Projet évaluation de produits structurés

Bourillet Pierre, Lutrat Thomas, Luzy Yannick

May 14, 2014

Abstract

KB AKCENT - Géré par LYXOR INTERNATIONAL ASSET MANAGEMENT

Contents

1 Description du produit **3**
1.1 Présentation . . . 3
1.1.1 Date de sortie du produit . . . 3
1.1.2 Panier d'actions . . . 3
1.1.3 Fonction de performance . . . 4
1.1.4 Rentabilités annuelles . . . 4
1.2 Analyse des flux . . . 4
1.2.1 Représentation des flux . . . 4
1.2.2 Expression du prix . . . 5

2 Analyse des risques **5**
2.1 Risques pour le client . . . 5
2.2 Risques pour le gérant . . . 6

3 Analyses des composantes logicielles **6**
3.1 Problématiques rencontrées . . . 6
3.1.1 Les données . . . 6
3.1.2 Les calculs . . . 6
3.1.3 Efficience et technologies . . . 7
3.1.4 Résumé . . . 7
3.2 Technologies utilisées . . . 7

4 Notre modélisation **8**
4.1 Les hypothèses . . . 8
4.1.1 hypothèses sur les marchés . . . 8
4.1.2 Gestion des taux de change . . . 9
4.2 Calibration des paramètres . . . 10
4.2.1 Calibration de la volatilité . . . 10
4.2.2 Calibration de la matrice de corrélation . . . 10

5 Le Pricer **10**
5.1 Présentation de l'architecture . . . 10
5.2 Les algorithmes . . . 12
5.2.1 Algorithme du calcul du prix et du delta . . . 12
5.2.2 Composition du portefeuille de couverture . . . 13
5.3 Gestion du temps . . . 13
5.4 Acquisition des données . . . 13
5.5 Base de données . . . 15

6 Utilisation de l'application **17**
6.1 interface . . . 17
6.2 paramètres utilisateurs . . . 23

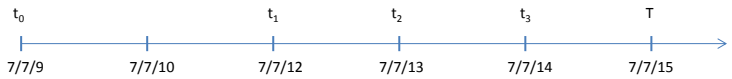
7 Analyse des résultats **23**
7.1 performance . . . 23
7.2 Pertinence des résultats . . . 24
7.2.1 Résultats avec une discrétisation hebdomadaire . . . 24
7.2.2 Résultats avec une discrétisation journalière . . . 25
7.2.3 Etude d'une courbe choquée . . . 26
7.2.4 Conclusion sur nos résultats . . . 26

8 Conclusion **26**

1 Description du produit

1.1 Présentation

KB AKCENT est un produit à capital garanti, l'acheteur sort à maturité ou à une des trois dates d'observation. Le produit dure au maximimum du 7/7/9 au 7/7/14 mais sous certaines conditions, il peut y avoir remboursement anticipé à l'une des dates de fixing. Les dates de fixing sont le 7/7/11, 7/7/12 et 7/7/13.



1.1.1 Date de sortie du produit

L'acheteur investit 1 CZK au 7/7/9 et sort à une des dates de fixing ou à maturité. Si à une des dates de fixing, l'action la moins performante du panier n'a pas baissé de 10% par rapport au cours de clotûre du 7 Juillet 2009, il y a remboursement anticipé. S'il sort à une date de fixing, l'acheteur touchera 1,23 CZK et s'il sort à maturité il touchera le maximum entre 1 et 0,98 plus une fonction de la performance d'un panier de 20 actions. Le panier et la fonction de performance sont décrits dans les deux parties suivantes.

1.1.2 Panier d'actions

Le panier d'actions est composé de 20 actions. Les entreprises dont les actions sont présentes dans le panier sont les suivantes :

k=	Action(k)	Code Reuters (k)	Marché de Référence(k)	Pays	Activité industrielle
1	Alcoa Inc	AA.N	New York Stock Exchange	United States	Mining
2	ArcelorMittal	ISPA.AS	EN Amsterdam	Luxembourg	Iron/Steel
3	Barclays PLC	BARC.L	London Stock Exchange	Britain	Banks
k=	**Action(k)**	**Code Reuters (k)**	**Marché de Référence(k)**	**Pays**	**Activité industrielle**
4	Daiichi Sankyo Co Ltd	4568.T	Tokyo Stock Exchange	Japan	Parmaceuticals
5	Deutsche Boerse AG	DB1Gn.DE	Xetra Trading Systems	Germany	Diversified Finan Serv
6	Dynegy Inc	DYN.N	New York Stock Exchange	United States	Electric
7	General Electric Co	GE.N	New York Stock Exchange	United States	Miscellaneous Manufactur
8	Harley-Davidson Inc	HOG.N	New York Stock Exchange	United States	Leisure Time
9	Infineon Technologies AG	IFXGn.DE	Xetra Trading Systems	Germany	Semiconductors
10	International Paper Co	IP.N	New York Stock Exchange	United States	Forest Products&Paper
11	JC Penney Co Inc	JCP.N	New York Stock Exchange	United States	Retail
12	Koninklijke DSM NV	DSMN.AS	Euronext Amsterdam	Pays-Bas	Chemicals
13	McGraw-Hill Cos Inc/The	MHP.N	New York Stock Exchange	United States	Media
14	Mitsubishi Corp	8058.T	Tokyo Stock Exchange	Japan	Distribution/Wholesale
15	Nintendo Co Ltd	7974.OS	Osaka Stock Exchange	Japan	Toys/Games/Hobbies
16	Nokia OYJ	NOK1V.HE	Helsinki Stock Exchange	Finlande	Telecommunications
17	PetroChina Co Ltd	0857.HK	Hong Kong Stock Exchange	Chine	Oil&Gas
18	Qwest Communications International Inc	Q.N	New York Stock Exchange	United States	Telecommunications
19	Research In Motion Ltd	RIMM.OQ	NASDAQ GS	Canada	Computers
20	Tiffany & Co	TIF.N	New York Stock Exchange	United States	Retail

Sous certaines conditions comme des faillites, fusions ou liquidations le gérant du portefeuille peut changer cette action par une autre action respectant certains critères. Cette possiblité de changer un des actifs est prise en compte dans notre librairie.

1.1.3 Fonction de performance

La fonction de performance ne sert que si le produit a passé toutes les dates de fixing sans remplir la condition de sortie.A maturité l'acheteur touche le maximum entre 1 et 0,98 plus une fonction de la performance du panier. Ce panier est composé de 20 actions de différentes entreprises de différents pays. A maturité, on regarde la performance de chacune des actions et on lui applique ce qui suit : Si elle est positive, on la multiplie par deux, on borne ensuite chacune des performances entre -50% et 25%. Si elle est supérieure à 25%, on la considère égale à 25%, si elle est inférieure à -50% on la considère égale à -50%. On calcul ensuite la moyenne des performances de toutes les actions du panier. Cette moyenne est appelée la performance lissée. L'acheteur touche donc entre 1 et 1,23 CZK à maturité

1.1.4 Rentabilités annuelles

La rentabilité annuelle dépend du moment où l'acheteur sort. S'il sort à la première date d'observation : $12,03\%$, à la seconde date d'observation : $7,86\%$, à la troisième date d'observation $5,83\%$, une première remarque est que le gérant du portefeuille a intérêt à ce que la condition de sortie de soit pas réalisée lors des dates de fixing, le détenteur lui espère que la condition de remboursement anticipé soit réalisée le plus tôt possible pour toucher les 1,23 CZK le plus tôt possible.

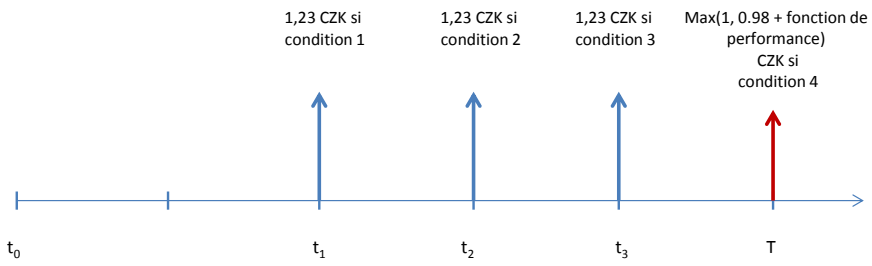
1.2 Analyse des flux

1.2.1 Représentation des flux

La figure suivante repésente les possibles flux futurs du produit. Les conditions 1, 2, 3 et 4 du schéma sont les suivantes.

- 1 : La condition de remboursement anticipée est observée en t_1
- 2 : La condition de remboursement anticipée n'est pas observée en t_1 mais elle l'est en t_2
- 3 : La condition de remboursement anticipée n'est pas observée en t_1 ni en t_2 mais elle l'est en t_3
- 4 : La condition de remboursement anticipée n'a pas été observée aux dates t_1, t_2 et t_3

Sous ces conditions la représentation est la suivante:



1.2.2 Expression du prix

Grâce à le représenation précédente on peut avoir une première expression du prix en 0 du produit structuré.L'expression est la suivante:

$$P_0 = \frac{1{,}23}{(1+r)^2}\mathbb{1}_{\{R_1\}} + \frac{1{,}23}{(1+r)^3}\mathbb{1}_{\{\overline{R_1}\cap R_2\}} + \frac{1{,}23}{(1+r)^4}\mathbb{1}_{\{\overline{R_1}\cap\overline{R_2}\cap R_3\}} + \frac{max(1{,}0.98+perfliss)}{(1+r)^5}\mathbb{1}_{\{\overline{R_1}\cap\overline{R_2}\cap\overline{R_3}\cap R_4\}}$$

avec R_i tel que $\mathbb{1}_{\{R_i\}} = 1$ si la condition i est vérifiée et 0 sinon

2 Analyse des risques

2.1 Risques pour le client

Le client investit à capital garanti, si lors d'une des dates de fixing, les conditions de remboursement anticipé sont remplies, il touche 1,23 CZK. S'il sort à maturité il touchera le maximum entre 1 et 0,98 + une fonction de la performance du panier d'actions. Les investissements se font en CZK. Le risque de taux de change fait partie des risques auxquels le client s'expose lors de sa souscription. De plus, le risque est d'autant plus élevé que l'horizon d'investissement est inconnu et se situe entre 2 et 5 ans. La durée exacte d'investissement inconnue expose le client à une plus forte probabilité d'érosion monétaire. En effet, le contrat se faisant en CZK et dans un contexte économique défavorable, le client pourrait voir son pouvoir d'achat réduit chaque année. La baisse étant due à l'inflation et/ou à la hausse des prix dans leur ensemble. Le client ne bénéficiera pas des dividendes des 20 actions internationales.

