Marge initiale : impact de la méthodologie sur la valorisation des produits OTC non compensés

Arthur COLIN

Remerciements

Je voudrais employé ces quelques lignes pour témoigner toute ma gratitude aux personnes qui m'ont aidé dans ce travail.

Je pense en premier lieu à remercier mon équipe EY (Quantitative Advisory) et plus particulièrement Vincent Drouin qui a su m'accompagner depuis mes premiers pas dans le monde professionnel. Son encadrement, ses explications et son expérience ont été d'une aide cruciale pour la rédaction de ce mémoire.

Je tiens également à remercier Olivier Lopez, mon tuteur académique et directeur de l'ISUP. Je salue le travail qu'il a su effectuer au sein de l'école.

Table des matières

Introduction

Le marché des produits dérivés de gré à gré a explosé entre les années 1990 et 2010. En 2006, les contrats en cours représentaient 370 000 milliards de dollars alors que ce marché était presque inexistant en 1990. Par leur importance, ces transactions ont joué un rôle majeur dans les récentes crises financières. Le risque de contrepartie de ces produits nécessite une prise en compte notable, d'où l'importance d'un meilleur encadrement.

Le cadre réglementaire a évolué pour répondre à ce besoin avec une extension des obligations de clearing, puis plus récemment une exigence de mise en place de marges pour les produits non compensés centralement. Deux réformes majeures sont alors apparues : En mars 2015, le Comité de Bâle sur le contrôle bancaire (BCBS) et l'Organisation internationale des commissions de valeurs (IOSCO) ont publié le document intitulé *Exigences de marge pour les dérivés non compensés centralement*, destiné à atténuer le risque systémique que présentent les produits dérivés qui ne font pas l'objet d'une compensation centrale. Puis, le 8 mars 2016, l'European Supervisory Authorities (ESA) a publié le rapport final sur les exigences de marge sous EMIR (European Market Infrastructure Regulation) pour les dérivés de gré à gré non compensés centralement avec une entrée en vigueur le 4 janvier 2017.

Ces différentes règlementations imposent deux types de marges pour les produits non compensés : la marge de variation et la marge initiale. Nous nous intéressons ici à la seconde, elle couvre le risque de marché du portefeuille pendant le temps nécessaire au dénouement de la position, le risque de contrepartie est alors annulé. Cependant, étant postée sur un compte ségrégué, elle induit des coûts de financement qui impactent la valorisation du produit. Par conséquent, la valeur de cette marge est primordiale.

La méthodologie adoptée afin de calculer cette marge, bien qu'encadrée, montre encore une liberté importante. Trois grandes approches émergent : la méthode standard, la méthode SIMM (proposée pas l'ISDA) et enfin une modélisation interne nécessitant une validation de la part des autorités de contrôle. Nous allons donc comparer ces différentes méthodes afin d'observer l'impact de la méthodologie adoptée sur la valorisation d'un produit dérivé et les conséquences de ces réformes sur le marché des produits dérivés non compensés.

Marge initiale : contexte et enjeux

Produits dérivés et risque de contrepartie

Un produit dérivé (ou contrat dérivé) est un instrument financier. Ce produit est un contrat entre deux parties, un acheteur et un vendeur, qui fixe des flux financiers futurs fondés sur ceux d'un actif sous-jacent, réel ou théorique, généralement financier. La valeur de ce produit ne requiert aucun, ou peu, d'invesissement initial et dépend de la fluctuation de l'actif sous-jacent au cours du temps. Le marché des produits dérivés est dit de gré à gré (*Over-The-Counter, OTC*), c'est-à-dire un marché où la transaction est conclue directement entre le vendeur et l'acheteur.

Initialement, ces produits avaient pour but de couvrir les entreprises contre des risques financiers tels qu'une augmentation du prix des matières premières ou un risque de change. Néanmoins, ce marché a vu une croissance exponentielle entre les années 1990 et 2010. Les contrats dérivés représentaient en 2013 plus de 10 fois la valeur réelle des actions et des bons sous-jacents réunis. Ils peuvent être multipliés et un actif peut-être couvert par des milliers de contrats dérivés.

Contrairement à un titre financier qui donne une valeur à son porteur, celle du contrat dérivé est affectée par un risque ; celui que l'une des contreparties n'honore pas ses engagements ; c'est-à-dire qu'une contrepartie fasse défaut durant la durée de vie du contrat. Il s'agit du risque de contrepartie.

