

Dossier de Candidature au poste de Maître de Conférences N°4073

Noufel Frikha, Ecole Polytechnique

Numéro de qualification (section 26, année 2011) : 11226218801

Table des matières

1	Curriculum Vitae détaillé	2
2	Liste de contributions	6
3	Description synthétique de mon activité	7
4	Activités de recherche	9
5	Programme de recherche	15
6	Lettres de recommandation	18

1 Curriculum Vitae détaillé

Nom : Frikha

Prénom : Noufel

Date et Lieu de naissance : Né le 25 Janvier 1982 à Paris 11ème arrondissement

Sexe : Masculin

Nationalité : Française

Adresse postale : 11 rue du bac d'Asnières,
92110 Clichy La Garenne

Téléphone : 01.55.90.96.83
06.58.81.17.73

Adresse électronique : frikha.noufel@gmail.com

Page Web personnelle : <http://www.proba.jussieu.fr/pageperso/frikha/>

Diplômes

▷ Doctorat

Intitulé : Contribution à la modélisation et à la gestion dynamique du risque des marchés de l'énergie.

Date de soutenance : 01/12/2010

Directeur de thèse : Gilles Pagès

Etablissement ayant délivré la thèse : Université Pierre et Marie Curie

Organisme d'accueil : Laboratoire de Probabilités et Modèles Aléatoires et Direction de la Recherche et de l'Innovation de GDFSUEZ

▷ Master II :

Intitulé : Probabilité & Finance, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI. Mention Assez Bien.

Date : 09/2006 - 09/2007.

Etablissement ayant délivré le diplôme : Université Pierre et Marie Curie, Paris VI.

Organisme où s'est déroulé le stage : Direction de la Recherche et de l'Innovation, GDFSUEZ.

▷ Diplôme Ingénieur :

Intitulé : Formation à l'Ecole Nationale Supérieure d'Informatique et de Mathématiques de Grenoble (ENSIMAG), filière Mathématique Financière. Mention Bien.

Date : 09/2003-09/2006.

Etablissement ayant délivré le diplôme : ENSIMAG.

Organisme où s'est déroulé le stage : Pricing Partners.

Parcours Professionnel

▷ Situation professionnelle actuelle :

Statut et fonction : Chargé d'enseignements.

Adresse professionnelle : Ecole Polytechnique, Centre de mathématiques appliquées
Route de Saclay, 91128 Palaiseau

Téléphone : 01.69.33.46.27

Date d'entrée en fonction : 09/2011

▷ Expériences professionnelles antérieures

03/2011-09/2011 : Consultant Recherche à la Direction de la Recherche de *GDFSUEZ*.

03/2008-03/2011 : Collaboration (bourse CIFRE) à la Direction de la Recherche de *GDFSUEZ*.

Encadrement d'activités de recherche

Co-encadrement du stage de fin de master II de Moritz Voss au sein de la direction de la recherche et de l'innovation de GDFSUEZ. Sujet : Valorisation d'options swing par quantification vectorielle optimale. Le but du stage était la prise en compte d'une moyenne mobile sur pétrole et indice pétroliers dans la formule de valorisation d'une option swing. Cela pose des difficultés numériques dues à la dimension des sous-jacents.

Responsabilités collectives

Je suis rapporteur pour les Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. Je suis également en charge de l'organisation du groupe de travail "Modèles Stochastiques en finance" qui a lieu tous les lundi matin de 09h45 à 12h00 au CMAP (Ecole Polytechnique).

Collaborations

- Collaboration avec Vincent Lemaire, maître de conférence à l'Université Pierre et Marie Curie. Publication : *Joint modelling of gas and electricity spot prices*, à paraître dans Applied Mathematical Finance.
- Collaboration avec Abass Sagna, maître de conférence à l'Université d'Evry. Publication : *Quantization based recursive importance sampling*
- Collaboration avec Stéphane Menozzi, maître de conférence à l'Université Denis Diderot, Paris VII. Travail en cours sur les schémas numériques pour les équations Forward-Backward.

Enseignement

- 2011–2012** Chargé d'enseignements à l'Ecole Polytechnique :
- Chargé de travaux dirigés MAP551 Probability theory for financial economics (cours dispensé en anglais), tuteur : Mathieu Rosenbaum.
 - Encadrement (+soutenances) de 5 binômes constitués d'élèves de troisième année pour des Enseignements d'Approfondissement (EA). Durée des projets : environ 4 mois. Proposition de plusieurs sujets :
 - ▷ Introduction aux marchés de l'énergie : modélisation des prix spot et gestion du risque
 - ▷ Contrôle et gestion du risque financier : estimation de la VaR et de la CVaR.
 - ▷ Méthodes de réduction de variance pour l'estimation d'espérance.
 - ▷ Méthode de quantification vectorielle optimale : théorie et pratique.
 - ▷ Valorisation d'option américaine par quantification optimale.
 - Projet Scientifique Collectif : Encadrement de 2 groupes d'élèves de deuxième année. Durée des projets : environ 8 mois.
- Enseignements au second semestre :
- Modal MAP441 (dirigé par E. Gobet) : Encadrement de 3 binômes.
 - Modal MAP311 (dirigé par S. Méléard) : TP + projets Scilab.
- 2010–2011** TD à l'Université d'Evry Val d'Essonne L1 (filière, Maths-Info) au sein du module Algèbre Linéaire dirigé par Hocine Sadi. (18h)
- Chargé de Travaux Dirigés à l'ENSAE en deuxième année, au sein du module *Introduction aux mathématiques financières* dirigé par Romuald Elie. (10h)
- 2009–2010** Chargé de Travaux Dirigés en L1 au sein du module *Calcul vectoriel et matriciel* dirigé par Jacques Féjoz de l'Université Pierre & Marie Curie (Paris VI). (72h)

Diffusion de l'information scientifique

- Participation à la conférence Horizon-Maths (conférencier plénier) qui a pour but de favoriser les interactions entre les chercheurs du monde universitaire et les industriels. Titre de l'exposé : Quelques considérations autour des événements rares. Organismes : Fondation Sciences Mathématiques de Paris et AREVA. Date : 12/12/2011, lieu : AREVA, La Défense, Paris.
- Participation à l'écriture de l'ouvrage : *Global derivatives, Products, Theory & Practices*, World Scientific Publishing Company, édité par Eric Benhamou (Pricing Partners, France), 2007. <http://www.worldscibooks.com/economics/6048.html>.
Ecriture des chapitres :
 - ▷ Chapitre 1, Introduction to Financial Markets, p.1-10.
 - ▷ Chapitre 4, Introduction to Financial Markets, p.79-98.
 - ▷ Annexe B, Monte Carlo, p.337-357.

Eléments divers

Compétences Informatiques

- Maîtrise des langages : C, C++, C sharp, Java.

- Outils scientifiques : Latex, Maple, Html.
- Logiciels scientifiques : R, Scilab, Matlab

Conférences - Séminaires - Workshop

- Colloque Horizon-Maths 2011 (conférencier plénier), Fondation Sciences Mathématiques de Paris et AREVA. Titre de l'exposé : Quelques considérations autour des événements rares. Décembre 2011.
- Séminaire Probabilités-Statistiques-Contrôle, ENSTA, Novembre 2011.
- Séminaire de la Chaire Finance et Développement Durable & du Laboratoire de Finance des Marchés d'Energies, Octobre 2011.
- Université Marne La Vallée, Groupe de travail des thésards, Avril 2011.
- Groupe de travail "Modèles Stochastiques en Finance", CMAP, Ecole Polytechnique, Mars 2011.
- Université Marne La Vallée, Groupe de travail Modélisation stochastique et Finance, Mars 2011.
- Groupe de travail "Probabilités Numériques et Finance", UPMC, Paris VI et Paris VII, Février 2011.
- Groupe de travail, Chaire Risque de Crédit, Université d'Evry Val d'Essonne, Février 2011.
- Conférence sans comité de lecture, Modeling and Managing Financial Risks - Paris, Janvier 2011.
- Neuvième Colloque *Jeunes Probabilistes et Statisticiens* - Le Mont Dore, Mai 2010.

Langues : Français, Anglais, Arabe (Notion).

2 Liste de contributions

Toutes les publications suivantes ainsi que ma thèse sont disponibles sur ma page personnelle : <http://www.proba.jussieu.fr/pageperso/frikha>.

Publications parues dans des revues internationales

- Computing VaR and CVaR using Stochastic Approximation and Adaptive Unconstrained Importance Sampling, paru dans *Monte Carlo Methods and Applications*, (2009), 15(3) : pp. 173-210 avec O. Bardou et G. Pagès.
- Joint modelling of Gas and Electricity spot prices, avec V. Lemaire, accepté pour *Applied Mathematical Finance*.
- CVaR hedging using quantization based stochastic approximation algorithm, *prépublication PMA-1403*, (2010) avec O. Bardou et G. Pagès. En cours de révision pour *Mathematical Finance*.

Conférences internationales avec comités de lecture

- Recursive Computation of Value-at-Risk and Conditional Value-at-Risk using MC and QMC, paru dans *Monte Carlo and Quasi-Monte Carlo Methods 2008*, (2009), Part 3, pp. 193-208 avec O. Bardou et G. Pagès. Rapporteur : Pierre l'Ecuyer.

Prépublications soumises dans des revues internationales

- Quantization based recursive importance sampling, (2011) avec A. Sagna, soumis pour publication.
- Shortfall risk minimization in discrete time financial market models, (2012), soumis pour publication.

Rapports internes - GDFSuez

- Modélisation conjointe des prix des contrats à termes pétrole et produits pétroliers, Note interne GDFSuez, 2008.
- Modélisation conjointe des prix spot gaz et électricité : modèle PEGAS, Note interne GDFSuez, 2010.
- Couverture dynamique du risque en CVaR en marché incomplet à temps discret, Note interne GDFSuez, 2011.

Chapitres de livre

- *Global derivatives, Products, Theory & Practices*, World Scientific Publishing Company, édité par Eric Benhamou (Pricing Partners, France), 2007.

Travaux en cours

- Variational numerical methods for BSDEs, avec S. Menozzi.
- On some non-asymptotic bounds for stochastic approximation algorithm, avec S. Menozzi.

