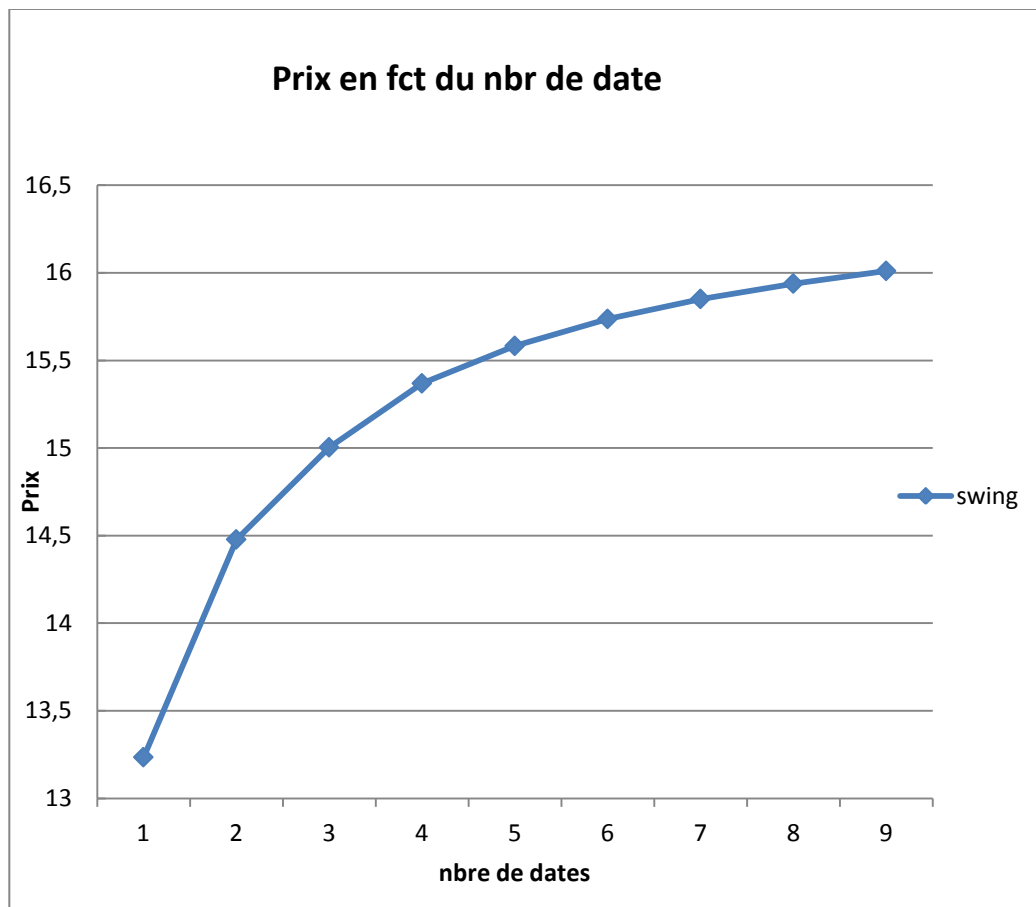
Sigma= 30%



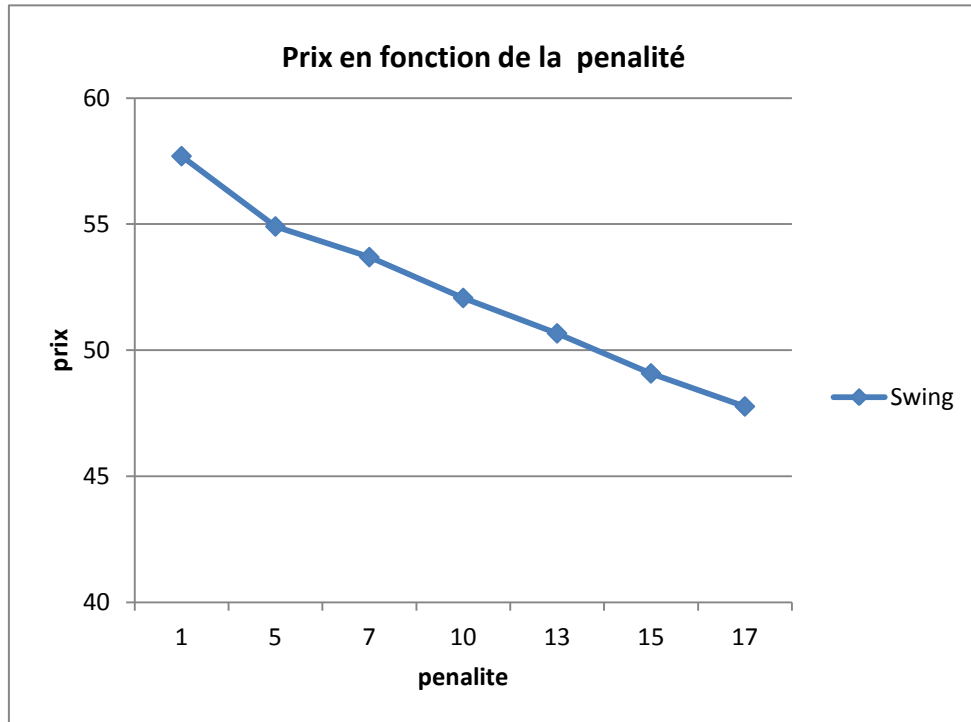




A la lecture de ces graphes nous remarquons que le prix d'un strip d'options est inférieur ou égale à l'option swing et le prix de ce dernier est croissant en fonction du nombre de droits. Plus le Yield Convenience est grand, plus l'écart entre les deux prix est important. Dans le cas d'une courbe forward constante, le strip est égale au swing.