2.2 Risques pour le gérant

Le contrat se base sur la monnaie Tchèque CZK. Le contrat et les investissements du gérant sont sensibles aux taux de change et aux taux sans risque. En effet, le capital du client doit être garanti et ne peut être soumis aux risques des marchés sur lequel la partie du nominal est investie. De plus, le panier d'actions se compose de 20 actions diversifiées en terme de secteur géographique et activité industrielle. Les risques pour le gérant sont détaillés ici:

- **Risque d'insolvabilité :** Le Fond est exposé au risque d'insolvabilité ou à tout autre type de défaut de tout établissement financier avec lequel il conclut un accord ou une transaction. Un tel évènement pourrait entraîner une perte de valeur significative pour l'investissement.
- **Risque de modèle :** Le choix d'un mauvais modèle financier pourrait entretenir une idée de « fausse sécurité » et entrainer des pertes pour le fond commun.
- **Horizon d'investissement :** L'horizon d'investissement est inconnu. Il est de 2 à 5 ans selon les performances du panier d'actions internationales. De ce fait, il est nécessaire pour le gérant de pouvoir être capable de faire face, à chaque date de constatation, à un remboursement anticipé du capital et au versement de la performance prévue pour le client.
- **Sensibilité aux taux :** Les actions composant le portefeuille client sont achetées sur leur marché de référence dans la devise en vigueur sur le marché. Le gérant s'expose donc fortement aux variations des taux de changes et doit donc trouver une stratégie financière pour couvrir ces risques. Notre librairie ne prend pas en compte ce risque. Se référer à la section 4.1.2. pour le détail.
- **Le risque de base :** Il est lié à l'évolution d'un cours sous-jacent par rapport à celui de sa couverture. Cette dernière n'étant pas toujours parfaitement adaptée, un écart entre les prix peut se créer.

3 Analyses des composantes logicielles

3.1 Problématiques rencontrées

Le but de cette partie est de présenter les différentes problématiques logicielles que nous avons relevées lors de la réalisation de ce projet, ainsi que les solutions que nous avons trouvées répondant à ces problématiques.

3.1.1 Les données

La première problématique que nous avons rencontrée concerne le stockage des données. Il existe deux types de discrétisation, une discrétisation quotidienne et une discrétisation hebdomadaire, nous devons être capable de stocker et calculer ces données.

3.1.2 Les calculs

La librairie que nous devons développer réalise différents calculs pouvant prendre du temps, réduisant ainsi l'expérience utilisateur. Pour réaliser ces calculs, nous aurons besoin de la PNL. Nous avons besoin d'appeler du code C/C++ à partir d'un "serveur d'application". C'est-à-dire du code manager vers du code non-manager et récupérer les données calculées d'un code manager vers un code non-manager. Nous avons donc dû développer différentes fonctions de conversion de structure réalisant ces tâches.

3.1.3 Efficience et technologies

L'application telle qu'elle est définie dans le « cahier des charges » du projet doit répondre à une architecture 3-tiers. On pourrait voir cela comme une problématique, mais il va sans dire qu'aujourd'hui la plupart des applications reposent sur un pattern MVC/MVVC, ce qui correspond à une norme de programmation et non à une problématique. Notre application doit être interfacée par une couche de présentation définie par une page web. Au vu de l'utilisation de l'application par quelques gestionnaires de portefeuille, il n'y aura pas de « goulot d'étranglement » au niveau du serveur web. Par contre, il en existera forcément un sur la couche métier et sur la couche d'accès aux données. Nous devons donc chercher à tout prix à rendre notre application efficiente au niveau de ces deux dernières couches en choisissant méthodologiquement les technologies à utiliser. Notre application doit pouvoir supporter plusieurs utilisateurs, chaque utilisateur pouvant lancer et visualiser les différents résultats.

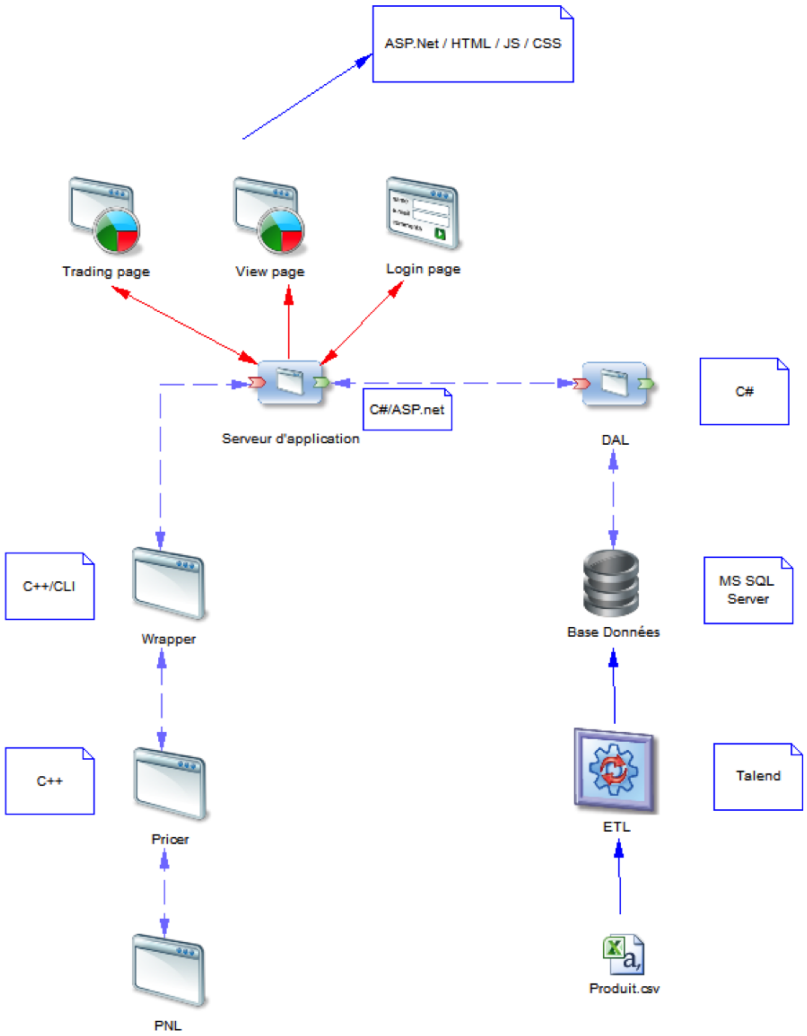
3.1.4 Résumé

Pour résumer les problématiques des composantes logicielles nécessaires, nous avons donc besoin :

- D'un SGBD pour avoir accès aux données extraites (couche accès aux données).
- Nous avons besoin d'un ETL pour transformer et extraire les données du web. Nous utilisons les données de google finance.
- D'un serveur web (pour la couche de présentation), ainsi qu'une librairie de présentation des données sous forme de graphe.
- D'une application web (pour la couche métier) pouvant ou non être hébergée sur le même serveur web/application que la couche présentation.
- D'une interface Managed/Unmaged entre la PNL et les/l'application(s) web.

3.2 Technologies utilisées

Au niveau du SGBD nous avons utiliser SQL Server (couche accès aux données) pour sa facilité d'adaptabilité à un environnement de développement sous Visual Studio, au niveau de la récupération des données, nous avons utiliser des Jobs Talent. Ces Job Talent nous permettront d'extraire et de former les données utiles, pour ce faire nous prévoyons d'utiliser un fichier CSV qui comprendra les paramétrages de notre produit. Ce fichier modifiable par l'utilisateur servira d'entrée au niveau des jobs Talend.
Au niveau de la couche de présentation, nous avons décidé d'utiliser l'ASP.Net, ainsi que les fonctionnalités AJAX présentes directement dans l'API. Nous utiliserons aussi JavaScript avec les libraires Jquery pour plus de dynamisme et bien entendu nous aurons besoin de faire de l'HTML et du CSS.
En ce qui concerne les différents calculs (couche métier) que nous devons réaliser, ils seront codés en C++. Le code C++ sera appelé directement par le serveur d'application au travers d'une couche de conversion C++/CLI vers C++. La DAL (data access layer) sera codée en C#.



4 Notre modélisation

4.1 Les hypothèses

4.1.1 hypothèses sur les marchés

On fait l'hypothèse que l'évolution du cours des action suit le modèle de Black & Scholes. Soit S_t^i la valeur de l'acif i à la date t, le panier d'action est composé de 20 actions on a donc $i \in [1, 20]$ on peut écrire:

$$S_t^i = S_0^i \exp\left(\mu - \frac{(\sigma^i)^2}{2}\right)t + \sigma_i B_t^i$$

où

μ est le taux d'intérêt.
σ^i la volatilité de l'actif i.
B_t un vecteur de mouvement brownien

Pour prendre en compte que les actifs sont corrélés, il faut que la matrice de corrélation du vecteur B_t soit égale à la matrice de corrélation des actifs. Soit Γ cette matrice.
Soit $W = (W^1, ..., W^d)^T$ un mouvement brownien standard à valeurs dans $\mathbb{R}^d$.
Soit L la factorisée de cholesky Γ. On a l'égalité suivante en loi

$$(B_t, t \geq 0) = (LW_t, t \geq 0)$$

Pour les besoins de modélisation nous allons avoir besoin d'une expression de $S_{t_{k+1}}$ en fonction de S_{t_k}. Cette expression est la suivante:

$$S^i_{t_{k+1}} = S^i_{t_k} \exp\left((\mu - \frac{(\sigma^i)^2}{2})(t_{k+1} - t_k) + \sigma^i L^i (W_{t_{k+1}} - W_{t_k})\right)$$

Les acrroissements du mouvement brownien standard W_t peuvent être exprimés grâce à une suite i.i.d de vecteurs gaussiens centrés de matrice de covariance la matrice identité. On appellera $(G_i)_{i \in [\![1,20]\!]}$ cette suite de vecteurs gaussiens. En exploitant l'indépendance des accroissements du mouvement brownien, on obtient la formule suivante:

$$S^i_{t_{k+1}} = S^i_{t_k} \exp\left((\mu - \frac{(\sigma^i)^2}{2})(t_{k+1} - t_k) + \sigma^i \sqrt{(t_{k+1} - t_k)} L^i G^{i+1}\right)$$

Cette expression est l'expression que nous allons utiliser pour diffuser les actifs de notre panier car elle nécessite seulement 4 données:

- Les valeurs au 7/7/9 des actifs du panier.
- La suite de vecteurs gaussiens centrés.
- La matrice de corrélation.
- Le vecteur de volatilité.