Les chambres de compensation

Afin de pallier le risque de contrepartie dans le cadre d'un produit dérivé standardisé, il est possible de faire appel à une chambre de compensation, plus communément nommée CCP (*Central CounterParty*). Cette dernière est une entité qui s'interpose entre les contrats négociés par deux contreparties, devenant ainsi l'acheteur et le vendeur unique pour chaque partie ; le contrat est alors dit compensé (ou clearé). La chambre de compensation se porte garante de la bonne fin des opérations : si une contrepartie est défaillante, elle se substitue à elle, à charge pour cette contrepartie de se retourner vers le négociateur qui a passé l'ordre, lui-même se retournant contre son client. Ci-dessous, nous illustrons la présence d'une chambre de compensation :

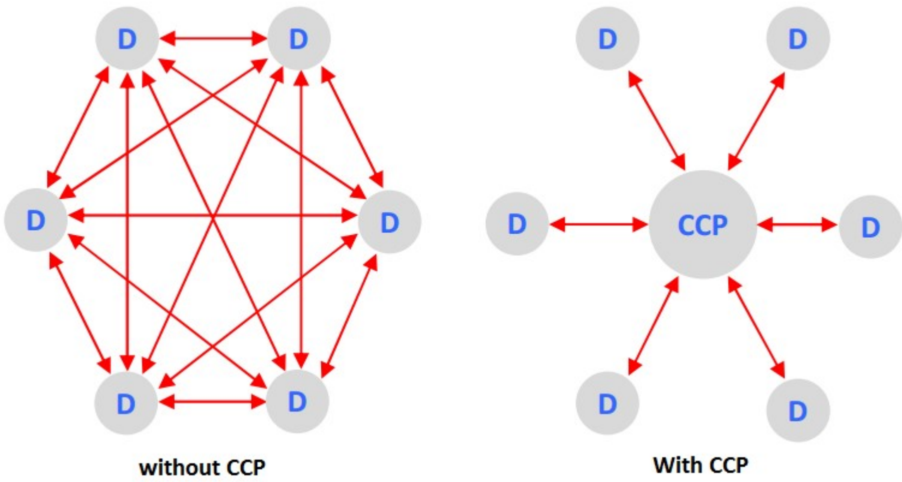

Figure 1: Principe d'une chambre de compensation

À travers ce mécanisme, la CCP garantit la bonne exécution des contrats ouverts et améliore la transparence en éliminant les « asymétries d'information » qui peuvent exister sur les marchés.

Afin d'assurer son rôle de garant des marchés et de limiter les risques de défaillance, la chambre de compensation met en place deux mécanismes destinés à s'assurer que les opérateurs ne seront pas défaillants au moment du débouclement :

- dès le lancement de la transaction une marge initiale, qui correspond, en général, à la variation maximale tolérée en une journée sur le marché. Celle-ci sert à garantir le risque résiduel supporté par la chambre de compensation.
- quotidiennement, pendant toute la durée de l'opération, elle surveille les différences entre le prix auquel le produit a été acheté ou vendu. En cas de perte potentielle, elle procède à un appel de marge, c'est-à-dire qu'elle demande à la contrepartie qui détient cette position perdante de verser une marge additionnelle.

Les appels de marge sont la propriété de la chambre de compensation pendant toute la durée de l'opération. Si un opérateur ne répond pas, son contrat est immédiatement liquidé par la chambre de compensation. Lorsque celle-ci est efficace, le risque de contrepartie est quasiment supprimé du marché.

Les CCP se sont dotées de méthodes de pointe en ce qui concerne la gestion des risques et le calcul des marges de couverture, qui vont bien au-delà de celles utilisées sur les marchés bilatéraux. L'interposition d'une CCP pour les transactions de dérivés de gré à gré permet la compensation multilatérale (ou *netting*) des expositions. Cela signifie en pratique qu'un même degré de protection peut être atteint via un moindre niveau de collatéral déposé en garantie, ou vice versa.

Les XVAs

Problématique au centre de la crise de liquidité survenue en octobre 2008, le risque de contrepartie est une composante majeure de la valeur des instruments dérivés. Au vu des normes comptables, la valeur de marché reconnue dans le bilan pour les instruments du portefeuille de négociation (*trading book*) représente la valeur de liquidation de cet instrument sur le marché, autrement dit la juste valeur (ou *fair value*). Néanmoins, depuis la fin des années 1990, lorsque le produit n'est pas compensé (car non standardisé ou non voulu), la valeur sans risque (appelée *Mark to Market*) diffère de la valeur de marché. Plusieurs composantes relatives au risque de contrepartie viennent impacter la valeur sans risque du produit : CVA, DVA, FVA et KVA.

La CVA (*Credit Value Adjustement*) est un ajustement de prix constaté pour refléter le risque de défaut de la contrepartie. En d'autres termes, la CVA représente le coût de remplacement si le défaut d'une contrepartie a lieu. Sa prise en compte est devenue systématique. La DVA (*Debt Value Adjustement*) est la pendante de la CVA. Elle correspond à un ajustement de prix reflétant le risque de crédit propre. Sa pratique n'est pas systématique mais est de plus en plus rependue.