Le prix de l'option swing est une fonction croissante du nombre de dates et décroissante en fonction de la pénalité.



6. Intégration du Pricer à KSP :

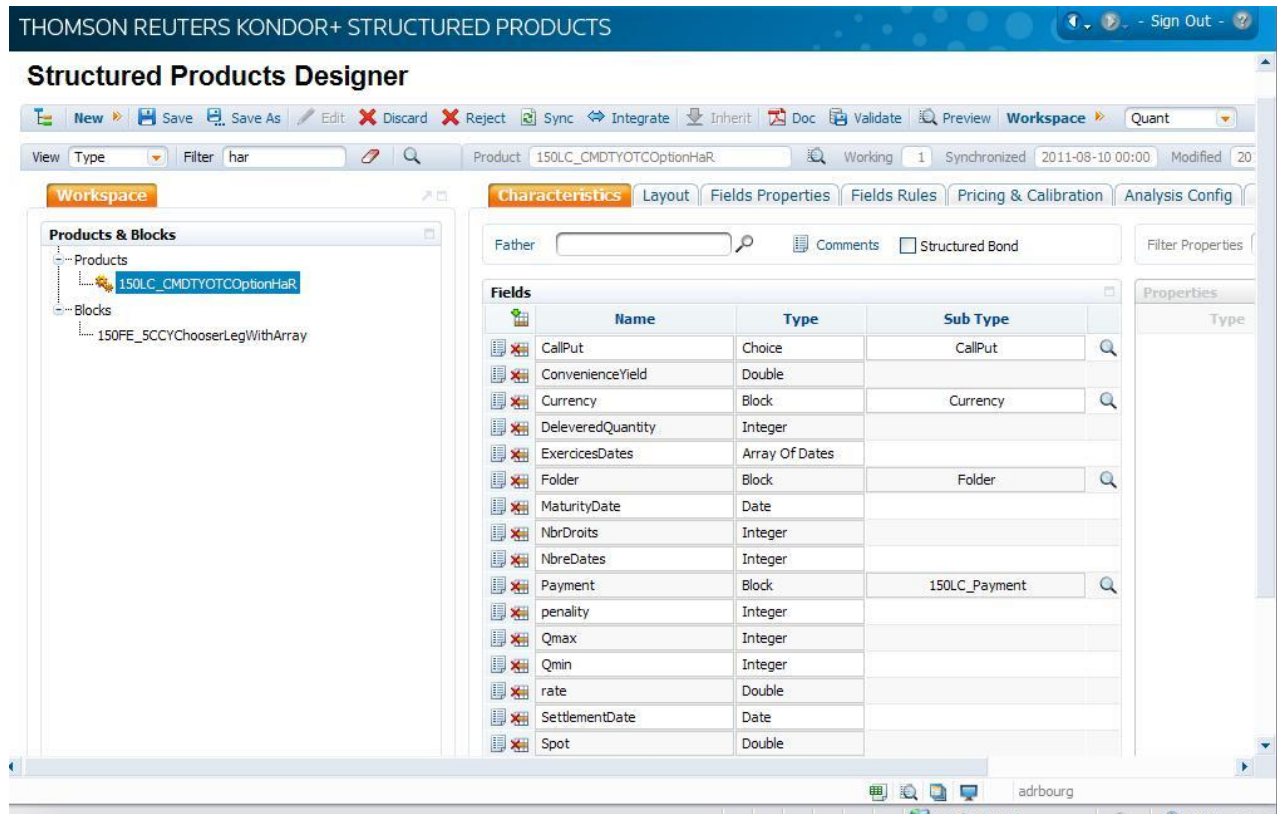
KSP (Kondor +Structured Product) est un module du logiciel Kondor+. Il permet une création dynamique de nouveaux produits structurés dans Kondor+.