4.1.2 Gestion des taux de change

Il existe un risque sur les taux de change, ce risque n'est pas géré par notre librairie mais nous avons quand même analysé ce risque. Voilà notre réflexion sur ce problème.
On ne peut diffuser les actifs que sur le marché domestique, pour diffuser les actifs étrangers on ne peut pas simplement utiliser Black & Scholes. On considère tous les taux de change nécessaires comme des actifs que l'on diffuse, cette diffusion se fait sur le marché domestique. Pour accéder à la valeur des actifs étrangers on procède de la façon suivante:

- Pour chaque taux de change, On diffuse la valeur du taux de change X_t avec Black & Scholes.
- Pour chaque actif étranger on diffuse $X_t.S_t$ (avec X_t le bon taux de change) avec Black & Scholes, $X_t.S_t$ est un actif domestique.
- Grâce aux deux diffusions précédentes, on peut obtenir une expression de S_t.

Pour obtenir un portefeuille couvert, nous allons devoir investir dans 3 actifs différents, la liste de ces actifs et la quantité à investir dans chacun d'eux à chaque rebalancement sont les suivants:

- Investissmenent en actifs risqués, la quantité investie est:

$$\frac{\partial P}{\partial (X_t S_t)}$$

- Investissement en zéro-coupon étrangers, la quantité investie est:

$$\frac{\partial P}{\partial (X_t \exp(r_f t))}$$

  où r_f représente le taux sans risque étranger.

- Investissement en zéro-coupon domestiques (portefeuille sans risque)

4.2 Calibration des paramètres

On a vu dans la partie précédente que l'on a besoin en plus des valeurs des actifs et de la suite $(G_i)_{i\geq 1}$, on va avoir besoin de la matrice de corrélation, et du vecteur des volatilités. Les deux paragraphes suivant expliquent la façon dont nous traitons ces deux éléments

4.2.1 Calibration de la volatilité

La volatilité est un vecteur $(\sigma_i)_{1\leq i\leq 20}$, celle que nous utilisons est la volatilité historique. Pour obtenir ce vecteur, nous avons besoin des données sur nos actifs sur les années précédentes. Pour chacun des actifs on va pouvoir obtenir une volatilité mais une question de calibration se pose ici. Quelle plage de date doit-on prendre pour calculer cette volatilité? C'est un des paramètres que peut modifier le gestionnaires, il peut changer la plage de date sur laquelle la librairie calcule la volatilité et relancer la simulation.

4.2.2 Calibration de la matrice de corrélation

La matrice de corrélation est elle aussi calculée grâce aux données passées. Le même problème de calibration se pose et la solution apportée est de laisser le choix au gestionnaire dans la plage de dates sur laquelle calculer la matrice de corrélation. Le gestionnaire pourra ainsi choisir de se restreindre aux deux dernières années s'il considère que les données plus anciennes ne reflètent plus le marché actuel. Lors de son utilisation, on vérifira que la matrice soit bien symétrique (par construction elle l'est) et définie positive. Ce paramètre peut être modifié par le gestionnaire dans le but d'affiner la précision du modèle, si par exemple le gestionnaire estime que les conditions de marché actuelles sont les mêmes que celles des 6 premiers mois de Janvier 2008, il pourra recalibrer le Pricer en calculant la matrice de corrélation et le vecteur de volatilité que sur cette courte période.

5 Le Pricer

5.1 Présentation de l'architecture

Les principales classes et fonctions de notre pricer sont présentées ici.

- ```
  class Equity {
        double value;
        double volatility;
        string name;
  }
  ```

- ```
  Class produit {
        vector <Equity> ListEquit;
        PnlMat * m_historique;
        PnlMat * m_matCor;
        PnlMat * m_matCholCorr;
        PnlVect * m_volatility;
  }
  ```

- ```
  calss MC_Compute {
        PnlRng * m_rng;
        Produit * m_produit;
        Model * m_model;
  }
  ```
  ```

```
/**
* La fonction PriceProduct prend parmi ses paramètres le temps et une matrice
* contenant la valeur de chacun des actifs aux dates de fixing, à partir de
* ces valeurs, la fonction ressort le prix au temps t, qui est la payoff actualisé.
*/
void PriceProduct(int t, const PnlMat * PathFix, ...);

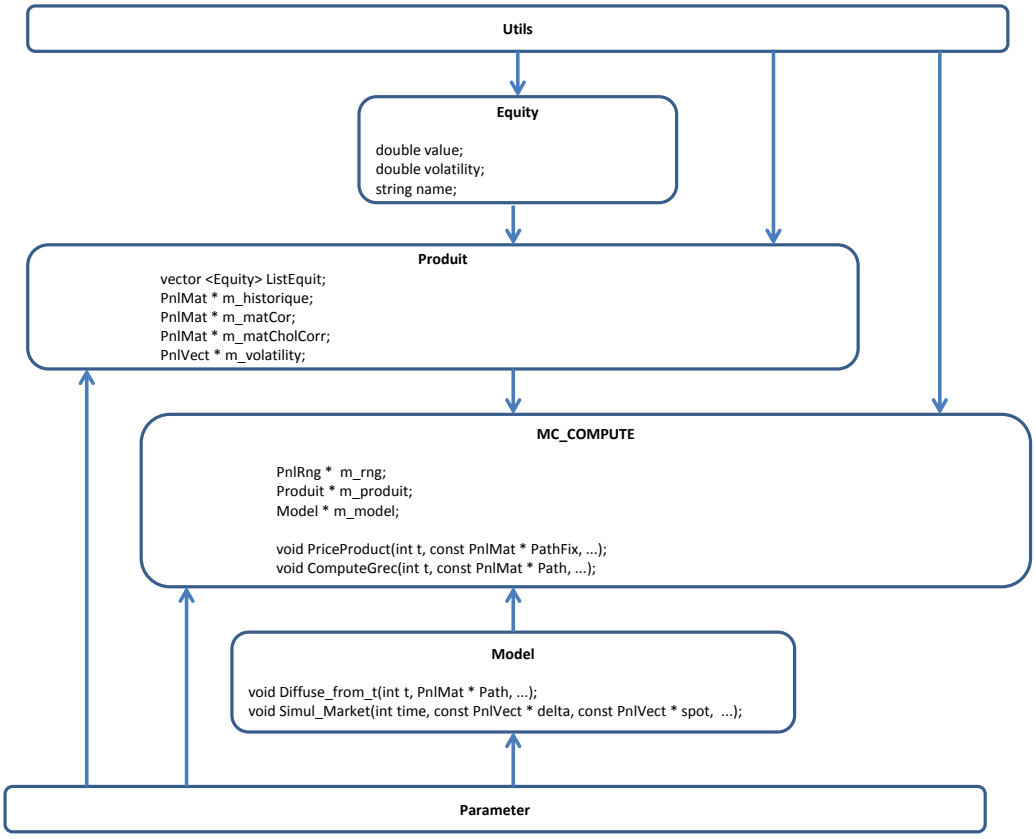
/**
* La fonction ComputeGrec prend en paramètre le temps et la matrice contenant
* la valeur de chacun des actifs à chacune des dates.  La fonction retourne
* un vecteur (Δ_i)_{1≤i≤20} qui représente le delta de l'acitf i à la date précisée
*/
void ComputeGrec(int t, const PnlMat * Path, ...);
}
```

- Class Model {

```
/**
* La fonction Diffuse_from_t prend en paramètre la matrcie path
* remplie jusqu'au temps t des valeurs historiques.
* la fonction remplie la matrice path aux dates de fixing supérieures à t
*/
void Diffuse_from_t(int t, PnlMat * Path, ...);
}

/**
* Les paramètres de la fonction Simul_Market sont les suivants:
* @param time :  le temps
* @param <PnlVect> &vec_delta :  le vecteur des deltas au temps time - 1
* @param vector<double> &vec_priceCouverture :  la composante i de ce vecteur
* est la valeur du portefeuille de couverture au temps i
* @param vector<double> &vec_actifs_risq :  la composante i de ce vecteur
* est la valeur investie dans le portefeuille risqué au temps i
* @param vector<double> &vec_sans_risq :  la composante i de ce vecteur
* est la valeur valeur du portefeuille sans risque au temps i
* @param const PnlVect * delta :  La composante i de ce vecteur
* contient la valeur du delta de l'actif i au temps t
* @param const PnlVect * spot La composante i de ce vecteur
* contient la valeur du delta de l'actif i au temps t
* Cette fonction effectue le rebalancement du portefeuille
*/
void Simul_Market(int time, const PnlVect * delta, const PnlVect * spot, ...);
}
```

Il existe aussi une classe `utils` qui contient plusieurs fonctions utilisées par l'ensemble les autres classes. La classe `Parameter` contient les paramètres du modèle comme par exemple, le drift, le taux d'intérêt ou le nombre de boucles de Monte-Carlo. L'ensemble de ces classes et leur architecture sont résumés dans le schéma suivant:



5.2 Les algorithmes

5.2.1 Algorithme du calcul du prix et du delta

On s'intéresse ici au calcul du prix pour un temps t donné, le pseudo code de ce calcul est le suivant:

```
On récupère dans la matrice Path la valeur des actifs jusqu'au temps t
Pour chaque tirage de Monte-Carlo
      On complète la matrice Path aux dates de fixing ≥ t grâce à diffuse_from_t
      on calcul le payoff actualisé de la matrice path avec la fonction PriceProduct
      payoff+ = payoff
finpour
On divise le payoff par le nombre de tirage
```

Le calcul du δ se fait grâce à l'algorithme précédent par différence finie, sachant calculer le prix à une date donnée en fonction du spot $P(S_t, t)$ on connaît les quantités $\frac{\partial P(S_t,t)}{\partial S_t^i}$ et cette quantité correspond au delta de l'action i au temps t. Le pseudo algorithme suivant explique la formation du delta à un temps t et étant donnée une trajectoire complète.