3 Description synthétique de mon activité

J'ai effectué le Master 2 "Probabilités et Finance" de l'UPMC-Ecole Polytechnique que j'ai intégré à la suite de mon cursus à l'ENSIMAG (Grenoble) où mon désir d'approfondir mes connaissances en probabilités et en mathématiques appliquées à la finance a vu le jour. Durant le second semestre, j'ai suivi le cours d'Olivier Bardou sur les marchés des énergies puis devant mon intérêt pour le fonctionnement et les enjeux de ces marchés, Olivier Bardou et Céline Jerusalem, tous deux chefs de projet chez GDFSUEZ, m'ont proposé un stage sur la "*modélisation des dépendances des prix des contrats à terme pétrole et produits pétroliers*" que j'ai effectué à la direction de la Recherche et de l'Innovation de GDFSUEZ. A la suite de ce stage, je désirai de tout coeur commencer une thèse en lui donnant une dimension applicative en interaction avec les enjeux industriels de GDFSUEZ.

Devant mon enthousiasme à l'égard de la recherche appliquée, Gilles Pagès et Olivier Bardou ont élaboré un dossier CIFRE me permettant de poursuivre mes travaux de recherche dans le cadre d'une collaboration entre GDFSUEZ et le Laboratoire de Probabilités et Modèles Aléatoires de l'UPMC. Ma thèse intitulée "*Contribution à la modélisation et à la gestion dynamique du risque des marchés de l'énergie*" s'intéresse à trois enjeux du secteur énergétique : la modélisation des prix des énergies, le contrôle et la gestion dynamique du risque.

Plus particulièrement, trois thèmes sont abordés :

- L'estimation de la Value-at-Risk (VaR), qui est un quantile d'une position aléatoire, et de la Conditional Value-at-Risk (CVaR), qui est l'espérance de la position lorsque celle-ci dépasse le seuil de la VaR. La méthode mise en oeuvre repose sur des méthodes d'approximation stochastique de type Robbins-Monro utilisant des simulations Monte-Carlo, combinées avec une méthode de réduction de variance par échantillonnage préférentiel récursif. L'algorithme global est testé sur plusieurs portefeuilles d'énergéticiens. Ce travail est publié dans *Monte Carlo Methods and Applications*, 15(3), p173-210.
- La minimisation statique et dynamique selon un critère de CVaR d'une position (perte) aléatoire dans un marché opérant à temps discret. J'ai établi l'existence d'une stratégie dynamique optimale sous des conditions faibles. Des méthodes numériques probabilistes basées sur des algorithmes du gradient stochastique, des simulations Monte Carlo et de la quantification vectorielle optimale. Ce travail est en cours de révision pour *Mathematical Finance*.
- La modélisation conjointe des prix spot de l'électricité et du gaz par des diffusions browniennes de retour à la moyenne ayant des lois (en régime stationnaire) et une structure de corrélation préspecifiées. Des méthodes de la statistique des processus permettant la calibration de ce modèle sur des historiques sont proposées. Ce travail est accepté pour *Applied Mathematical Finance*.

Ces trois années de thèse ainsi que mon année d'ATER à l'Ecole Polytechnique ont aussi été l'occasion pour moi d'acquérir une expérience pédagogique par des enseignements à l'UPMC, l'Université d'Evry, l'ENSAE et l'Ecole Polytechnique. Elles m'ont également permis de prendre conscience de mon besoin d'embrasser une carrière d'enseignant-chercheur.

Aujourd'hui, je poursuis mes activités de recherche en accord avec mon projet scientifique concernant l'analyse et la mise en oeuvre de méthodes numériques probabilistes appliquées aux marchés financiers et de l'énergie. De cette activité, deux publications dont une en collaboration avec A. Sagna (maître de conférence à l'Université d'Evry) ont vu le jour et je m'oriente vers un axe nouveau de mon programme de recherche en collaborant

avec S. Menozzi (maître de conférence à l'Université d'Evry) sur des schémas numériques hybrides pour la résolution d'équations différentielles stochastiques Backward et Forward-Backward.

4 Activités de recherche

Thèse : Contribution à la modélisation et à la gestion dynamique du risque des marchés de l'énergie

Bernard	LAPEYRE	Professeur à l'Ecole des Ponts ParisTech (Rapporteur)
Damien	LAMBERTON	Professeur à l'Université Paris-Est Marne-La-Vallée
Nicole	EL KAROUI	Professeur à l'Université Pierre & Marie Curie (Présidente du jury)
Gilles	PAGÈS	Professeur à l'Université Pierre & Marie Curie (Directeur de thèse)
Vincent	LEMAIRE	Maître de conférence à l'Université Pierre & Marie Curie
Jean-Claude	FORT	Professeur à l'Université René Descartes
Fred Espen	BENTH	Professeur à l'Université d'Oslo
Olivier	BARDOU	Professeur associé à l'Université Pierre & Marie Curie

Estimation de la VaR et de la CVaR

Soit L une variable aléatoire à valeurs dans \mathbb{R} représentant la perte d'un portefeuille. Afin de mesurer le risque liée à la perte L , la *Value-at-Risk* (VaR) est couramment utilisée. La VaR au seuil α (VaR_α) de la distribution de perte L est la perte qui ne sera pas dépassée dans $\alpha\%$ des cas, *i.e.* le plus petit quantile de L au seuil α :

$$\text{VaR}_\alpha(L) := \inf \{ \xi \in \mathbb{R} \mid \mathbb{P}(L \leq \xi) \geq \alpha \}.$$

Lorsque la distribution L est continue (*i.e.* sans atomes), la VaR_α est la plus petite solution de l'équation

$$\mathbb{P}(L \leq \xi) = \alpha.$$

Cependant, la VaR n'est pas une mesure cohérente du risque (selon la terminologie introduite dans [1]) : la VaR de deux portefeuilles intégrés peut être supérieure à la somme des VaRs de chacun des portefeuilles, ce qui va à l'encontre du principe de diversification. Afin de palier les problèmes de la VaR, d'autres mesures de risque ont été proposées comme la *Conditional Value-at-Risk* (CVaR). Si L vérifie $\mathbb{E}[L_+] < +\infty$, la CVaR_α est définie par

$$\text{CVaR}_\alpha(L) := \mathbb{E}[L | L \geq \text{VaR}_\alpha(L)].$$

Dans la pratique, la plupart des institutions de contrôle des risques sont intéressées par le cas où α est proche de 1. Par conséquent, la VaR_α se situe dans la queue de distribution extrême de droite. Dans cette situation, les événements intéressants sont observés avec une probabilité très faible (moins de 5%). Par conséquent, mesurer efficacement le risque des pertes de portefeuilles lourds et complexes en actifs détenus est un défi de taille. Cela est la principale motivation qui nous a conduit à nous intéresser au problème d'estimation de la VaR et de la CVaR. Cependant, ce problème est très largement étudié dans la littérature. Pour plus de détails, nous renvoyons à [7], [14], [13], [22] parmi beaucoup d'autres concernant des méthodes basées sur l'inversion de la fonction de répartition empirique. Nous renvoyons aux travaux [13], [10] pour des méthodes faisant intervenir des techniques de réduction de variance, la plus adaptée au cadre des événements rares étant la méthode d'échantillonnage préférentiel (importance sampling).

Dans les trois premières parties de ma thèse, je propose une nouvelle méthode d'estimation de la VaR et la CVaR basée sur la théorie des algorithmes stochastiques combinée avec

une méthode d'échantillonnage préférentiel récursive non contrainte. Soit V la fonction définie $V(\xi) = \mathbb{E}[v(\xi, L)]$, où $v(\xi, \ell) := \xi + \frac{1}{1-\alpha}(\ell - \xi)_+$. Alors la VaR_α est définie par

$$\arg \min V = \{\xi \in \mathbb{R} \mid V'(\xi) = 0\} = \{\xi \mid \mathbb{P}(L \leq \xi) = \alpha\},$$

où $\forall \xi \in \mathbb{R}$, $V'(\xi) = \mathbb{E}\left[\frac{\partial v}{\partial \xi}(\xi, L)\right]$. De plus, $\text{CVaR}_\alpha(L) = \min_{\xi \in \mathbb{R}} V(\xi)$. Si on définit

$$H_1(\xi, \ell) := \frac{\partial v}{\partial \xi}(\xi, \ell) = 1 - \frac{1}{1-\alpha} \mathbf{1}_{\{\ell \geq \xi\}},$$

alors $\xi_\alpha^* := \text{VaR}_\alpha(L)$ est une solution de l'équation $h(\xi) = \mathbb{E}[H_1(\xi, L)] = 0$. Un algorithme de Newton n'est pas envisageable car la fonction h n'est pas calculable numériquement à un coût raisonnable. Cependant, la méthode que je propose pour estimer ξ_α^* est d'implémenter l'algorithme de gradient stochastique :

$$\xi_{n+1} = \xi_n - \gamma_{n+1} H_1(\xi_n, L_{n+1}),$$

où $(L_n)_{n \geq 1}$ est une suite i.i.d. de variables aléatoires de même loi que L , indépendante de ξ_0 , avec $\mathbb{E}[\xi_0^2] < +\infty$ et $(\gamma_n)_{n \geq 1}$ est une suite de pas déterministe et positive vérifiant

$$\sum_{n \geq 1} \gamma_n = +\infty \quad \text{et} \quad \sum_{n \geq 1} \gamma_n^2 < +\infty. \quad (1)$$

Pour estimer $C_\alpha^* := \text{CVaR}_\alpha(L)$, je propose la *procédure compagnon*,

$$C_{n+1} = C_n - \gamma_{n+1} H_2(\xi_n, C_n, L_{n+1}),$$

où $H_2(\xi, c, \ell) := c - v(\xi, \ell)$. On peut écrire l'algorithme VaR-CVaR de manière plus synthétique pour $\phi_n = (\xi_n, C_n)$, pour $n \geq 0$

$$\phi_{n+1} = \phi_n - \gamma_{n+1} H(\phi_n, L_{n+1})$$

où $H(\phi, x) = (H_1(\xi, x), H_2(\xi, c, x))$.