L'intégration d'un pricer dans KSP se fait entre quatre étapes :

- Création du produit dans KSP
- Déclaration de la fonction externe dans KSP
- Mapping entre le produit et le pricer
- Création de la librairie

6.1 Création du produit :

Dans cette partie nous devons créer tous les paramètres de notre deal puis les classer selon leur type.



Dans ce le cas d'un swing nous devons créer les champs suivants :

- Le nombre de droits
 - Les dates d'exercices
 - La pénalité associée en cas de violation des contraintes
 - La quantité de gaz à délivrer
 - Le choix du sous jacent
- Et puis classier selon leur type (Maret Data, Deal paramètres)

La courbe des prix Forward e est une donnée du marché de même que celle de la courbe de volatilité. Elles sont directement récupérées dans la base de Kondor+ en temps réel.

6.2 Création de la librairie :

Quelques modifications du code développé en Visual studio seront apportées pour créer notre librairie.

Nous allons d'abord créer un fichier un KSP : swing.h

```
#include <ExternalPricer_Types.h>
#include <string>
namespace TestPricer {
/**
 * Define the custom external function to call
 */
extern "C" Reuters::KSP::ExternalPricer::ResultMap
KSPSWINGPRICER (
Reuters::KSP::ExternalPricer::ParametersMap& P_MapParameters,
Reuters::KSP::ExternalPricer::LogPaymentMap& P_rMapLogPayment,
Reuters::KSP::ExternalPricer::CalibrationMap& P_rMapCalibration, std::string&
P_rsPricerTrace);
}
```

Swing.h

KSPSWINGPRICER est la native function (celle qui sera utilisée dans la création du de l'external function).

ParametersMap : contient tous les paramètres venant de KSP

LogPaymentMap : contient tous les paramètres qui doivent être envoyés à KSP

CalibrationMap sert à récupérer les paramètres d'entrées.

Puis nous créons le fichier .cpp

```
#include "ExternalPricer_InputHelper.h"
#include "ExternalPricer_OutputHelper.h"
#include <ExternalPricer_Exception.h>
```