```
Le resultat est sotcké dans le vecteur (δ_i)_{1≤i≤20}
Pour chaque tirage M de Monte-Carlo
     Pour chaque actif k du panier
          On multiplie par (1+h) la valeur de l'actif k aux dates de fixing ≥ t
          On calcul le prix actualisé issu de cette nouvelle matrice path :  PrixShiftPos
```

```
            On multiplie par 1-h/1+h la valeur de l'actif k aux dates de fixing ≥ t
            On calcul le prix actualisé issu de cette nouvelle matrice path :  PrixShiftNeg
            On multiplie par 1/1-h la valeur de l'actif k aux dates de fixing ≥ t
            δ_k = δ_k + (PrixShiftPos−PrixShiftNeg)/(2 s_t^k h)
      finpour
finpour
On divise le vecteur (Δ_i)_{1≤i≤20} par le nombre de tirage de Monte-Carlo
```

5.2.2 Composition du portefeuille de couverture

Notre protefeuille de couvertue est composé de 21 actifs, 1 actif sans risque rémunéré au taux sans risque et un actif risqué par action qui compose le panier. Le calcul de la composition du portefeuille de couverture est possible grâce à la connaissance des delta et du prix. Soit P_t le prix du produit à l'instant t, δ_t le vecteur des deltas au temps t et S_t le vecteur des prix au temps t. Alors la quantité V_t^{risque} à investir au temps t_i dans le protefeuille risqué est :

$$V_{t_i}^{risque} = \delta_{t_i}.S_{t_i}$$

La quantité en actif sans risque à chaque date est donc la somme de trois éléments:

- la valeur précédente du portefeuille sans risque actualisée
- la valeure de vente en t_{i+1} du portefeuille risqué composé en t_i
- la coût de l'achat en t_{i+1} du portefeuille risqué rebalancé en t_{i+1}

La quantité $V_t^{ssrisque}$ à investir dans le portefeuille au temps t s'écrit donc:

$$V_0^{sans_risque} = \delta_0.S_0$$

$$V_{t_{i+1}}^{ssrisque} = V_{t_i}^{ssrisque} \exp\left(r(t_{i+1} - t_i)\right) - (\delta_{t_i} - \delta_{t_{i-1}}).S_{t_i}$$

La valeur du portefeuille de couverture est la somme des valeurs du portefeuille risqué et du portefeuille sans risque. La composition du portefeuille, c'est-à-dire le pourcentage de chacun des actifs qui compose le portefeuille est disponible.

5.3 Gestion du temps

Le temps a été discrétisé, il existe deux types de discrétisation possibles, la discrétisation journalière et la discrétisation hebdomadaire. Le type de discrétisation est un des paramètres que le gestionnaire peut modifier. Dans les deux discrétisations les dates sont des entiers.

- discrétisation journalière : Les rebalancements de portefeuille sont effectués tous les jours, une date représente donc le nombre de jours qui se sont écoulés depuis le 07/07/09. Dans notre projet, une année est composée de 260 jours. (les week-ends et les jours fériés ne comptent pas)
- discrétisation hebdomadaire : Les rebalancements de portefeuille sont effectués toutes les semaines, une date représente le nombre de semaines qui se sont écoulés depuis le 07/07/09. Il y a 52 semaines dans une année.

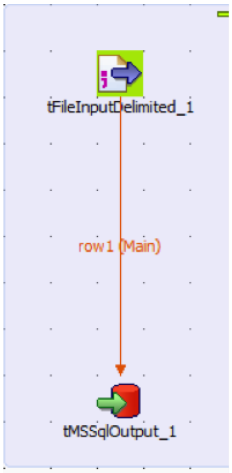
5.4 Acquisition des données

Comme nous l'avons vu précédemment, l'importation des données historiques se fait grâce à différents Job Talend. Talend Big Data est un logiciel Open Source spécialisé dans l'intégration et la gestion des données. Puissant et polyvalent Talend permet la conception de jobs grâce à l'intégration via un environnement de développement graphique. Après avoir conçu un job,

celui-ci est automatiquement généré en Java. Mais ceci est complètement transparent pour l'utilisateur. Dans notre projet nous avons créé quatre jobs ils sont contenus dans le dossier "Talend", ils sont décrits et accompagnés d'un schéma ici:

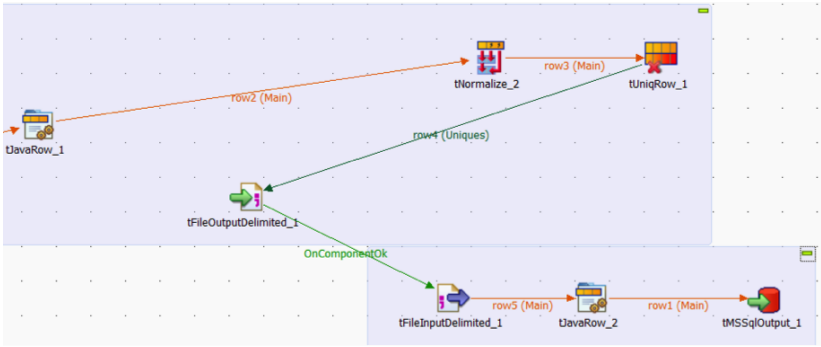
- « HTML_UNITLoad » qui permet le chargement de dépendance complémentaire. Ces dépendances permettent de récupérer une page Web et d'en extraire les données.

- « AssetsInfo » qui permet le chargement du produit. Nous possédons un csv contenant la liste des différents actifs et informations sur les actifs qui composent notre produit. Cette liste va être chargée en base en base de données.



- « main » qui va récupérer l'ensemble de la composition de notre produit en base de données et rechercher pour chaque actif qui le compose sur le site internet Google Finance les données associées. Une fois ces données récupérées, mises en forme et parsées, il va stocker en base de données la date (sur une période de 10 ans) ainsi que le cours de clôture

pour chaque actif. Il est tout à fait possible de faire lancer ses Jobs tous les jours pour avoir une base de données quasi en temps réel.