Je montre dans [3] que si la distribution de L est croissante et $L \in L^2(\mathbb{P})$ alors $\phi_n \xrightarrow{p.s.} \phi^* := (\xi_\alpha^*, C_\alpha^*)$, $n \rightarrow +\infty$. Afin d'obtenir la vitesse de convergence optimale, j'utilise le principe de moyennisation de Ruppert & Polyak. Celui-ci consiste à calculer de façon adaptative la moyenne de Cesàro de la procédure,

$$\bar{\phi}_n = \frac{\phi_0 + \dots + \phi_{n-1}}{n}, \quad n \geq 1.$$

La nouvelle suite $(\bar{\phi}_n)_{n \geq 1}$ converge presque sûrement vers ϕ^* . Si la séquence de pas est définie par $\gamma_n = \frac{\gamma_1}{n^\beta}$ avec $\frac{1}{2} < \beta < 1$, si $L \in L^{2a}(\mathbb{P})$ avec $a > 1$ et la densité de L , f_L est strictement positive alors

$$\sqrt{n}(\bar{\phi}_n - \phi^*) \xrightarrow{\mathcal{L}} \mathcal{N}(0, \Sigma)$$

où la matrice de variance covariance asymptotique Σ est définie par

$$\begin{pmatrix} \frac{\alpha(1-\alpha)}{f_L^2(\xi_\alpha^*)} & \frac{\alpha}{(1-\alpha)f_L(\xi_\alpha^*)} \mathbb{E}[(L - \xi_\alpha^*)_+] \\ \frac{\alpha}{(1-\alpha)f_L(\xi_\alpha^*)} \mathbb{E}[(L - \xi_\alpha^*)_+] & \frac{1}{(1-\alpha)^2} \text{Var}((L - \xi_\alpha^*)_+) \end{pmatrix}. \quad (2)$$

D'un point de vue numérique, lorsque $\alpha \approx 1$ (cas des événements rares), cet algorithme converge lentement. Pour cette raison, j'ai cherché à combiner celui-ci avec une méthode d'échantillonnage préférentiel qui elle-même est aussi récursive.

Cas de la dimension finie

La première partie de ma thèse est consacrée au cas où la perte L s'écrit : $L = \varphi(X)$ où $\varphi : \mathbb{R}^d \rightarrow \mathbb{R}$ est une fonction borélienne et X est un vecteur aléatoire à valeurs dans \mathbb{R}^d de densité p . La méthode d'échantillonnage préférentiel appliquée à l'algorithme VaR-CVaR consiste à appliquer l'invariance par translation de la mesure de Lebesgue aux fonctions H_i , $i = 1, 2$, de l'algorithme

$$\mathbb{E}[H_i(\xi, X)] = \mathbb{E}\left[H_i(\xi, X + \mu_i) \frac{p(X + \mu_i)}{p(X)}\right].$$

Si nous utilisons ces deux fonctions translatées dans notre algorithme VaR-CVaR, nous obtenons un nouveau TCL avec une nouvelle matrice de variance-covariance asymptotique dont on peut chercher à minimiser les deux termes diagonaux correspondant à la variance asymptotique des deux composantes, *i.e.* les moments d'ordre 2,

$$Q_1(\mu_1, \xi_\alpha^*) := \mathbb{E}\left[\mathbf{1}_{\{\varphi(X) \geq \xi_\alpha^*\}} \frac{p(X)}{p(X - \mu_1)}\right], \quad \text{et} \quad Q_2(\mu_2, \xi_\alpha^*) := \mathbb{E}\left[(\varphi(X) - \xi_\alpha^*)^2 \frac{p(X)}{p(X - \mu_2)}\right].$$

Ainsi, nous obtenons deux procédures récursives : $\mu_{i,n+1} := \mu_{i,n} - \gamma_{n+1} K_i(\xi_n, \mu_{i,n}, X_{n+1})$, $i = 1, 2$ que je combine adaptativement (*i.e.* en utilisant les mêmes innovations) avec notre premier algorithme VaR-CVaR :

$$\begin{aligned} \xi_{n+1} &= \xi_n - \gamma_{n+1} L_1(\xi_n, \mu_{1,n}, X_{n+1}), \\ C_{n+1} &= C_n - \gamma_{n+1} L_2(\xi_n, \mu_{2,n}, X_{n+1}), \end{aligned}$$

où

$$\begin{aligned} L_1(\xi, \mu_1, x) &:= e^{-\rho|\theta|^b} \left(1 - \frac{1}{1-\alpha} \mathbf{1}_{\{\varphi(x+\mu_1) \geq \xi\}} \frac{p(x+\mu_1)}{p(x)}\right), \\ L_2(\xi, C, \mu_2, x) &:= C - \xi - \frac{1}{1-\alpha} (\varphi(x+\mu_2) - \xi)_+ \frac{p(x+\mu_2)}{p(x)}, \end{aligned}$$

où $\rho > 0$ et $b \in [1, 2]$. Je montre alors que $(\mu_{1,n}, \mu_{2,n})_{n \geq 1}$ converge *p.s.* vers $(\mu_{1,\alpha}^*, \mu_{2,\alpha}^*)$. Le nouvel algorithme $\phi_n := (\xi_n, C_n)$, $n \geq 1$ défini ci-dessus converge *p.s.* vers $\phi^* := (\xi_\alpha^*, C_\alpha^*)$ et sa moyenne empirique $\bar{\phi}_n$ vérifie un TCL de vitesse optimale \sqrt{n} et de matrice asymptotique minimale.

Un paragraphe de cette partie est consacré à l'application de nombreuses simulations numériques. Mes résultats montrent que la réduction de variance est très significative. Elle l'est d'autant plus que α est proche de 1, *i.e.* plus on cherche à simuler des événements extrêmes plus la méthode d'échantillonnage préférentiel est efficace.

Cas de la dimension infinie

Dans la deuxième partie, j'étudie le cas où la perte L s'écrit : $L = \varphi(X)$ où φ est une fonctionnelle définie sur l'espace $\mathcal{C}([0, T], \mathbb{R}^d)$ des fonctions continues de $[0, T]$ dans \mathbb{R}^d et la source de risque X est un processus d'Itô solution d'une EDS :

$$dX_t = b(t, X^t)dt + \sigma(t, X^t)dW_t, \quad X_0 = x \in \mathbb{R}^d,$$

L'algorithme d'échantillonnage préférentiel est maintenant fondé sur la transformation de Girsanov. Si f est une fonction borélienne bornée de $\mathcal{C}([0, T], \mathbb{R}^d)$ à valeurs dans $\mathcal{M}(d, q)$

et si $\mu \in L^2_{T,p} := L^2([0, T], \mathbb{R}^p)$, la transformation de Girsanov appliquée au calcul de $\mathbb{E}[F(X)]$ s'écrit

$$\mathbb{E}[F(X)] = \mathbb{E} \left[F(X^{(\mu)}) e^{-\int_0^T \langle f(X^{(\mu)}, s) \rangle_{\mu_s} dW_s - \frac{1}{2} \|f(X^{(\mu)}, \cdot)\|_{L^2_{T,q}}^2} \right],$$

où $X^{(\theta)}$ est la solution de $(E_{b+\sigma f\theta, \sigma})$. J'obtiens encore deux procédures récursives qui s'écrivent

$$\mu_{i,n+1} = \mu_{i,n} - \gamma_{n+1} K_i \left(\xi_n, \mu_{i,n}, X^{(-\mu_{i,n})}, W^{(n+1)} \right),$$

où $(W^{(n+1)})_{n \geq 0}$ est une suite indépendante de mouvements browniens pour lesquels le processus $X^{(-\mu_{i,n})}$ est une solution forte de $E_{b-\sigma f(X^{(-\mu_{i,n})})_{\mu_{i,n}}, W^{(n+1)}}$. Les fonctions K_i , $i = 1, 2$ sont définies sur une base (e_1, \dots, e_m) avec $E = \text{Vect}(e_1, \dots, e_m) \subset L^2_{T,p}$.

Cas des suites à discrédance faible

J'ai également eu l'occasion d'étudier le cas où le vecteur aléatoire X n'est plus généré à l'aide d'une séquence (déterministe) pseudo-aléatoire mais à l'aide d'une suite (déterministe) uniformément distribuée à discrédance faible. Une séquence $(u_n)_{n \geq 1}$ à valeur sur $[0, 1]^q$ est uniformément distribuée dans $[0, 1]^q$ si

$$\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \delta_{u_k} \xrightarrow{(\mathbb{R}^q)} \mathcal{U}([0, 1]^q), \quad n \rightarrow +\infty,$$

où δ_u est la masse de Dirac en u , $\xrightarrow{(\mathbb{R}^q)}$ représente la convergence faible des mesures de probabilités sur $(\mathbb{R}^q, \text{Bor}(\mathbb{R}^q))$ et $\mathcal{U}([0, 1]^q)$ représente la loi uniforme sur $[0, 1]^q$. Généralement, un vecteur aléatoire X de dimension d est simulée à partir d'une loi uniforme $\mathcal{U}([0, 1]^q)$, avec $q \geq d$, par des méthodes standards tels que l'inverse de la fonction de distribution, la méthode de Box-Müller, ... Je suppose que $X = \Psi(U)$ avec $\Psi : [0, 1]^q \rightarrow \mathbb{R}^d$. Alors, je remplace le vecteur aléatoire U par la valeur d'une suite à discrédance faible.

En utilisant des résultats sur la discrédance des ensembles Jordan mesurable, je montre [4] que si la fonction $\varphi \circ \Psi : [0, 1]^q \rightarrow \mathbb{R}$ est lipschitz et si la fonction de distribution de $L = \varphi(\Psi(U))$ est Lipschitz alors sous certaines hypothèses sur le pas $(\gamma_n)_{n \geq 1}$ (la suite $\gamma_n = \frac{c}{n}$ vérifie toujours ces hypothèses) la procédure Quasi-stochastique VaR-CVaR

$$\xi_{n+1} = \xi_n - \gamma_{n+1} K_1(\xi_n, u_{n+1}), \quad \text{et} \quad C_{n+1} = C_n - \gamma_{n+1} K_2(\xi_n, C_n, u_{n+1})$$

converge vers $(\xi_\alpha^*, C_\alpha^*)$. Les résultats montrent que lorsque la dimension q est faible (disons $q \leq 10$), l'algorithme quasi-stochastique VaR-CVaR converge plus rapidement que son homologue stochastique (c.f. [4]).

Couverture en CVaR par algorithme stochastique

Dans la deuxième partie de ma thèse, je me suis intéressé à la couverture d'une perte L (ou d'un actif) par minimisation du risque en CVaR dans un marché incomplet opérant à temps discret $t_0 = 0 < t_1 < \dots < t_M = T$, constitué d'un actif sans risque et de d actifs risqués négociables dont les prix à l'instant ℓ seront notés $X_\ell = (X_\ell^i)_{1 \leq i \leq d}$. La source d'incomplétude du marché vient de la présence dans L d'un processus $Z := (\bar{Z}_\ell)_{1 \leq \ell \leq M}$ qui est *observable* mais *non négociable*; cela induit une source de risque qui n'est pas couvrable

à l'aide des actifs présents sur le marché. Par exemple, sur le marché de l'électricité ou du gaz, la perte pour un fournisseur d'énergie peut être due à une consommation de ses clients (entreprises ou particuliers) en électricité ou en gaz. Généralement, cette consommation dépend de la température qui est un processus observable mais non négociable sur les marchés.