Swing.cpp

```
ResultMap TestPricer::KSPSWINGPRICER(ParametersMap& P_MapParameters,
LogPaymentMap& P_rMapLogPayment,
CalibrationMap& P_rMapCalibration,
```

```
std::string& P_rsPricerTrace)

{
    ResultMap myresults ;

    ResultHelper results;

    ParametersHelper params(P_MapParameters);

    LogPaymentHelper logPayment(P_rMapLogPayment); // The helper class to log payment

    CalibrationHelper calib(P_rMapCalibration); /* The helper class to calibration


switch (params.getCurrentJob())
{
    case GET_PRODUCTS:

        results.addAvailableProduct("OPTION");

        results.addAvailableProduct("STRIP");

        results.addAvailableProduct(Constant::S_PRODUCT_RESULT_NPV);

        break;

    case PRICE_FOR_CASHFLOW:

        break;

    case PRICE:

    {

        date calcDate = params.getReferenceDate(); //KSP_NOW_DATE

        //retrieve data from the parameters

        date maturityDate = params.getDate("MATURITYDATE");
```

```
double K = params.getDouble("STRIKE");

// SWING INPUTS

int nb_right=params.getInteger("NBEXERCISERIGHT");

int nb_date=params.getInteger("NBEXERCISEDATES");

int pen=params.getInteger("PENALITY");

int qte=params.getInteger("DELIVEREDQUANTITY");

int Qmin=params.getInteger("MINQUANTITY");

int Qmax=params.getInteger("MAXQUANTITY");

PDE_1D<double>pde_solver(Black_model2, timeToMaturityJ/365.0, nbstep,

                        nbospace,  nblayer,

                        nullvector);

double prime=pde_solver.Price(swingoption) ;


// Set the results ('products' in KSP terminology)

results.setProduct("OPTION", prime);

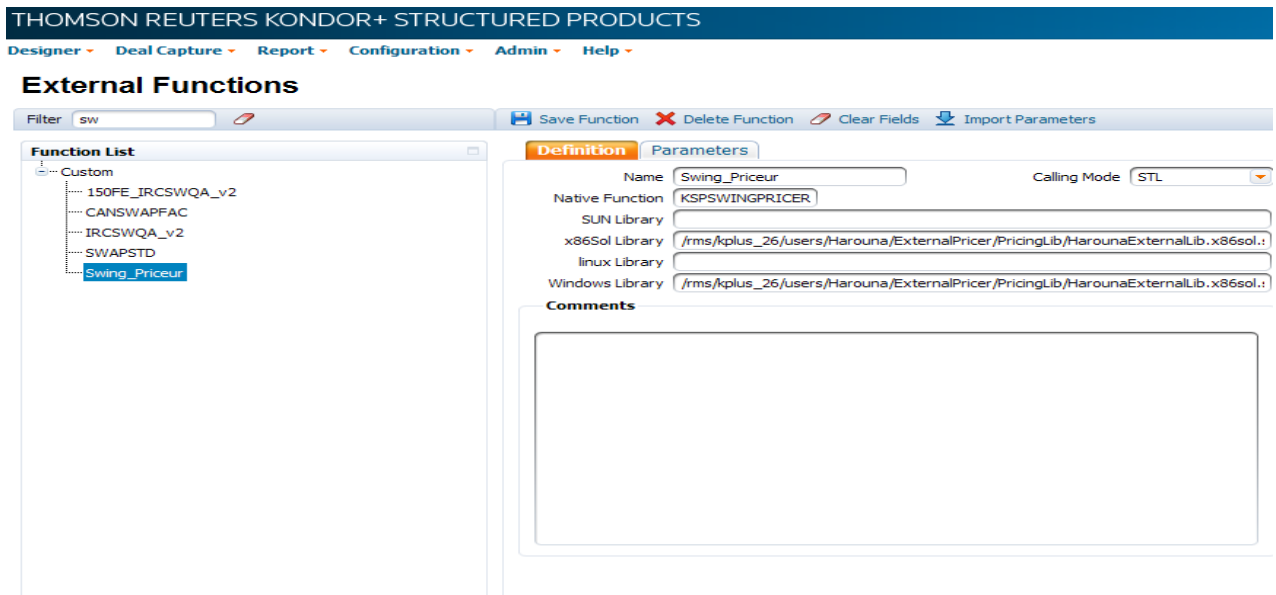
results.setProduct("STRIP", Strip);

return results.getMap() ;

}
```

En compilant le fichier ce fichier .cpp on obtient un fichier .so(avec lequel on va travailler dans KSP)