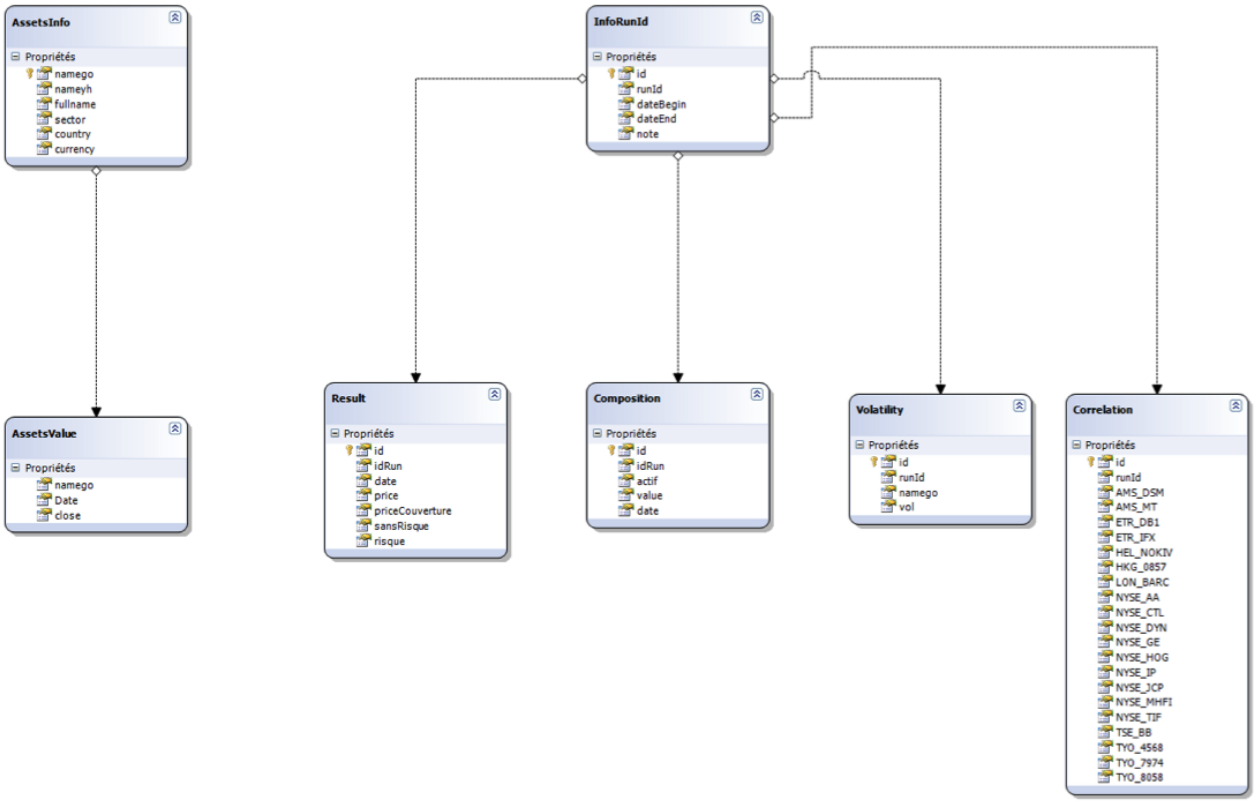
Ce job plus complexe va récupérer les cours qui nous seront utiles, les formater et les mettre en base de données. Nous utilisons un web client contenu dans « tJavaRow_1 » qui va se connecter à google finance, récupérer la page demandée en fonction de l'actif, parser les pages au moyen de chemin XPath. Ces données seront normalisées et triées avec « tNormalize_2 » et « tUniqRow_1 ». Tout est alors stocké dans un fichier csv. Ce fichier csv sera lu par « tFileInputDelimited_1 » et chaque ligne sera insérée en base de données grâce à l'élément « tMSSqlOutput_1 ». Nous n'avions pas besoin d'utiliser un fichier csv tampon, mais celui nous permet avec une très grande facilité de faire de la conversion de type.

- « run » qui va lancer tous les jobs dans le bon ordre.

L'avantage principal de cette solution est qu'elle est complètement autonome, en effet pour récupérer tous les cours dont nous avons besoin, il suffit simplement de modifier le fichier « AssetsInfo.csv » et de relancer les Jobs (un simple clic). Une fois terminée la base de données sera à jour. Cette solution est aussi très robuste en effet Talend Big Data comme son nom l'indique a été conçu pour manager une quantité énorme de données. Chez nous cette quantité reste faible nous avons au final que 52000 lignes de cours en base après exécution.

5.5 Base de données

Concernant la base de données, nous avons mis en place en base en plus de celle automatiquement générée par Visual Studio lors de la création d'un projet ASP.Net une base contenant 7 tables. Cette partie se focalisera sur l'explication des différentes tables ainsi que les choix de conception. La base de données est un point très important car elle contient notre produit, les informations sur celui-ci, les cours, les différents résultats de diffusion, les différents calculs de matrice de variance/covariance et de corrélation, ainsi que la composition du portefeuille pour chaque temps et pour chaque Run de chaque utilisateur.



Nous pouvons couper en deux groupes la composition de notre base de données. Le premier groupe composé « d'AssetInfo » et de « d'AssetsValue » correspond aux tables remplies par nos Jobs Talend. La première table chargée est « AssetInfo » qui contient les informations sur notre produit. La seconde table AssetsValue contient les cours de clôture.

- AssetInfo :
  Namego : nom Google de l'actif.
  Nameyh : nom Yahoo de l'actif.
  FullName : nom complet.
  Sector : secteur d'activité.
  Country : pays de domiciliation.
  Currency : type de devise de l'actif.

- AssetsValue :
  Namego : nom google de l'actif sert de clef étrangère.
  Date : date à laquelle la valeur de clôture est rattachée.
  Close : valeur de clôture

Les tables de résultats sont composées de « InfoRunId » qui contient des informations sur le run, « Result » qui contient les résultats de pricing, « Composition » qui contient les pourcentages de chaque actif à chaque date, « Volatility » contient les vecteurs de volatilité et « Correlation » qui contient la matrice de corrélation. Toutes ces tables sont remplies après le lancement d'un nouveau run. Les tables « Volatility » et « Correlation » sont calculées en amont du pricing. La Composition des tables est la suivante:

- InfoRunId :
  runId : id du run.
  dateBegin : date de début historique.

dateEnd : date de fin historique.
note : note.

- Result :
  idRun : id du run.
  date : Date à laquelle correspond, les calculs.
  price : prix du produit.
  priceCouverture : prix de couverture.
  sansRisque : quantité de sans risque.
  risqué : quantité de risqué.

- Composition :
  idRun : id du run.
  actif : nom de l'actif.
  value : pourcentage de l'actif qui compose notre portefeuille à la date t.
  date : Date à laquelle correspond le résultat.

- Volatitlity: permet de stocker un vecteur de volatilité en fonction d'un run et d'un actif.

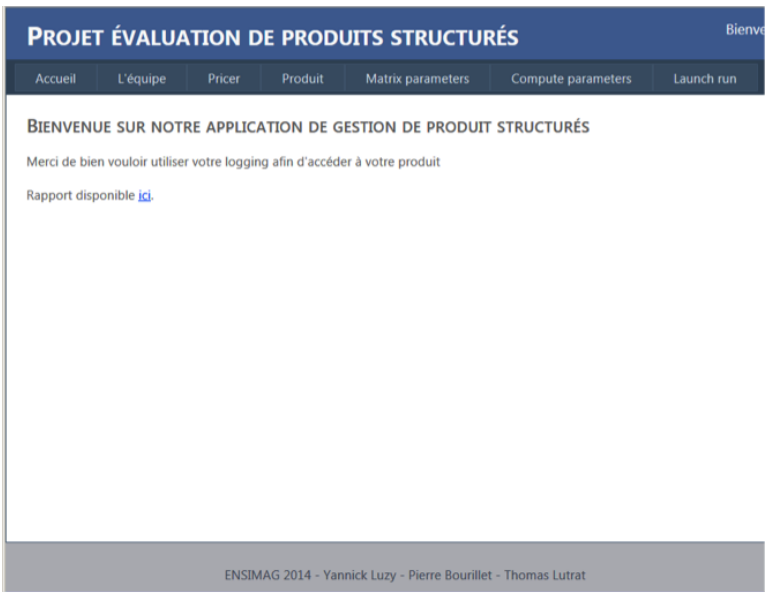
- Correlation: permet de stocker une matrice de corrélation en fonction d'un run et d'actifs.

6 Utilisation de l'application

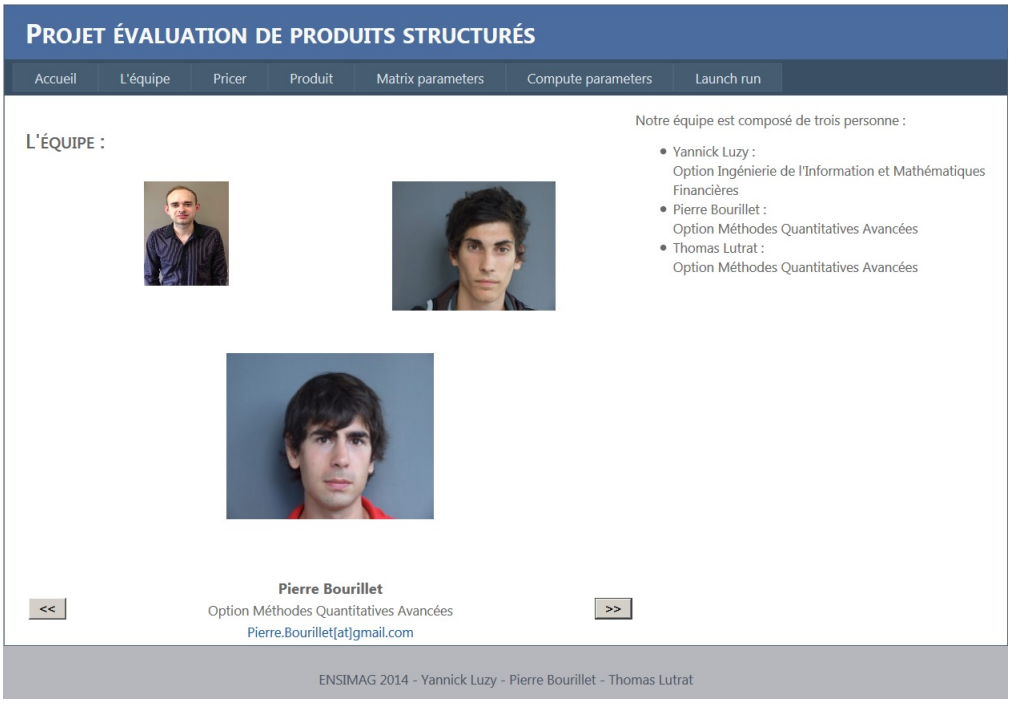
6.1 interface

Notre application est développée en ASP.net, nous avons 8 pages web disponibles.

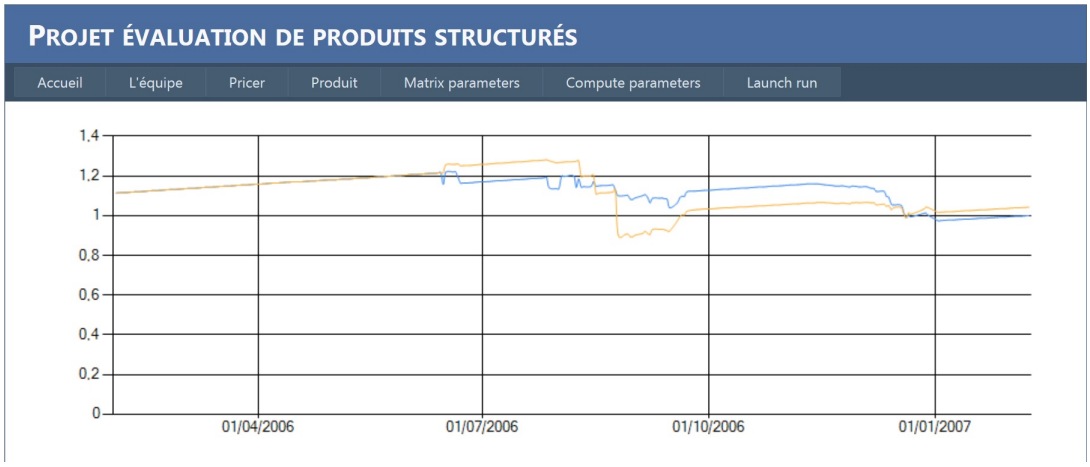
- Une page d'accueil, où nous pouvons télécharger le rapport.



- Une page de présentation de l'équipe.