Afin de réduire son risque l'investisseur utilise une stratégie autofinancée dynamique ou à un pas. Nous notons $\mathbb{G} = (\mathcal{G}_\ell)_{0 \leq \ell \leq M}$ la filtration engendrée par les processus X et Z , i.e. $\mathcal{G}_\ell = \sigma \{X_i, Z_i; 0 \leq i \leq \ell\}$. Le problème de l'investisseur est de trouver une stratégie autofinancée $\theta_\alpha^* \in \mathcal{A} = \{\theta \mid \theta_\ell \in L_{\mathbb{R}^d}^0(\mathcal{G}_\ell), \ell = 0, \dots, M-1\}$ qui minimise le risque résiduel de la perte du portefeuille

$$\inf_{\theta \in \mathcal{A}} \text{CVaR}_\alpha \left(L - \sum_{\ell=1}^M \theta_{\ell-1} \cdot \Delta X_\ell \right),$$

Afin de mesurer le risque à la date ℓ , j'introduis une nouvelle mesure de risque dynamique que je note \mathcal{G}_ℓ -CVaR définie par

$$\mathcal{G}_\ell\text{-CVaR}_\alpha(L) := \text{ess inf}_{\xi \in L_{\mathbb{R}^d}^0(\mathcal{G}_\ell)} \xi + \frac{1}{1-\alpha} \mathbb{E}[(L - \xi)_+ | \mathcal{G}_\ell].$$

Avant de résoudre le problème de couverture dynamique, je me suis intéressé d'un point de vue théorique et numérique à la résolution des deux problèmes de couverture à un pas :

- Couverture du risque forward : $\inf_{\theta_{\ell_0} \in L_{\mathbb{R}^d}^0(\mathcal{G}_{\ell_0}, \mathbb{P})} \mathbb{E}[\mathcal{G}_{\ell_0}\text{-CVaR}_\alpha(L - \theta_{\ell_0} \cdot (X_M - X_{\ell_0}))].$
- Couverture du risque statique : $\inf_{\theta_{\ell_0} \in L_{\mathbb{R}^d}^0(\mathcal{G}_{\ell_0}, \mathbb{P})} \text{CVaR}_\alpha(L - \theta_{\ell_0} \cdot (X_M - X_{\ell_0})).$

Dans un premier temps, j'établis un résultat d'existence de stratégie aux problèmes de couverture à un pas dès que $L \in L^1(\mathbb{P})$, $X_M - X_{\ell_0} \in L^1(\mathbb{P})$ et $\text{ess inf}_{u \in L_{\mathbb{R}^d}^0(\mathcal{G}_{\ell_0}, \mathbb{P}), |u|=1} \mathcal{F}\text{-CVaR}_\alpha(u \cdot X) > 0$ p.s.

Ensuite, je généralise ce résultat au cadre de la couverture dynamique en utilisant des idées similaires à celles utilisées dans le principe de la programmation dynamique sous l'hypothèse $L \in L^1(\mathbb{P})$, $\Delta X_\ell \in L^1(\mathbb{P})$ et $\text{ess inf}_{u \in L_{\mathbb{R}^d}^0(\mathcal{G}_{\ell_0}, \mathbb{P}), |u|=1} \mathcal{F}\text{-CVaR}_\alpha(u \cdot \Delta X_\ell) > 0$ p.s.

Je me suis intéressé ensuite aux aspects numériques de la couverture en CVaR dans un cadre Markovien. Pour cela, j'ai supposé que le processus $(X_\ell, Z_\ell)_{0 \leq \ell \leq M}$ à valeurs dans $\mathbb{R}^d \times \mathbb{R}^q$ est markovien par rapport à la filtration \mathbb{G} . Lorsque la dimension du vecteur aléatoire (X_{ℓ_0}, Z_{ℓ_0}) est petite, une méthode possible pour estimer la stratégie optimale des problèmes à un pas est d'utiliser une grille de quantification optimale $\Gamma_{\ell_0} := \Gamma_{\{X_{\ell_0}, Z_{\ell_0}\}}^{N_{\ell_0}} = ((x_{\ell_0}^1, z_{\ell_0}^1), \dots, (x_{\ell_0}^{N_{\ell_0}}, z_{\ell_0}^{N_{\ell_0}}))$ et pour chaque noeud $(x_{\ell_0}^j, z_{\ell_0}^j)$ de la grille d'estimer la stratégie $\theta_{\ell_0}^*(x_{\ell_0}^j, z_{\ell_0}^j)$ ainsi que la VaR_α locale $\xi_\alpha^*(x_{\ell_0}^j, z_{\ell_0}^j)$ et la CVaR_α locale $\text{CV}_\alpha^*(x_{\ell_0}^j, z_{\ell_0}^j)$ à l'aide d'un algorithme stochastique $(\xi_n, \theta_n, C_n)_{n \geq 1}$. Puis, nous estimons la CVaR globale du portefeuille C_α^* à l'aide d'une formule de quadrature basée sur l'ensemble des CVaR locales. Comme pour l'algorithme d'estimation du couple VaR-CVaR étudié dans [3], afin d'obtenir la meilleure vitesse de convergence asymptotique, j'utilise le principe de moyennisation de Ruppert & Polyak ainsi qu'une méthode d'échantillonnage préférentiel récursive.

Je me suis intéressé ensuite aux stratégies autofinancées dynamiques et propose quatre méthodes différentes basées sur des majorations de la fonction objective afin d'approcher la stratégie optimale solution du problème initiale.

Modélisation Conjointe des prix spot du gaz et de l'électricité

Dans cette dernière partie de ma thèse réalisée en collaboration avec Vincent Lemaire et l'équipe de Modélisation des Prix de la Direction de la Recherche de GDFSuez, je me suis intéressé à la modélisation conjointe des prix des contrats spot (ou *day-ahead*) du gaz et de l'électricité sur les marchés européens. La principale motivation de ce travail est de proposer un modèle permettant de représenter l'ensemble des propriétés statistiques observées par les prix (saisonnalité, autocorrélation, stationnarité, lien long terme, pics de prix, queues épaisses des distributions, ...) basé sur des processus d'Ornstein à volatilité locale paramétrique alors que la majorité des modèles présents dans la littérature font intervenir un mélange de processus à sauts purs et de processus à variations plus régulières. Dans ce dernier type de modèle, la difficulté réside dans la détection et le filtrage des pics de prix afin d'estimer les paramètres du processus à sauts. A partir d'une fonction d'autocorrélation décroissante en exponentielle et d'une loi marginale f (de moyenne μ) données, il est possible de construire un processus de diffusion X avec drift linéaire et coefficient de diffusion paramétrique reproduisant la structure de corrélation donnée et dont la loi stationnaire correspond à la loi marginale. Le coefficient de diffusion est calculable de manière explicite pour la majorité des distributions en pratique. Cependant, pour certaines d'entre elles, aucune formule explicite existe. Dans ce cas, une approximation par point selle est envisageable (c.f. [6]).

Afin de bien reproduire les fonctions d'autocorrélation et de corrélation croisée des séries log-prix désaisonnalisés Y^g (pour le gaz) et Y^e (pour l'électricité), nous étudions la dynamique à deux facteurs suivante

$$Y_t^g = X_t^g + Z_t, \quad \text{et} \quad Y_t^e = X_t^e + Z_t,$$

- La diffusion Z est le processus d'équilibre entre les deux énergies avec une vitesse de retour à la moyenne lente. Ce processus représente les variations normales et nous choisissons pour celui-ci un processus d'Ornstein-Uhlenbeck

$$dZ_t = -\lambda_z Z_t dt + \sigma_z dW_t^z, \quad \text{avec } \lambda_z > 0 \text{ et } \sigma_z > 0.$$

- Les diffusions X^g et X^e représentent les processus responsables des pics de prix pour chaque énergie. Nous les modélisons par des processus de loi invariante NIG (Normal Inverse Gaussian) et de vitesses de retour à la moyenne rapides $\lambda_g > 0$ et $\lambda_e > 0$, i.e.

$$dX_t^j = -\lambda_j (X_t^j - \mu_j) dt + \sigma_j(X_t^j; \theta_j) dW_t^j, \quad j = g, e,$$

Ensuite, nous proposons un processus de calibration adapté à ce modèle et basé sur des outils statistiques rapides et robustes : méthode des moindres carrés ordinaire, méthode du maximum de vraisemblance tronquée (c.f. [2]) (pour estimer les paramètres θ_g et θ_e).

Finalement, nous proposons des simulations du modèle calibré et une comparaison de trois différents modèles appliqués à la valorisation (calcul d'espérance sous la probabilité historique) et au contrôle du risque (calcul de la VaR_α) d'un portefeuille modélisant de manière simple le comportement d'une turbine à gaz. Cette comparaison a pour but de mettre en évidence l'importance de la prise en compte des phénomènes de pics de prix et de lien long terme entre les prix spot du gaz et de l'électricité.

5 Programme de recherche

Analyse et mise en oeuvre de méthodes numériques probabilistes en contrôle stochastique et en EDP

Mon projet de recherche est fondé sur plusieurs axes indépendants comportant chacun une composante théorique, numérique et applicative. Le premier concerne les liens entre les équations Backward, Forward-Backward et les solutions d'équations aux dérivées partielles (EDP) quasi-linéaires de type parabolique *admettant une formulation variationnelle*. Ces connections permettront de proposer des schémas numériques hybrides déterministe-probabiliste. La quantification vectorielle optimale peut être un outil numérique efficace à mettre en oeuvre dans certains schémas, c.f. [8].

Le deuxième axe concerne la théorie de l'approximation stochastique et ses applications, notamment à des problèmes de contrôle stochastique issus de la finance, c.f. [11]. Je veux dans un premier temps étudier les inégalités de concentration pour les algorithmes stochastiques, les développements d'Edgeworth et les théorèmes limites pour des algorithmes stochastiques où le processus d'innovation vérifie une propriété de moyennisation. Ces résultats théoriques concernent le contrôle de l'erreur commise lorsqu'on utilise ces algorithmes. J'envisage d'étudier les applications de la théorie de l'approximation stochastique aux problèmes de contrôle stochastique avec contraintes de risque (VaR, CVaR ou risque shortfall), prenant en compte le manque de liquidité de certains marchés (par exemple coûts de transaction proportionnel) ou prenant en compte l'incertitude de modèle. Cela me permettra également de mettre en oeuvre des méthodes numériques probabilistes. Je travaille actuellement sur un problème de minimisation du risque robuste dans un marché financier opérant à temps discret. Ce problème est qualifié de robuste car il prend en compte l'incertitude quant à la probabilité sous laquelle le risque est calculé. Les méthodes numériques qu'on peut mettre en oeuvre se basent sur le principe de la programmation dynamique (condition du premier ordre), la théorie de la quantification vectorielle optimale et de l'approximation stochastique.