6.3 Déclaration de la fonction externe dans KSP :



THOMSON REUTERS KONDOR+ STRUCTURED PRODUCTS

Designer ▾ Deal Capture ▾ Report ▾ Configuration ▾ Admin ▾ Help ▾

External Functions

Filter: sw

Save Function Delete Function Clear Fields Import Parameters

Function List

- Custom
 - 150FE_IRCSWQA_v2
 - CANSWAPFAC
 - IRCSWQA_v2
 - SWAPSTD
 - Swing_Priceur**

Definition **Parameters**

Name: Swing_Priceur Calling Mode: STL

Native Function: KSPSWINGPRICER

SUN Library:

x86Sol Library: /rms/kplus_26/users/Harouna/ExternalPricer/PricingLib/HarounaExternalLib.x86sol.!

linux Library:

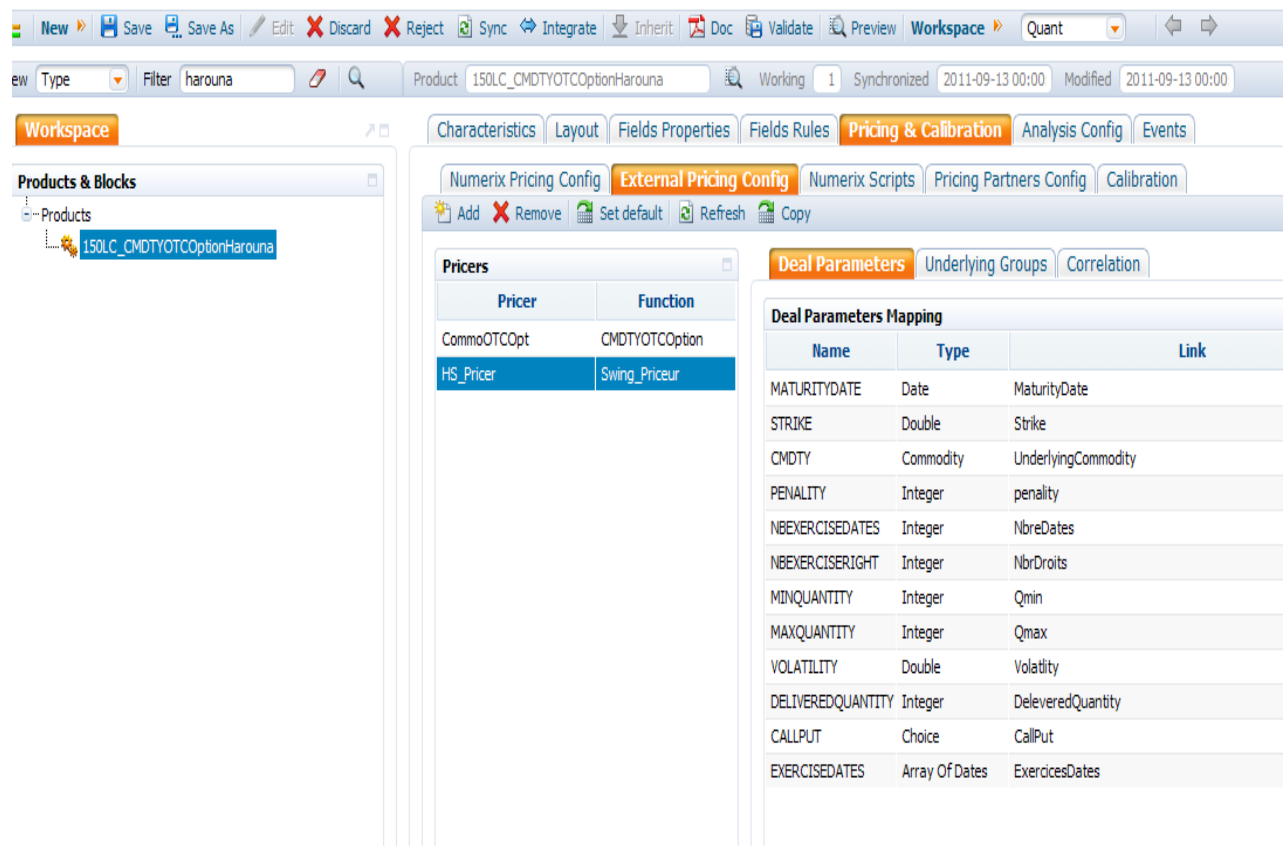
Windows Library: /rms/kplus_26/users/Harouna/ExternalPricer/PricingLib/HarounaExternalLib.x86sol.!