- Une page permettant de visualiser les résultats du pricer. Sur cette page nous pouvons visualiser le graphe de résultat contenant, prix et prix de couverture. Nous possédons une liste de dates qui nous permet de savoir la quantité de chaque actif à une date donnée dans le portefeuille. Pour chaque date nous avons aussi le poids du portefeuille sans risque et risqué.



Date range : 12/12/2006 00:00:00

actif	value
AMS:DSM	0
AMS:MT	0
ETR:DB1	19,4606265253225
ETR:IFX	0
HEL:NOK1V	12,3995988136686
HKG:0857	0
LON:BARC	19,5270534090723
NYSE:AA	7,63242731776972
NYSE:CTL	0
NYSE:DYN	0
NYSE:GE	20,5263596278186
NYSE:HOG	0
NYSE:IP	0
NYSE:JCP	19,9053144642613
NYSE:MHFI	0,548619842086982
NYSE:TIF	0
TSE:BB	0
TYO:4568	0
TYO:7974	0
TYO:8058	0

- Une page permettant de visualiser notre produit structuré sur lequel porte notre projet et qui montre les différentes informations que nous possédons sur notre produit.

PROJET ÉVALUATION DE PRODUITS STRUCTURÉS

Accueil | L'équipe | Pricer | Produit | Matrix parameters | Compute parameters | Launch r

Le produit structuré est basé sous les sous-jacents suivant :

Google	Yahoo	Name	Sector	Country	Currency
NYSE:AA	AA	Alcoa Inc	Mining	United States	USD
AMS:MT	MT.AS	ArcelorMittal	Iron/Steel	Luxembourg	EUR
LON:BARC	BARC.L	Barclays PLC	Banks	Britain	GBX
TYO:4568	4568.t	Daiichi Sankyo Co Ltd	Parmaceuticals	Japan	JPY
ETR:DB1	DB1.DE	Deutsche Boerse AG	Diversified Finan Serv	Germany	EUR
NYSE:DYN	DYN	Dynegy Inc	Electric	United States	USD
NYSE:GE	GE	General Electric Co	Miscellaneous Manufactur	United States	USD
NYSE:HOG	HOG	Harley - Davidson Inc	Leisure Time	United States	USD
ETR:IFX	IFX.F	Infineon Technologies AG	Semiconductors	Germany	EUR
NYSE:IP	IP	International Paper Co	Forest Products&Paper	United States	USD
NYSE:JCP	JCP	JC Penney Co Inc	Retail	United States	USD
AMS:DSM	DSM.AS	Koninklijke DSM NV	Chemicals	Pays-Bas	EUR
NYSE:MHFI	MHFI	McGraw- Hill Cos Inc/The	Media	United States	USD
TYO:8058	8058.T	Mitsubishi Corp	Distribution/Wholesale	Japan	JPY
TYO:7974	7974.T	Nintendo Co Ltd	Toys/Games/Hobbies	Japan	JPY
HEL:NOK1V	NOK1V.MI	Nokia OYJ	Telecommunications	Finlande	EUR
HKG:0857	0857.HK	PetroChina Co Ltd	Oil&Gas	Chine	HKD
NYSE:CTL	CTQ	Qwest Communications International Inc	Telecommunications	United States	USD
TSE:BB	BB.TO	Research In Motion Ltd	Computers	Canada	CAD
NYSE:TIF	TIF	Tiffany & Co	Retail	United States	USD

ENSIMAG 2014 - Yannick Luzy - Pierre Bourillet - Thomas Lutrat

- Une page permettant de visualiser les paramètres de calibration comme la matrice de corrélation historique et la volatilité historique

Please select your volatility and correlation run :

6

LES PARAMÈTRES SUIVANT ON ÉTÉ CALCULER AVEC :

Begin date : 01/01/2004 00:00:00

End date : 01/01/2006 00:00:00

Note (please modify) : correct

Correlation matrix :

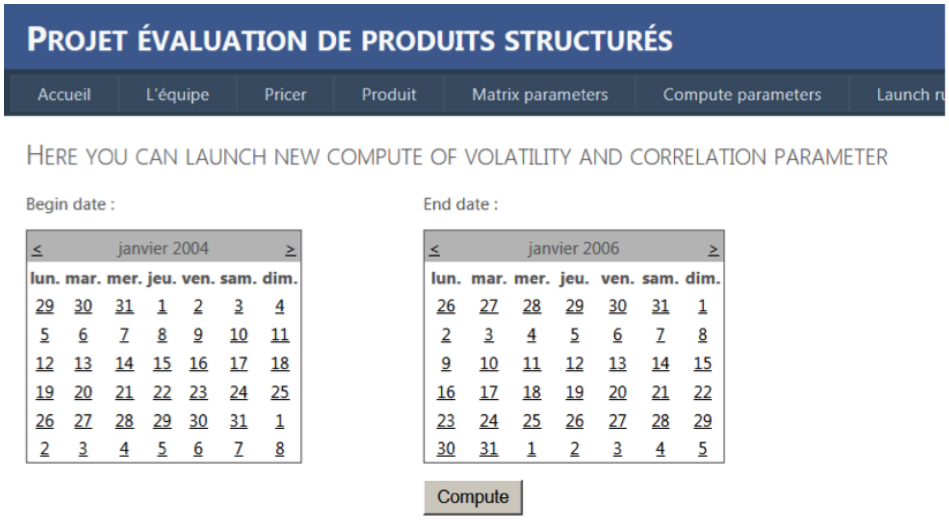
AMS:DSM	AMS:MT	ETR:DB1	ETR:IFX	HEL:NOKIV	LON:BARC	NYSE:AA	NYSE:CTL	NYSE:DYN	NYSE:GE	NYSE:HOG	NYSE:IP	NYSE:JCP	NYSE:MHFI
1,0000	0,0397	0,0109	0,0486	0,0118	0,0414	0,0172	0,0166	0,0445	-0,0055	0,0048	0,0317	0,0425	-0,0109
0,0397	1,0000	0,0620	0,1579	0,1314	0,1707	0,1615	0,0633	0,0508	0,0094	0,0501	0,0837	0,0706	-0,0352
0,0109	0,0620	1,0000	0,2739	0,2472	0,2187	0,1129	0,0818	0,1115	0,0553	0,0486	0,1246	0,0823	-0,0521
0,0486	0,1579	0,2739	1,0000	0,4425	0,3245	0,1438	0,0601	0,1206	0,0911	0,1125	0,1351	0,1255	-0,0413
0,0118	0,1314	0,2472	0,4425	1,0000	0,2790	0,1160	0,0773	0,1256	0,1006	0,1122	0,1255	0,1054	-0,0159
0,0414	0,1707	0,2187	0,3245	0,2790	1,0000	0,0698	0,1446	0,0759	0,0689	0,0156	0,0738	0,0430	-0,0213
0,0172	0,1615	0,1129	0,1438	0,1160	0,0698	1,0000	0,2237	0,2101	0,4067	0,3444	0,5430	0,2910	0,0254
0,0166	0,0633	0,0818	0,0601	0,0773	0,1446	0,2237	1,0000	0,1134	0,2267	0,1878	0,1844	0,1082	-0,0184
0,0445	0,0508	0,1115	0,1206	0,1256	0,0759	0,2101	0,1134	1,0000	0,1862	0,0834	0,2069	0,1362	0,0488
-0,0055	0,0094	0,0553	0,0911	0,1006	0,0689	0,4067	0,2267	0,1862	1,0000	0,3211	0,4207	0,2815	0,0515
0,0048	0,0501	0,0486	0,1125	0,1122	0,0156	0,3444	0,1878	0,0834	0,3211	1,0000	0,3394	0,2697	0,0470
0,0317	0,0837	0,1246	0,1351	0,1255	0,0738	0,5430	0,1844	0,2069	0,4207	0,3394	1,0000	0,2693	0,0319
0,0425	0,0706	0,0823	0,1255	0,1054	0,0430	0,2910	0,1082	0,1362	0,2815	0,2697	0,2693	1,0000	0,0172
-0,0109	-0,0352	-0,0521	-0,0413	-0,0159	-0,0213	0,0254	-0,0184	0,0488	0,0515	0,0470	0,0319	0,0172	1,0000
0,0202	-0,0071	0,2054	0,2291	0,1216	0,1149	0,3290	0,1808	0,1473	0,3500	0,2156	0,2804	0,3719	0,0093
0,0058	-0,0531	0,0799	0,0838	0,1022	0,0288	0,0947	0,0363	0,0230	0,1397	0,1080	0,1043	0,0644	-0,0074