Le dernier axe s'oriente vers les marchés de l'énergie, thématique qui est très présente dans ma thèse effectuée en collaboration avec GDFSuez. Il y a un réel besoin aujourd'hui en modèles de marché multi-énergies et sur l'étude des liens entre les prix spot et les prix des contrats à termes. J'envisage d'étudier les liens entre les différents prix des énergies. Bien prendre en compte ces liens permettra de mieux valoriser les actifs physiques. Il y a également un enjeu à bien prendre en compte les contraintes et le risque climatique. Ces thématiques constituent un enjeu crucial pour les énergéticiens.

▷ Aspects probabilistes des EDP non-linéaires

J'envisage de développer les liens entre les solutions d'EDP non-linéaires admettant une formulation variationnelle et les équations différentielles stochastiques Backward et Forward-Backward en étudiant les *aspects théoriques* de ces équations. Dans [8], la condition terminale intervenant dans ces équations est régulière, typiquement bornée et $C^{2+\alpha}(\mathbb{R}^N)$. Ici, on s'intéresse à des conditions terminales peu régulières, typiquement dans $L^2(\mathbb{R}^N)$ ou $L^2(\mathbb{R}^N, m(x)dx)$ avec m un poids bien choisi. Ces résultats théoriques me permettront de mettre en oeuvre des schémas numériques *hybrides* efficaces combinant des méthodes numériques déterministes classiques (interpolation de Lagrange, théorie spectrale) et méthodes numériques probabilistes (quantification vectorielle optimale, Monte Carlo). Je collabore à l'heure actuelle avec Stéphane Menozzi (Maître de conférence à l'Université Denis Diderot, Paris VII) sur des schémas de discrétisation pour la résolution de ce type d'EDP.

Le champ d'application est très large : mathématique financière, gestion et optimisation d'énergie, c.f. [19]. J'envisage également de m'intéresser aux BSDE du second ordre. Dans

un cadre markovien, les BSDE du second ordre fournissent une interprétation probabiliste pour des EDP totalement non-linéaire et donc ouvre la voie pour des méthodes numériques probabilistes pour ces EDP en grande dimension. Dans ce contexte, la quantification vectorielle optimale (Voronoi ou duale) me paraît un outil intéressant à mettre en oeuvre. Cette théorie a beaucoup d'applications en mathématiques financières, en particulier dans des modèles à volatilité incertaine.

▷ Théorie de l'approximation stochastique et ses applications

L'étude des algorithmes stochastiques a commencé dans les années 1950 avec les travaux de Robbins-Monro [21] et de Kiefer-Wolfowitz [15] puis s'est poursuivie de manière intense et soutenue jusqu'à aujourd'hui [9], [16]. Notamment, je veux étudier et développer les inégalités de concentration, les développements d'Edgeworth et les théorèmes limites dans le cas des innovations moyennisantes (c.f. [17]). Pour établir ces bornes non asymptotiques, un élément intéressant à prendre en compte est la concentration (gaussienne ou non) satisfaite par le schéma, c.f. [18] dans un autre contexte. Ces résultats théoriques sont d'une grande utilité d'un point de vue pratique pour obtenir des bornes d'erreur sur les algorithmes stochastiques ce qui permet de les régler de manière optimale.

La théorie de l'approximation stochastique peut être une approche numérique probabiliste alternative aux méthodes numériques déterministes couramment utilisées pour résoudre des équations de type Hamilton-Jacobi-Bellman. Par exemple, cette méthode me paraît très prometteuse lorsqu'elle est appliquée à des problèmes de contrôle stochastique à temps discret où la commande optimale à estimer vérifie une condition de premier ordre sous forme rétrograde comme dans les applications classiques du principe de la programmation dynamique, c.f. [5] et [11]. A cet égard, collaborer et échanger avec des personnes comme H. Pham, P. Tankov et S. Scotti me permettraient de confronter et d'appliquer certaines méthodes numériques probabilistes à des problèmes de contrôle stochastique en temps continu. Les algorithmes stochastiques tout comme la quantification optimale (c.f. [20]) me paraissent une méthode numérique intéressante à mettre en oeuvre pour la résolution de problèmes de contrôle stochastique.

Elle peut également permettre la résolution de problème d'optimisation avec contraintes de risques. Ces nouvelles contraintes apparaissent par exemple dans des problèmes de maximisation d'utilité sous contrainte en CVaR (contrainte convexe) ou sous contrainte en probabilité (contrainte non-convexe).

▷ Marchés de l'énergie : modélisation, valorisation et gestion du risque

J'ai eu l'occasion durant ma thèse (c.f. [12]) de proposer une modélisation conjointe des prix spot gaz et électricité prenant en compte le lien long terme ainsi que l'ensemble des caractéristiques statistiques observées de ces deux énergies. Cette collaboration fut fructueuse car ce modèle est maintenant utilisé régulièrement comme outil d'aide à la décision. Cependant, lors de mes échanges avec les praticiens j'ai pu me rendre compte que de nombreuses problématiques restent à traiter. Notamment, j'envisage de m'investir sur :

- la mise en oeuvre des méthodes de calibration avancées et robustes à la dimension des sous-jacents (très nombreux sur les marchés de l'énergie). Je travaille sur une méthode mettant en oeuvre la simulation Monte Carlo et les algorithmes stochastiques.
- la modélisation multi-énergies et les liens entre prix spot et prix des contrats à terme d'une même énergie : c.f. [12].
- l'élaboration de technique réaliste de valorisation : prise en compte de la granularité des contrats forwards, de la liquidité des marchés, des coûts de transaction très

importants sur les marchés. Dans cette optique, faire intervenir les mesures de risque dans la modélisation me paraît être une bonne idée c.f. [5].

Mon recrutement dans votre laboratoire me permettrait d'échanger et de collaborer sur ces trois thématiques et de transmettre mes connaissances et l'expertise sur les méthodes numériques probabilistes et les marchés de l'énergie que j'ai acquises durant mes trois années de thèse.

Références

- [1] P. ARTZNER, F. DELBAEN, J. M. EBER et D. HEATH : Coherent measures of risk. *Mathematical Finance*, 9:203–228, 1999.
- [2] A. AZZALINI : Maximum likelihood estimation of order m for stationary stochastic processes. *Biometrika*, 70:381–387, 1983.
- [3] O. BARDOU, N. FRIKHA et G. PAGÈS : Computing VaR and CVaR using stochastic approximation and adaptive unconstrained importance sampling. *Monte Carlo Methods and Applications*, 15(3):173 :210, 2009.
- [4] O. BARDOU, N. FRIKHA et G. PAGÈS : Recursive computation of value-at-risk and conditional value-at-risk using mc and qmc. *Monte Carlo and Quasi-Monte Carlo Methods 2008*, 3:193–208, 2009.
- [5] O. BARDOU, N. FRIKHA et G. PAGÈS : CVaR hedging using quantization based stochastic approximation algorithm. in revision in *Mathematical Finance*, 2011.
- [6] B.M. BIBBY, I.M. SKOVGAARD et M. SØRENSEN : Diffusion-type models with given marginal distribution and autocorrelation function. *Bernoulli*, 11(2):191–220, 2005.
- [7] M. BRITTEN-JONES et S.M. SCHAEFER : Non linear value-at-risk. *European Finance Review*, 2:161–187, 1999.
- [8] François DELARUE et Stéphane MENOZZI : A forward-backward stochastic algorithm for quasi-linear PDEs. *Ann. Appl. Probab.*, 16(1):140–184, 2006.
- [9] M. DUFLO : *Algorithmes Stochastiques*. Springer, Berlin, 1996.
- [10] D. EGLOFF et M. LEIPPOLD : Quantile estimation with adaptive importance sampling. *Electronic copy available at : <http://ssrn.com/abstract=1002631>*, 2007.
- [11] N. FRIKHA : Shortfall risk minimization in discrete time financial market models. submitted, 2012.
- [12] N. FRIKHA et V. LEMAIRE : Joint modelling of gas and electricity spot prices. Forthcoming in *Applied Mathematical Finance*, 2011.
- [13] P. GLASSERMAN, P. HEIDELBERGER et P. SHAHABUDDIN : Variance reduction techniques for estimating value-at-risk. *Management Science*, 47:1349–1364, 1999.
- [14] P. GLASSERMAN, P. HEIDELBERGER et P. SHAHABUDDIN : Portfolio value-at-risk with heavy-tailed risk factors. *Mathematical Finance*, 12:239–270, 2002.
- [15] J. KIEFER et J. WOLFOWITZ : Stochastic estimation of the maximum of a regression function. *Ann. Math. Statist.*, 23:462–466, 1952.
- [16] H. J. KUSHNER et G. YIN : *Stochastic Approximation and Recursive algorithms and Applications*. Springer, 2003.
- [17] S. LARUELLE : *Analyse d'algorithmes stochastiques appliqués à la Finance*. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, 2011.
- [18] V. LEMAIRE et S. MENOZZI : On some non asymptotic bounds for the Euler scheme. *Electron. J. Probab.*, 15:no. 53, 1645–1681, 2010.
- [19] Jin MA et Jiongmin YONG : *Forward-backward stochastic differential equations and their applications*, volume 1702 de *Lecture Notes in Mathematics*. Springer-Verlag, Berlin, 1999.
- [20] G. PAGÈS, H. PHAM et J. PRINTEMPS : *Handbook of Numerical Methods in Finance*, chapitre Optimal quantization methods and applications to numerical problems in finance, pages 253–298. Birkhauser, 2004.
- [21] H. ROBBINS et S. MONRO : A stochastic approximation method. *Ann. Math. Statist.*, 22:400–407, 1951.
- [22] C. ROUVINEZ : Going greek with var. *Risk*, 10(2):57–65, 1997.