Comments

La fonction externe permet de faire le mapping entre notre programme et les données récupérées de KSP.

6.4 Mapping entre le produit et le pricer

Pour cette section il faut d'abord sélectionner le produit, puis ajouter le pricer (dans ce cas Swing_Priceur en allant dans external function et cliquez sur add. Le schéma suivant met en œuvre les étapes décrites.



The screenshot shows the Thomson Reuters software interface. The top menu bar includes options like New, Save, Save As, Edit, Discard, Reject, Sync, Integrate, Inherit, Doc, Validate, Preview, and Workspace. The main workspace is divided into several panes. On the left, the 'Products & Blocks' pane shows a tree structure with 'Products' and '150LC_CMDTYOTCOptionHarouna'. The central pane is titled 'Pricing & Calibration' and contains sub-tabs for 'Numerix Pricing Config', 'External Pricing Config', 'Numerix Scripts', 'Pricing Partners Config', and 'Calibration'. The 'External Pricing Config' tab is active, showing a 'Pricers' table with two rows: 'CommoOTCOpt' (Function: CMDTYOTCOption) and 'HS_Pricer' (Function: Swing_Pricer). To the right of the 'Pricers' table is the 'Deal Parameters Mapping' table, which lists various parameters and their corresponding types and links.

Name	Type	Link
MATURITYDATE	Date	MaturityDate
STRIKE	Double	Strike
CMDTY	Commodity	UnderlyingCommodity
PENALITY	Integer	penalty
NBEXERCISEDATES	Integer	NbreDates
NBEXERCISERIGHT	Integer	NbrDroits
MINQUANTITY	Integer	Qmin
MAXQUANTITY	Integer	Qmax
VOLATILITY	Double	Volatility
DELIVEREDQUANTITY	Integer	DeleveredQuantity
CALLPUT	Choice	CallPut
EXERCISEDATES	Array Of Dates	ExercicesDates

Après il faut relier chaque paramètre du deal avec les paramètres du pricer en cliquant sur le paramètre et choisir celui qui correspond.

7. Conclusion :

Le stage effectué à Thomson Reuters software a été une expérience enrichissante, tant sur le plan personnel que professionnel. J'ai pu mettre mon savoir en œuvre mes connaissances acquises au cours de ma formation approfondir mes connaissances en calcul numérique, en C++.

En effet, j'ai réussi à pricer les options asiatiques, le swing par résolution d'Equations à Dérivées Partielles (EDP) à l'intégrer dans un logiciel important (KSP), mon pricer. J'ai du apprendre à utiliser un environnement de développement spécifique, à utiliser de nouveaux outils, à assimiler de nouvelles connaissances.

Par cette expérience, j'ai réussi à progresser sur le domaine de l'application par conséquent acquérir un savoir-faire qui me permet d'envisager ma future profession avec une meilleure assurance.

Bibliographies:

L.C.G ROGERS Z.SHI, *The value of Asian option*

FRANCK BOYER, *Equations différentielles ordinaires, Equations aux dérivées partielles, Analyse théorique et numérique*

Patrick Jaillet, Ehud I. Ronn, Stathis Tompaidis, *Valuation of Commodity-Based Swing Options:*

Brigitte –Fresquet, *Méthodes numériques avancées pour la finance*

John Hull, *Options, futures et autres actifs dérivés, Pearson Education*

R. Zvan, P. Forsyth and K. Vetzal: *Robust numerical methods for PDE models of Asian options. J. Computational Finance.*

Rapport d'Ibrahima, *Documents internes*