0,0454	0,1568	0,0327	0,1331	0,0052	0,0540	0,1373	0,0517	0,0959	-0,0816	0,0072	0,0100	0,0281	-0,0072
0,0679	0,0920	0,0345	0,0198	-0,0295	0,0797	0,0158	0,0675	0,0717	-0,0025	-0,0211	-0,0441	0,0233	-0,0444

Volatility vector :

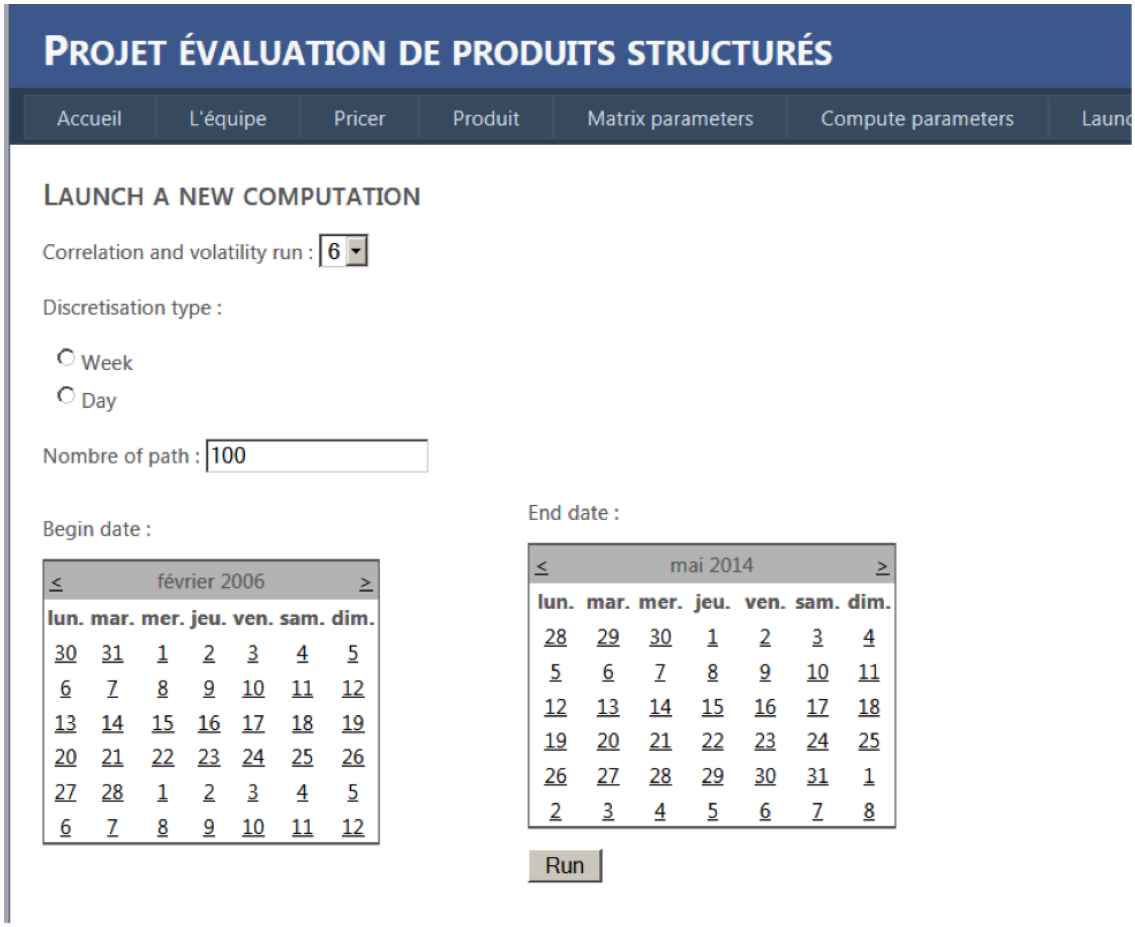
vol	namego
0,00200404950476031	AMS:DSM
0,00232769572820838	AMS:MT
0,000802041128233526	ETR:DB1
0,00110900909941289	ETR:IFX
0,00120635816613551	HEL:NOK1V
0,00071965984015501	LON:BARC
0,000981022326119244	NYSE:AA
0,000802458427686385	NYSE:CTL
0,00162385352518541	NYSE:DYN
0,000584525771134889	NYSE:GE
0,00099295737275395	NYSE:HOG
0,000783037936830058	NYSE:IP
0,00104949791216804	NYSE:JCP
0,00198467089385831	NYSE:MHFI
0,00119299294831623	NYSE:TIF
0,00254686038277848	TSE:BB
0,00108445833342687	HKG:0857
0,000952968303712647	TYO:7974
0,0010606118216587	TYO:8058
0,000907123391747788	TYO:4568

- Une page permettant de relancer un calcul de volatilité et de corrélation historique. Pour se faire l'utilisateur doit cliquer sur une date de début et une date de fin et terminer par un clic sur le bouton « Compute ». Une nouvelle matrice et un nouveau vecteur seront

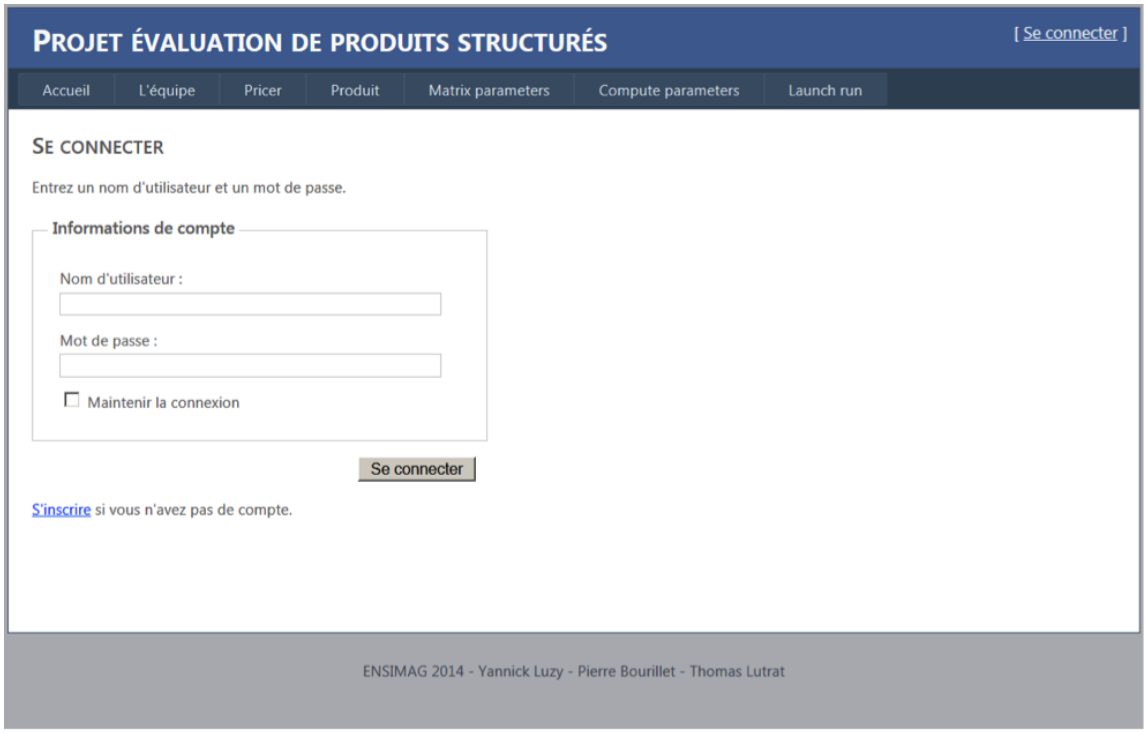
calculés entre ces deux dates et le résultat sera stocké en base de données. Le gestionnaire de portefeuille effectue cette opération lorsqu'il souhaite recalibrer son modèle.



- La dernière page « Launch Run » nous permet de lancer un nouveau calcul de prix. Pour se faire l'utilisateur doit choisir la matrice de corrélation qu'il souhaite utiliser ainsi que le vecteur de volatilité. Il doit aussi choisir le type de discrétisation qu'il veut au niveau du temps. Nous avons la possibilité de choisir « Week » et « Day ». L'utilisateur peut aussi choisir le nombre de path qu'il souhaite donner au run de pricing. Il doit aussi renseigner une date de début et une date de fin, qui correspondent aux dates de vie du produit. Il est bien entendu nécessaire de choisir des dates qui ne sont pas dans l'intervalle des dates qui ont servi à calculer la matrice de corrélation et le vecteur de volatilité. Après avoir rentré les différents paramètres, l'utilisateur doit cliquer sur le bouton « Run » et la libraire de calcul sera appelée. Les résultats seront stockés en base de données et visibles dans l'onglet « Pricer ».



- Les différentes pages « Pricer », « Produit » « Matrix parameters », « Compute parameters » et « Launch Run » sont visibles uniquement si l'utilisateur est authentifié. L'utilisateur se connecte et se déconnecte via la page de connexion/déconnexion suivante:



6.2 paramètres utilisateurs

Pour permettre au gestionnaire de portefeuille de paramétrer le pricer, une page de notre interface a été crée, c'est la page "compute parameters". L'ensemble des paramètres modifiables par l'utilisateur est listée ici.

- Le nombre de tours de Monte-Carlo
- Le type de discrétisation
- La plage de temps sur la quelle calculer la matrice de corrélation historique et le vecteur de volatilité historique.

7 Analyse des résultats

7.1 performance

Notre application au niveau de la performance est très robuste, en effet nous n'avons décelé aucune fuite de mémoire. L'application peut tourner plusieurs jours sans augmentation d'utilisation mémoire. Nous avons utilisé "Visual leak detector" pour nous générer un rapport à la fin de l'application pour visualiser si nous avions de la mémoire non désalouée. Nous avons aussi vérifié pendant toute la durée de run si l'utilisation mémoire augmentait. Chose qui s'est révélée négative. Au niveau du temps de calcul nous avons essayé d'optimiser un maximum notre code. Les temps de calcul en secondes pour les deux types de discrétisation et pour différents nombres de boucle de Monte-Carlo sont résumés dans le tableau suivant:

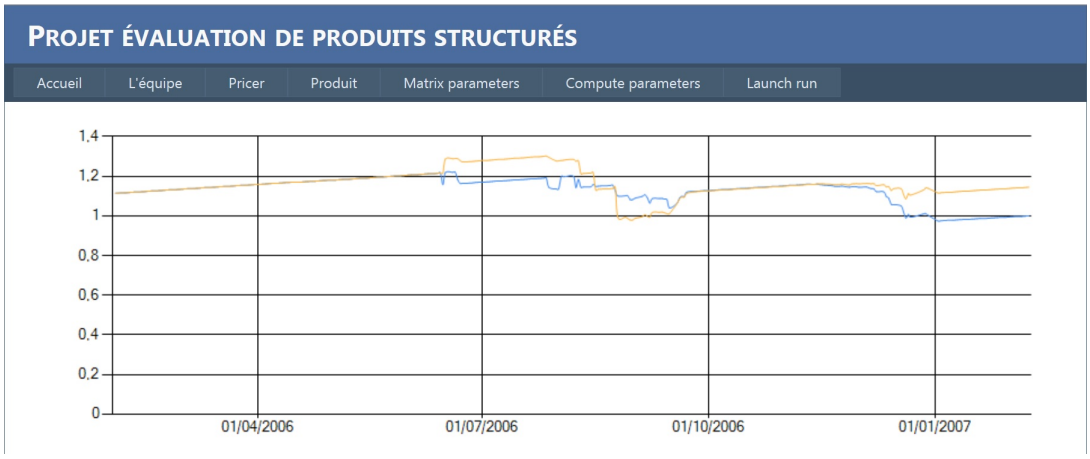
Nombre de tour de boucle de Monte-Carlo	10	100	1000	5000
Discrétisation journalière	34.7	174.4	1572	7903.4
Discrétisation quotidienne	6.4	30.1	267.9	1319.5

7.2 Pertinence des résultats

Pour analyser la pertinence de nos résultats, nous allons afficher les courbes de prix et les courbes de couverture pour différents paramètres. On peut faire varier le type de discrétisation, le nombre de boucles de Monte-Carlo et les paramètres de calibration.

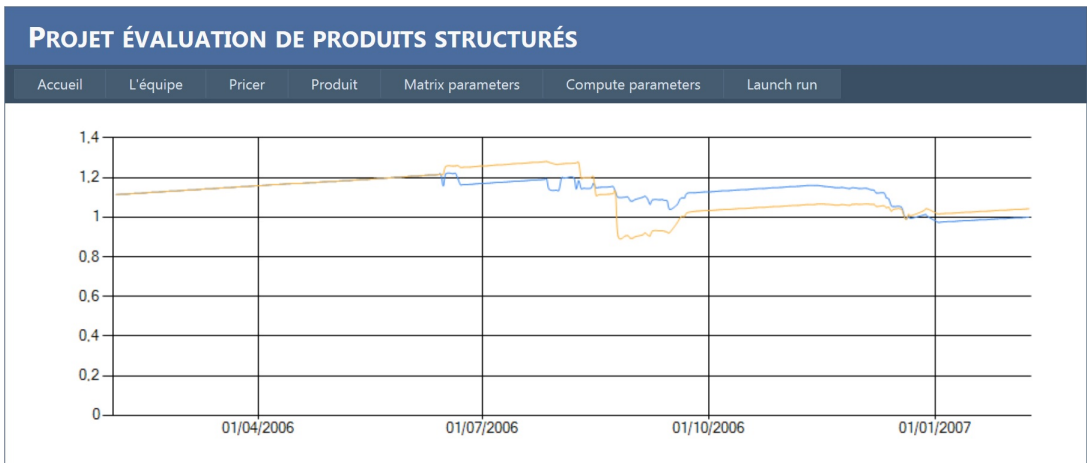
7.2.1 Résultats avec une discrétisation hebdomadaire

- Prix et couverture avec 100 boucles de Monte-Carlo