6 Lettres de recommandation

1. Prof. Gilles Pagès
Université Pierre et Marie Curie
Adresse : Laboratoire de Probabilités et Modèles Aléatoires (LPMA),
Campus de Jussieu, case 188 4, pl. Jussieu
75252 Paris Cedex 5
Tél : +33(0)1 44 27 72 25
e-mail : gilles.pages@upmc.fr
2. Vincent Lemaire
Maître de Conférences à l'Université Pierre et Marie Curie
Adresse : Laboratoire de Probabilités et Modèles Aléatoires (LPMA),
Campus de Jussieu, case 188 4, pl. Jussieu
75252 Paris Cedex 5
Tél : +33(0)1 44 27 72 22
e-mail : vincent.lemaire@upmc.fr
3. Olivier Bardou
Analyste Risques GDFSuez et Professeur associé à temps partiel (PAST) à l'Université Pierre et Marie Curie
Adresse : Laboratoire de Probabilités et Modèles Aléatoires (LPMA),
Campus de Jussieu, case 188 4, pl. Jussieu
75252 Paris Cedex 5
Tél : +33(0)1 44 27 39 73
e-mail : olivier.aj.bardou@gmail.com
4. Prof. Mathieu Rosenbaum
Université Paris VI et Ecole Polytechnique
Adresse : Laboratoire de Probabilités et Modèles Aléatoires (LPMA),
Campus de Jussieu, case 188 4, pl. Jussieu
75252 Paris Cedex 5
Tél : +33(0)1 44 27 85 13
Fax : +33(0)1 44 27 72 23
e-mail : mathieu.rosenbaum@upmc.fr
5. Prof. Fred Espen Benth
University of Oslo
Adresse : Centre of Mathematics for Applications, Department of Mathematics
University of Oslo
PO Box 1053 Blindern, N-0316 Oslo, Norway
Fax : +47 22 85 43 49
e-mail : fredb@math.uio.no



LABORATOIRE DE PROBABILITÉS & MODÈLES ALÉATOIRES

UMR 7599

Lettre de recommandation pour Noufel Frikha

Noufel Frikha est ancien élève du Master 2 « Probabilités et Finance » de l'UPMC-Ecole Polytechnique qu'il a intégré après avoir obtenu son diplôme d'ingénieur à l'ENSIMAG (Grenoble). J'ai fait sa connaissance à cette occasion. Au terme de cette année de Master 2 validée dans de très bonnes conditions, il a entamé une thèse sous ma direction et celle de Vincent Lemaire (MdC UPMC) sur l'évaluation et la gestion des risques sur les marchés de l'énergie (gaz et électricité principalement). Cette thèse a été réalisée en collaboration avec le projet Osiris à la Direction de Recherche de GDF-Suez, alors dirigé par Olivier Bardou. Dans cette thèse, trois thèmes principaux ont été abordés :

- Le calcul de la Value-at-Risk (quantile) et de la Conditional Value-at-Risk (CVaR) pour de gros portefeuilles de contrats par des méthodes d'approximation stochastique de type Robbins-Monro via des simulations de Monte Carlo.
- La gestion statique et dynamique selon un critère de CVaR d'un actif de type contingent dans un marché à temps discret ; ainsi il a établi l'existence d'un portefeuille optimal sous des conditions très faibles pour ces différents critères, puis a proposé des méthodes de calcul numérique de ce portefeuille à base de simulation Monte Carlo, d'algorithmes stochastiques et de quantification.
- La modélisation dynamique des prix de l'électricité par des diffusions browniennes mean-reverting ayant des lois de type Normal Inverse Gaussian (NIG) en régime stationnaire et la conception et l'analyse d'estimateurs statistiques permettant une calibration historique de ces modèles.

Noufel Frikha a acquis au cours de cette thèse une connaissance approfondie et une grande maîtrise, d'une part des méthodes numériques probabilistes d'optimisation stochastique, notamment au travers de certains de leurs développements les plus récents comme l'échantillonnage préférentiel adaptatif et, d'autre part, de la littérature récente (et foisonnante) sur les mesures de risque en s'attachant toujours à distinguer leur pertinence en termes d'applicabilité. Il a enfin développé, grâce au troisième thème, une véritable expertise autour de la modélisation et de la statistique des diffusions.

Sa thèse a déjà donné lieu à deux publications parues (un article à *Monte Carlo Method and Applications Journal* et un Proceeding à MCQMC'08 sur la calcul de VaR et CVaR via des méthodes de quasi-Monte Carlo). Deux autres articles sont actuellement soumis pour publication, dont l'un est en révision. En outre, et c'est à mon avis un point notable, plusieurs des procédures développées à l'occasion de sa thèse ont été mises en œuvre de façon opérationnelle par GDF-SUEZ.

Noufel Frikha est un jeune chercheur en Probabilités appliquées et Probabilités numériques très accrocheur, doté d'une volonté à toute épreuve, d'une grande force de travail et d'une grande capacité d'interaction comme peuvent en témoigner ses collègues du CMAP à l'Ecole Polytechnique. Il a acquis au cours de ces quatre dernières années (dont trois ans de thèse) une vraie autonomie scientifique qui s'est manifestée d'abord lors des travaux sur la gestion en CVaR où, au-delà des difficultés techniques réelles, il a su donner à la fois au projet une véritable cohérence théorique et faisabilité numérique, puis ensuite au travers de sa collaboration récente avec A. Sagna (jeune MC à l'univ. d'Evry) sur le pricing d'options path-dependent par une méthode de quantification fonctionnelle hybride. ses travaux en cours sur le calcul des mesures de risques générales par approximation stochastique.

Plus significatif encore à mes yeux, au cours de cette année où il est ATER à l'Ecole Polytechnique, il a entamé la mise en œuvre de son projet scientifique très ambitieux, qu'il avait annoncé (et conçu seul), relatif au calcul de mesures de risques dynamiques très générales par algorithmes stochastiques *via* la représentation duale de celles-ci.

Il a en outre une aisance tout à fait remarquable en matière de programmation qui lui confère la capacité trop rare d'aborder un problème dans sa globalité, de la modélisation à une mise en œuvre numérique performante en s'appuyant sur une analyse théorique fine et fouillée.

Noufel Frikha a acquis aujourd'hui une culture vaste et solide en Probabilités numériques et en modélisation aléatoire. *Il a un authentique tempérament de chercheur nourri par une vraie créativité, une volonté et une force de travail peu communes.*

C'est enfin quelqu'un d'extrêmement agréable au quotidien, ouvert à la discussion et aux centres d'intérêt variés.

En matière d'enseignement, durant sa thèse, il a également acquis une expérience pédagogique au travers des enseignements (TD) qu'il a dispensés notamment à l'UPMC et à l'ENSAE, confirmée cette année par ses activités d'enseignement et d'encadrement à l'Ecole Polytechnique.

En conclusion, Noufel Frikha est clairement un excellent candidat à un poste de maître de Conférences que je recommande aussi chaleureusement que possible. Le département qui le recrutera n'aura qu'à s'en féliciter à tous points de vue : pédagogique, scientifique et humain.

Paris, le 15 février 2012



Gilles Pagès
Professeur au LPMA

LABORATOIRE DE PROBABILITES ET MODELES ALEATOIRES UNIVERSITES PARIS 6 & PARIS 7 C.N.R.S. - UMR 7599 Case 188 - 4, Place Jussieu 75252 PARIS CEDEX 05



Laboratoire de Probabilités et Modèles Aléatoires – CNRS UMR 7599
Université Pierre et Marie Curie

LEMAIRE Vincent

vincent.lemaire@upmc.fr

Paris, le 16 février 2012

Lettre de recommandation pour Noufel Frikha à un poste de maître de conférences

J'ai fait la connaissance de Noufel Frikha il y a 4 ans lorsqu'il réalisait son stage de Master 2 (Probabilités et Finance de l'UPMC/X) à la direction de la recherche (DR) de Gaz de France. Noufel Frikha a très vite su s'intégrer à l'équipe grâce à ses qualités humaines et scientifiques. Après ce stage de M2, il démarra une thèse sous la direction de Gilles Pagès en étroite collaboration avec la DR de Gaz de France. Ses travaux académiques (3 articles publiés et 3 prépublications soumises) ont pour ambition de répondre à des problèmes complexes que rencontrent les praticiens sur les marchés de l'énergie, comme la gestion dynamique du risque et la modélisation jointe des énergies.

Son travail de thèse le plus novateur me semble être celui sur la couverture dynamique du risque en marché incomplet. Il introduit pour ce problème une classe de mesures de risque dynamiques (notamment la CVaR) et prouve l'existence d'une stratégie optimale. Pour approcher numériquement cette stratégie optimale, Noufel Frikha a mis au point de nombreux algorithmes probabilistes. Ces algorithmes sont efficaces et font appel à d'importants domaines des probabilités appliquées: algorithmes stochastiques, quantification optimale, principe de Bellman, échantillonnage d'importance... Les simulations numériques produites sont d'une grande qualité démontrent la pertinence de l'approche.

Personnellement j'ai pris beaucoup de plaisir à travailler avec Noufel Frikha sur une partie plus statistique: le développement d'un modèle répliquant de nombreuses propriétés des trajectoires des prix du gaz et de l'électricité (corrélations, stationnarité, dépendance long terme entre énergies...). Ce travail a donné lieu à un article à paraître dans *Applied Mathematical Finance* et à de nombreuses notes internes chez GDF-Suez. J'ai pu apprécier de nombreuses qualités de chercheur que possède Noufel comme sa créativité et sa rigueur, ainsi que sa grande gentillesse et son esprit d'ouverture.

Cette dernière année, Noufel en tant qu'ATER au CMAP a prolongé ses travaux de recherche en soumettant un travail consacré à la minimisation du risque dans un marché à temps discret. Son travail prouve l'existence d'une stratégie optimale par des méthodes de contrôle stochastique et propose différentes

approches numériques permettant d'approcher cette stratégie optimale.

En conclusion, Noufel Frikha est un excellent chercheur, autonome, qui s'intéresse de près à des problèmes concrets et importants de l'industrie financière. Sa grande culture numérique lui permet de proposer des algorithmes pertinents utilisés par les praticiens (notamment chez GDF-Suez). Je recommande chaleureusement et sans aucune réserve sa candidature à un poste de maître de conférences.

Lettre de recommandation pour Noufel Frikha à un poste de Maître de conférences

La Défense, le 13/02/12

GDF SUEZ
Direction Financière
1 Place Samuel de CHAMPLAIN
92930 PARIS LA DEFENSE CEDEX
www.gdfsuez.com

GDF SUEZ - SA AU CAPITAL DE 2 252 636 208 EUROS - RCS NANTERRE 542 107 651
Siège Social : 1 place Samuel de Champlain - 92400 Courbevoie

C'est avec plaisir que je recommande la candidature de Noufel Frikha pour un poste de maître de conférences. Je connais Noufel depuis ses études au Master Probabilités et Finance de l'Université Pierre et Marie Curie, au cours desquelles il a suivi mon cours de marchés des énergies.