Le premier résultat que l'on présente est la valeur du portefeuille de couverture et le prix du produit avec 100 boucles de Monte-Carlo. On observe une erreur de couverture de 15% et plusieurs anomalies, pour mieux analyser ce résultat nous allons réobserver le résultat mais en augmentant le nombre de boucles de Monte-Carlo.

- Prix et couverture avec 5000 boucles de Monte-Carlo

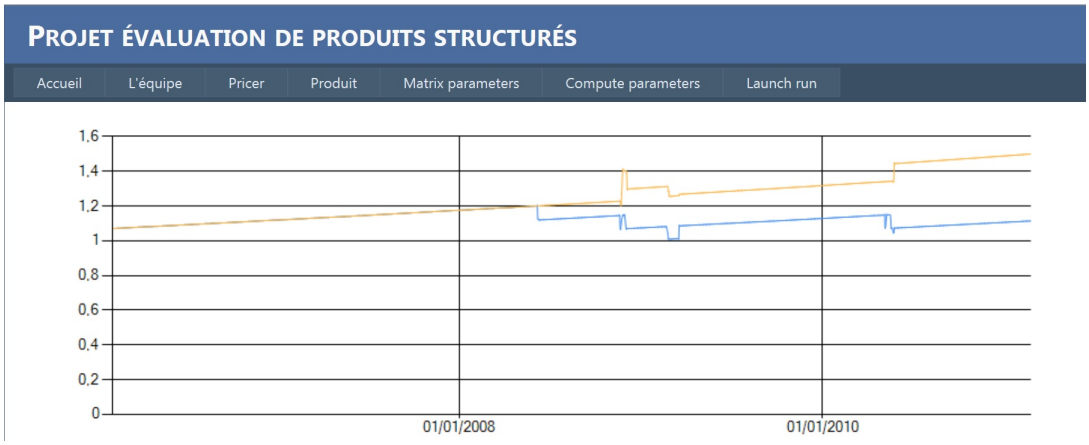


Voilà le résultat obtenu pour une discrétisation hebdomadaire avec 5000 boucles de Monte-Carlo. Le résultat permet d'analyser le produit mais présente malheureusement des dysfonctionnements.
Notre simulation montre que le produit sort à la maturité, la courbe de prix est cohérente avec ce que l'on attend, on remarque qu'il varie de façon plus importante lorsque l'on s'approche d'une date de fixing et qu'il ne dépasse jamais 1,23 CZK. Nous sommes étonnés de voir un prix qui est une fonction affine du temps jusqu'à la date 96 mais après

réflexion, cela nous apparaît normal : les deltas de tous les actifs sont nuls jusqu'à cette date car dans chacune des boucles de Monte-Carlo, il y a remboursement anticipé en t_1. Le portefeuille de couverture est alors uniquement composé du portefeuille sans risque. On remarque que la couverture suit (grossièrement malheureusement) la courbe de prix. L'erreur de couverture est ici de 3%

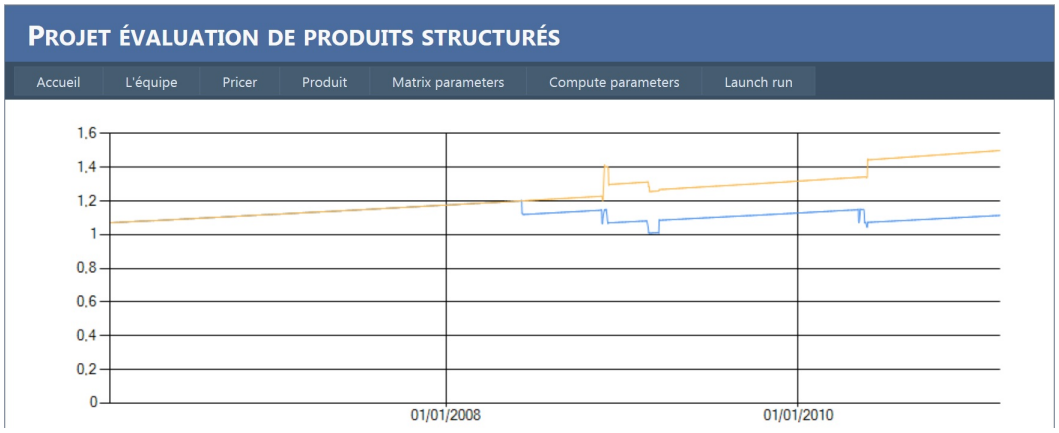
7.2.2 Résultats avec une discrétisation journalière

- Discrétisation journalière avec 100 boucles de Monte-Carlo



On peut voir sur cette courbe que la couverture suit exactement le prix du produit KB AKCENT jusqu'à une certaine date. La discrétisation est ici journalière, c'est pour cela que la courbe est souvent très lisse. On observe qu'à partir d'un certain point la couverture et le prix divergent. La valeur du portefeuille de couverture ne cesse d'augmenter car il semble que le portefeuille de couverture est en majorité composé de l'actif sans risque et ponctuellement d'actifs risqués. Le prix du produit ne dépasse jamais 1.23 CZK, ce qui est cohérent avec le payoff du KB AKCENT. En observant la courbe, on voit que l'horizon d'investissement est de 5 ans c'est à dire la durée maximale du produit.

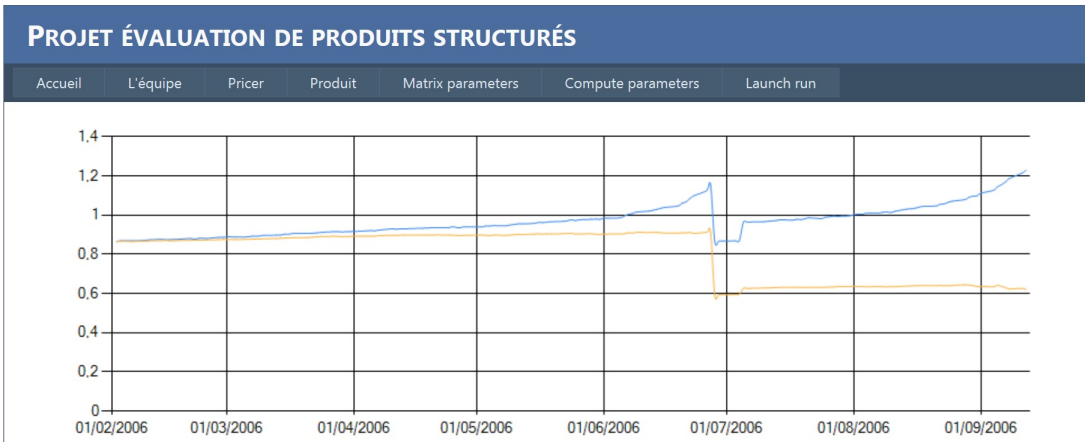
- discrétisation journalière avec 1000 boucles de Monte-Carlo



On remarque que le nombre de path utilisés dans la boucle de Monte Carlo n'a que très peu d'effet sur la courbe par rapport à la précédente. Il semble que les conclusions soient les mêmes aux dates près.

7.2.3 Etude d'une courbe choquée

Pour permettre au gestionnaire de mieux comprendre la réaction du produit aux différents évenements de marché, nous présentons ici une courbe choquée. A une certaine date, nous avons manuellement divisé par 10 la valeur d'un actif et observons les conséquences en terme de couverture et de prix. Dans cette simulation seulement 4 actifs sont représentés. On remarque que lorque les actifs sont choqués (à la date 99), le prix du produit chute, le prix de la couverture chute aussi et le choc induit un décalage entre la couverture et le prix du produit. Cet écart ne sera jamais compensé par la suite. Grâce à ce graphique, le gestionnaire peut voir que son produit est très sensible à la chute du cours d'un actif, la baisse d'un seul de ces actifs entraîne une baisse importante du prix du produit et une erreur de couverture importante mais cette erreur de couverture est liée à notre modèle.



7.2.4 Conclusion sur nos résultats

Les résultats que l'on obtient sont convaincants pour une discrétisation hebdomadaire malheureusement ce n'est pas le cas pour la discrétisation journalière. Nous conseillons donc au gérant de plutôt utiliser la discrétisation hebdomadaire. L'étude de courbes choquées est un outil important pour le gérant qui peut ainsi comprendre comment réagit le produit aux évènements de marché.

8 Conclusion

Ce projet nous a permis de développer notre faculté d'adaptation à travers l'utilisation de nouveaux outils technologiques répondant aux besoins du projet. Nous ne sommes pas convaincus de la pertinence de notre couverture dans le cas de la discrétisation journalière, malgré ce dysfonctionnement, nos résultats sont exploitables, interprétables et utiles pour un gestionnaire de portefeuille. Notre interface est fonctionnelle et notre récupération de données optimale. Nous nous sommes heurtés à deux types de problématiques: financières et informatiques L'hétérogénéité de notre groupe bien que consommatrice en temps, nous a permis d'améliorer nos compétences et de résoudre plus facilement les problèmes rencontrées.