Noufel a effectué son stage de Master au sein de la Direction de la Recherche de GDF SUEZ où j'étais moi-même en poste en tant que chef de projet. Le sujet de son stage portait sur la modélisation des dépendances, en terme de co-intégration, entre énergies. Un sujet fondamental pour les énergéticiens auquel Noufel a par la suite donné une dimension personnelle qui s'est traduite par une première publication dans une revue internationale.

A la suite de ce stage et devant l'intérêt porté par Noufel à la recherche appliquée, Gilles Pagès et moi-même avons constitué un dossier CIFRE permettant à Noufel de poursuivre ses travaux dans le cadre d'une collaboration entre GDF SUEZ et l'Université Pierre et Marie Curie. Outre la modélisation des prix des matières premières, Noufel s'est également intéressé dans sa thèse à la question de l'estimation de mesures de risque de type Value-at-Risk et Conditional Value-at-Risk à l'aide de méthodes d'optimisation stochastiques. Ces premiers résultats sont à l'origine du troisième thème de la thèse de Noufel, la gestion et la couverture du portefeuille d'un énergéticien. C'est une question particulièrement ardue en raison des spécificités des marchés des énergies qui rendent impossible une application directe des résultats de mathématiques financières reposant sur une hypothèse de complétude des marchés. Les algorithmes précédemment développés pour l'estimation des mesures de risques, combinés à des méthodes de quantification optimale, ont fourni le fondement de méthodes d'optimisation dynamiques de portefeuilles sous contrainte de risque (Value-at-Risk, Conditional Value-at-Risk, Shortfall risk). Les résultats très positifs obtenus sur ces différents sujets ont donné lieu à plusieurs publications ainsi qu'à des communications dans des conférences internationales.

Sur chacun de ces sujets, Noufel a su faire preuve d'un investissement remarquable puisqu'il est successivement monté en compétence sur les outils de statistique des processus puis d'algorithmes stochastiques, tout en les combinant avec ses connaissances en mathématiques financières, pour développer des solutions à la fois innovantes et adaptées aux impératifs opérationnels.

Son excellent niveau scientifique, ses compétences en informatiques et en simulations numériques ainsi que sa très bonne connaissance des enjeux de la finance de marché, des marchés des énergies en particulier, font de Noufel un candidat idéal pour un poste de maître

de conférences. Il saura apporter à l'équipe qui l'accueille sa compréhension des besoins des praticiens, les compétences méthodologiques et informatiques qui permettent d'y répondre ainsi que sa capacité à transférer les résultats de ses travaux à un public de non spécialistes et notamment d'industriels.

Je recommande donc sans réserve sa candidature.

Olivier Bardou
Contrôleur Senior des risques
de marché
GDF SUEZ - Direction
Financière

Mathieu Rosenbaum,
Université Pierre et Marie Curie, LPMA
mathieu.rosenbaum@upmc.fr

Recommandation de Noufel Frikha en vue d'un poste de maître de conférences.

Madame, Monsieur,

Dans le cadre de son service d'ATER à l'École Polytechnique en 2011-2012, Noufel Frikha s'est occupé des petites classes (travaux dirigés) du cours de *Probability Theory* dont je suis le responsable. Cet enseignement de troisième année de l'École Polytechnique, entièrement dispensé en anglais, a pour but de permettre aux étudiants de revoir les éléments fondamentaux en mesure, intégration et probabilités.

J'ai été absolument ravi de collaborer avec Noufel Frikha cette année. En effet, le travail fourni par Noufel Frikha dans la préparation des petites classes a été absolument exemplaire. En particulier, il a toujours choisi ses exercices avec grand soin, en tenant compte des objectifs de l'enseignement et de l'avancement du cours magistral. Par ailleurs, il a rédigé les corrections de l'ensemble des exercices proposés afin de pouvoir en fournir une version électronique aux étudiants.

De plus, Noufel Frikha est visiblement un excellent enseignant, apprécié de ses étudiants. Il a notamment permis à certains élèves initialement en difficulté en probabilités d'acquérir un niveau tout à fait raisonnable. Ainsi, je serais très heureux de pouvoir collaborer à nouveau avec lui dans le cadre d'un cours.

Enfin, durant cette période, j'ai pu assister à plusieurs présentations de Noufel Frikha et nous avons souvent discuté de ses thèmes de recherche. Sans être spécialiste du domaine, il me semble que les méthodes d'algorithmes stochastiques étudiées par Noufel Frikha permettent de résoudre de manière efficace de nombreux problèmes d'optimisation en finance. Par ailleurs, j'apprécie la volonté permanente de Noufel Frikha de ne pas se contenter de résultats numériques satisfaisants mais d'étudier en profondeur les questions mathématiques sous-jacentes aux algorithmes. Noufel Frikha a déjà résolu plusieurs problèmes complexes sur le sujet et nous envisageons de nous intéresser ensemble aux applications à la statistique haute fréquence de ces techniques.

J'espère donc vivement que Noufel Frikha sera recruté cette année comme maître de conférences et j'appuie très chaleureusement sa candidature.

Très cordialement,

Mathieu Rosenbaum



UNIVERSITETET
I OSLO

Fred Espen Benth
CENTRE OF MATHEMATICS
FOR APPLICATIONS (CMA)

P.O. Box 1053 Blindern
NO-0316 Oslo
NORWAY

Niels Henrik Abels hus, 10. floor
Phone: +47 22 85 58 88
Fax: +47 22 85 43 49

To whom it may concern

Letter of reference for Dr. Noufel Frikha

I know Dr. Noufel Frikha as examiner on his PhD thesis entitled "Contributions to dynamic risk hedging and modeling of energy markets". Through my reading of this thesis, I got a very good impression of the scientific qualities of Dr. Frikha.

Dr. Frikha's thesis consisted of several high quality research papers, with a focus on development and analysis of numerical approaches to studying hedging and risk dynamically in financial markets. The work is on top international level for a PhD, and at the frontiers in current research on the area. Dr. Frikha also has worked on very interesting problems related to energy markets, which is a topic of current interest in the research community.

Through his thesis, Dr. Frikha demonstrated scientific quality in mathematics and numerical analysis, in particular stochastic analysis and Monte Carlo based methodology. His work is innovative, and he seems to be an excellent candidate for any position in research and technology development. Based on my reading of his scientific contribution, I strongly recommend Dr. Frikha.

Yours faithfully,

Fred Espen Benth
Professor of Mathematical Finance
Oslo, 15 February 2012

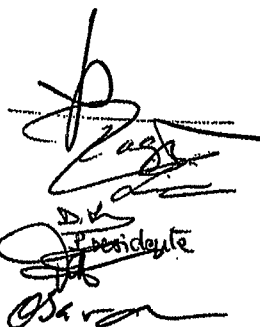
Thèse soutenue le 01 Décembre 2010

Par **M. FRIKHA, NOUFEL**

Sujet de la thèse

CONTRIBUTION A LA MODELISATION ET A LA GESTION DYNAMIQUE DU RISQUE DES MARCHES DE L'ENERGIE.

Jury M. LAPEYRE
M. BENTH
M. PAGÈS
M. LEMAIRE
M. LAMBERTON
Mme ELKAROUI
M. FORT
M. BARDOU


Présidente

expose'

N. Karoui.

Rapport de soutenance

(utiliser le verso de ce document pour le rapport de soutenance)

Mention accordée au candidat *
par le jury

Très honorable.

Paris, le 01/12/2010

Le président et les membres du jury :

N. Karoui.

*
L'UPMC recommande de ne plus attribuer que les mentions 'Honorable' et 'Très honorable'
(décision des Conseils Scientifiques du 04/12/2000 et du 02/07/2001 et du Conseil d'Administration du 08/10/2001)

Monsieur Noufel Frikha a présenté avec beaucoup de clarté les nombreux résultats qu'il a obtenus dans le domaine de la modélisation et de la gestion du risque des marchés de l'énergie.

Dans la première partie de son exposé, il a présenté un algorithme stochastique original de calcul combiné de (Var-CVar) amélioré par des techniques d'échantillonnage préférentiel adaptatif. Il a commenté l'étude mathématique complète et les performances numériques qu'il a menées. La deuxième partie propose des méthodes numériques efficaces de couverture dynamique du risque d'un portefeuille d'un énergéticien. Le jury a apprécié l'originalité et la généralité de la méthode. Sur un plan pratique, il a mis en évidence la sensibilité de la distribution des profils des pertes au niveau de confiance exigé.

Il a ensuite mentionné ses autres contributions à la modélisation et à la simulation Monte Carlo.

Les questions du jury ont été nombreuses et les réponses fort pertinentes. Le jury estime que le candidat dispose des qualités pour devenir un excellent chercheur dans le monde académique ou industriel. Il a par ailleurs fait montre de qualités pédagogiques évidentes. Le jury unanime lui décerne le grade de docteur de l'UEM en mathématiques avec la mention très honorable.

N. Korum

ATTESTATION de DIPLOME

(DIPLOME CREE PAR L'ARRETE DU 5 JUILLET 1984)

Le Secrétaire Général de l'Université PIERRE et MARIE CURIE (Paris 6) certifie que :

M. FRIKHA, NOUFEL

né (e) le : 25 Janvier 1982 à PARIS 11 (PARIS)

a soutenu avec succès le 01 Décembre 2010 une thèse ayant pour sujet :

CONTRIBUTION A LA MODELISATION ET A LA GESTION DYNAMIQUE DU RISQUE DES MARCHES DE L'ENERGIE.

a été déclaré digne du **GRADE de DOCTEUR DE L'UNIVERSITE PARIS 6**

SCIENCES MATHÉMATIQUES DE PARIS-CENTRE

avec la mention **TRES-HONORABLE**

A Paris, le 02/12/2010



Le Président,
par délégation le Directeur
de l'Institut de Formation Doctorale

Signature de l'impétrant

NOTA - IL NE PEUT ETRE DELIVRE QU'UNE SEULE ATTESTATION.

Report on the thesis "Contribution a la modelisation et a la gestion dynamique du risque des marches de l'energie"

submitted for the doctor degree by Noufel Frikha

The main object of the thesis under review is the efficient computation of risk in portfolios, particularly relevant to the energy markets. The focus is on Value-at-Risk (VaR) and conditional VaR (CVaR), and the development of intelligent Monte Carlo based techniques, based on stochastic approximation theory, importance sampling and quasi-random number generation. The thesis consists of an introductory chapter, and 5 chapters being stand-alone research papers divided into three parts.

To compute VaR and CVaR for portfolios is a seemingly straightforward task using pure Monte Carlo. However, a practical implementation will quickly reveal that for high levels of risk, as those set out in Basel regulations, say, we are dealing with small probability events, and "brute-force" Monte Carlo becomes highly inefficient and practically unapplicable. To make matters even worse, real-life portfolios may be large and complex, including non-linear assets like options and other derivatives. This thesis contributes significantly to the theory of developing applicable and efficient Monte Carlo based techniques for dealing with VaR and CVaR computations in realistic situations.

In the first paper, co-authored with Bardou and Pages and published in Monte Carlo Methods and Applications, a Robbins-Monro algorithm is devised for the VaR/CVaR problem. The authors prove that their iterative procedure converges almost surely, and moreover that the rate is given by a central limit theorem. Moreover, the procedure is made more efficient by adaptive importance sampling. The second paper extends these results to the infinite-dimensional case, that is, situations where one has path-dependency in the risk measuring. This may occur in connection with portfolios consisting of for example barrier options or Asian-type derivatives. Numerical examples include the running of a gas-fired power plant and up & in put options, and a dynamics with a stochastic volatility model. The third paper in this part dealing with risk measuring, introduces the use of quasi-Monte Carlo (QMC) methods for these techniques. QMC can be considered as a variance-reducing technique, although it makes use of low discrepancy deterministic sequences rather than random numbers (to the extent a computer may generate random numbers). This paper has appeared in Monte Carlo and Quasi-Monte Carlo Methods.

Chapter 5 is a joint paper with Bardou and Pages, and deals with risk

minimizing hedging strategies. In incomplete markets, there exists in general no hedging strategy for a derivative, and one must resort to strategies which covers the risk exposure only partially. The authors focus on strategies which have CVaR-constraints, and adapt the theory introduced in the previous chapter for this purpose. The methods are illustrated on several energy relevant examples, which clearly demonstrate the power of these techniques.

The last chapter is a paper on the joint modelling of electricity and gas co-authored with Lemaire. The spot price dynamics of gas and electricity are modelled jointly by multi-factor Ornstein-Uhlenbeck processes, which, using data from the French electricity market Powernext and the UK gas market NBP, fit the stylized features of the data very well. The model is applied to measure the risk on a power plant portfolio.

As far as I have been able to verify, the results and proofs of the thesis are correct and sound. The papers are of high quality, and meeting the international standards of a very good doctoral thesis. It deals with problems of great practical value. The methods and techniques developed are complex and sophisticated, and backed-up by mathematical analysis. Finally, the theory is illustrated by numerous experiments, which by themselves are interesting, but of course also highlights the findings of the thesis. In my view, this thesis corresponds to the level expected for a very good PhD work.

Fred Espen Benth
Professor of Mathematical Finance
University of Oslo
Oslo, November 3, 2010

Rapport sur la thèse de Monsieur Noufel Frikha.
Contribution à la modélisation et à la gestion dynamique
du risque des marchés de l'énergie

Le travail de Monsieur Noufel Frikha est consacré à des problématiques numériques probabilistes motivées par des applications dans les marchés de l'énergie. L'un des outils essentiels est l'utilisation d'algorithmes stochastiques et de méthodes de simulation.

Cette thèse se compose de 3 parties : la première consacrée à des calculs de Var ("Quantiles") et CVar ("Espérance conditionnelle à un quantile") à l'aide d'algorithmes stochastiques, la deuxième à des méthodes de couverture en CVar pour des marchés incomplets et la troisième à la modélisation conjointe des prix du couple Gaz, Électricité. C'est la thématique applicative du marché de l'énergie qui donne toute sa cohérence à cette thèse.

La première partie est composée de trois chapitres (2,3,4). Le chapitre 2 est consacré à des calculs de Var et de CVar en dimension finie. Des algorithmes d'estimation récursive pour le couple Var,CVar sont décrits, ainsi que des techniques de moyennisation. Puis une technique de fonction d'importance adaptative couplée est introduite pour aboutir à l'algorithme définitif. Une loi forte des grand nombre est alors établie (proposition 2.3.1) pour cet algorithme couplé. Un théorème de la limite centrale est obtenu et diverses extensions sont évoquées. Des exemples numériques dans des cas gaussien et NIG sont donnés. Ce chapitre a fait l'objet d'une publication à trois dans la revue "Monte-Carlo methods and applications". Le chapitre 3 étend les méthodes précédentes au cas d'une fonction de la trajectoire d'un processus (cas "infini dimensionnel"). Le théorème de Girsanov est utilisé comme outil de fonction d'importance. Cette transformation est ici paramétrée pour une fonction de L_2 ce qui nécessite quelques développements techniques, mais l'auteur peut étendre les LFGN et TCL à ce contexte. Ce travail est illustré sur des cas d'options asiatiques, d'une centrale nucléaire et de "puts in & out". Le chapitre 4 s'intéresse à la substitution de suites à discrétances faibles aux tirages aléatoires dans les algorithmes stochastiques. Un théorème de convergence est obtenu, dans ce cadre, sous des hypothèses raisonnables. Ce travail a fait l'objet d'une publication dans la conférence "Monte-Carlo and Quasi Monte-Carlo Methods 2008".

Le chapitre 5 traite de couverture en CVar à l'aide d'algorithmes stochastiques et de techniques de quantification. L'auteur commence par présenter des éléments théoriques sur la couverture en CVar, puis les questions numériques sont abordées dans un cadre markovien. Quatre méthodes sont présentées (Crude CVar hedging algorithm, Backward Dynamic hedging algorithm, Martingale decomposition, Classical decomposition). Ces quatre méthodes reposent sur des variantes de techniques d'algorithmes stochastiques et de moyennisation développées dans la première partie. Les limites liées à la dimension sont soulignées et des exemples statiques et dynamiques sont traités.

La thèse se termine par un chapitre dédié à la modélisation des prix du couple gaz, électricité. Un modèle reposant sur des variantes de processus d'Orstein-Uhlenbeck à coefficient de diffusion paramétrique est présenté. Des méthodes d'identifications adaptées sont proposées et illustrées sur les marchés de gaz et d'électricité.

Conclusion Monsieur Noufel Frikha démontre, dans cette thèse, une connaissance approfondie des méthodes algorithmiques probabilistes, des méthodes statistiques et du contexte applicatif des marchés énergétiques.

Il y étend et développe (partie 1 et 2) des méthodes de calcul de Var et de CVar par algorithme stochastique, techniques de moyennisation et réduction de variance adaptative. Il démontre une excellente maîtrise de techniques probabilistes pour prouver des résultats asymptotiques parfaitement adaptés au contexte appliqué. Il propose des implémentations numériques convaincantes des idées développées. Des éléments statistiques sont développés dans la partie 3 et convainquent de l'étendue de la culture statistique du candidat et de sa connaissance des marchés énergétiques. La première partie de ce travail a fait l'objet d'une publication dans une revue et de publications dans un colloque. Les deux autres sont apparemment des projets d'articles.

C'est donc sans réserve que j'émetts un avis favorable à la soutenance de cette thèse pour obtenir le titre de docteur de l'Université Pierre et Marie Curie.

Bernard LAPEYRE

*Ce document doit être joint au dossier transmis à
l'intention du comité de sélection*

DÉCLARATION DE CANDIDATURE AU RECRUTEMENT SUR UN EMPLOI DE MAITRE DE CONFERENCES
(Campagne 2012)

(décret n° 84-431 du 6 juin 1984 modifié)
Authentification : 57ecccde7dc874160bb19934e0f123cb (1331304684768)

adressée au chef d'établissement de : UNIVERSITE PARIS 7 (DENIS DIDEROT)

Poste(s) : n°4073

Publié le : 23 février 2012 à 00:02

Section(s) C.N.U : 26 (Mathématiques appliquées et applications des mathématiques) et 25 (Mathématiques)

Profil : Statistiques du risque et Fouilles de données

Localisation : PARIS

Article 26-I-1

Chaire : Non

Je soussigné(e) M.

Nom patronymique : FRIKHA

Nom d'usage ou marital : NOUFEL

Prénom : NOUFEL

Date et lieu de naissance : 25/01/1982 - PARIS

Nationalité : Française

N° de qualification : 11226218801

Adresse postale et électronique à laquelle seront acheminées toutes les correspondances

11 RUE DU BAC D'ASNIERES

Code postal : 92110	Ville : CLICHY LA GARENNE	Pays : FRANCE
---------------------	---------------------------	---------------

Téléphone : 06 18 81 17 73	Télécopie :
----------------------------	-------------

Adresse électronique : frikha.noufel@gmail.com
--

Fonctions et établissement actuel : ATER n'ayant pas la qualité de fonctionnaire-ECOLE POLYTECHNIQUE

Date de création :

09/03/2012 à 15:03

Date de dernière modification :

09/03/2012 à 15:03

Titres universitaires français :

Doctorat

Diplôme le plus récent : Thèse

Titre : Contribution à la modélisation et à la gestion dynamique du risque des marchés de l'énergie

Date de soutenance : 10/12/2010

Lieu de la soutenance : UNIVERSITE PIERRE & MARIE CURIE

Mention : très honorable

Directeur : GILLES PAGES

Composition du jury : DAMIEN LAMBERTON

BERNARD LAPEYRE

NICOLE EL KAROUI

JEAN CLAUDE FORT

VINCENT LEMAIRE

OLIVIER BARDOU

Activités en matière d'enseignement :

Mathématiques, L1, Calcul Vectoriel, Mathématiques financières (ENSAE), Ecole Polytechnique (1ère, 2ème et 3ème année)

thème de recherche et mots clés :

Probabilités numériques, Mathématiques appliquées aux marchés financiers et de l'énergie, Algorithmes stochastiques, Contrôle stochastique, Modélisation d'actifs sur les marchés de l'énergie.

Activités en matière d'administration et autres responsabilités collectives :

Organisateur du groupe de travail "Modélisation stochastique en finance" au CMAP, Ecole Polytechnique.

Autres titres et diplômes :

Travaux, ouvrages, articles, réalisations :

Recursive Computation of Value-at-Risk and Conditional Value-at-Risk using MC and QMC

Computing VaR and CVaR using Stochastic Approximation and Adaptive Unconstrained Importance Sampling

Joint modelling of Gas and Electricity spot prices

CVaR hedging using quantization based stochastic approximation algorithm

Quantization based Recursive Importance Sampling

Shortfall risk minimization

Liste des pièces à fournir par le candidat :

pièces obligatoires

déclare faire acte de candidature sur l'emploi ci-dessus désigné :

Fait à Paris le 10/03/2012.

Signature