La FVA (*Margin Value Adjustment*) représente le coût de financement lié à l'achat du produit dérivé. Lors de l'achat d'un produit dérivé, il est nécessaire de posséder de la liquidité, soit pour couvrir (*hedge*), soit pour poster un collatéral. La FVA est donc le coût de ce capital non utilisé et non utilisable.

La KVA (*Capital Value Adjustment*) représente l'impact sur la valorisation du capital propre, c'est-à-dire le coût d'immobilisation du capital. Il n'est pas modélisé mathématiquement mais il est estimé globalement afin de vérifier la rentabilité d'un produit.

Nous pouvons citer deux autres XVAs qui sont actuellement très peu appliquées :
La LVA (*Liquidity Value Adjustment*) qui est un ajustement représentant la différence du coût de couverture d'une contrepartie à une autre pour le même risque.
Le CollVA (*Collateral Value Adjustment*) qui représente grossièrement l'impact des clauses liées au collatéral.

Ainsi on a:

$$Valeur = valeur\ sans\ risque - FVA - CVA + DVA - KVA$$

Les problématiques liées aux ajustements de valeur (XVAs) appliquées à la valorisation des produits dérivés ont vu leur importance grandir depuis la crise. D'une part, ces ajustements représentent désormais des composantes sensibles du prix associées à des modèles complexes. D'autre part, le risque de contrepartie est au centre des règlementations issues de la crise visant à encadrer les dysfonctionnements des marchés dérivés comme observé 2008.

Nouvelles règlementations : mise en place de la marge initiale pour les produits non compensés centralement

La crise économique et financière de 2008 a mis en avant les failles du système financier. Le marché des produits OTC nécessite une régulation et une transparence accrue, c'est pourquoi le cadre règlementaire a évolué pour répondre à ce besoin.

En mars 2015, le Comité de Bâle sur le contrôle bancaire (BCBS) et l'Organisation internationale des commissions de valeurs (IOSCO) ont publié le document intitulé *Exigences de marge pour les dérivés non compensés centralement*, destiné à atténuer le risque systémique que présentent les produits dérivés qui ne font pas l'objet d'une compensation centrale. Le document indique que les institutions concernées devront obligatoirement passer par une chambre de compensation pour les produits standardisés, ou, échanger des marges initiales et de variation pour les dérivés non compensés centralement à compter du 1er septembre 2016. Le 8 mars 2016, l'European Supervisory Authorities (ESA) a publié le *Regulatory Technical Standards* (RTS) final sur les exigences de marge sous EMIR pour les dérivés de gré à gré non compensés centralement. Ces appels de marges correspondent à ceux effectués dans le cadre des chambres de compensation.

La marge de variation, ou *variation margin (VM)*, couvre le coût de remplacement du portefeuille en cas de défaut. Elle correspond au Mark-to-Market après application des règles de netting, conformément aux contrats en place entre les contreparties. Elle est fonction de la taille de l'exposition courante et dépend de la valeur des dérivés au prix du marché à n'importe quel moment et peut donc changer au cours du temps.

La marge intiale, ou *initial margin (IM)*, couvre le risque de marché du portefeuille pendant le temps nécessaire au dénouement de la position. Elle correspond à un *worst case scenario* d'évolution de la valeur du portefeuille, au-delà de la Variation Margin. Elle est fonction de la taille de l'exposition future potentielle et dépend de divers facteurs, dont la fréquence de réévaluation du contrat et d'échange de la marge de variation, la volatilité de l'instrument sous-jacent et la durée prévue de la période de dénouement et de remplacement des positions. La marge initiale peut changer avec le temps, en particulier lorsqu'elle est calculée par portefeuille et que des transactions sont ajoutées ou retirées.

Chaque contrepartie poste une marge initiale. Il existe donc deux marges : celle reçue et celle postée. Chaque contrepartie décide du montant de marge que l'autre doit lui poster. Les contreparties ne décident donc pas du montant de marge qu'elles doivent poster, seulement celui qu'elles doivent recevoir.

La marge initiale est ségréguée, c'est-à-dire postée sur un compte séparé, de façon à ne pas pouvoir être utilisée pendant la durée du contrat. Elle est non ré-hypothécable et ne génère pas de flux. En cas de défaut d'une contrepartie, la marge est récupérée par la contrepartie qui subit ce défaut. Cette dernière est donc assurée partiellement ou non, contre la perte. En l'absence de défaut à la maturité du contrat, chaque contrepartie récupère la marge versée.

Ainsi, pour synthétiser, la marge de variation couvre l'exposition réalisée au prix du marché tandis que la marge initiale couvre une variation de MtM défavorable :

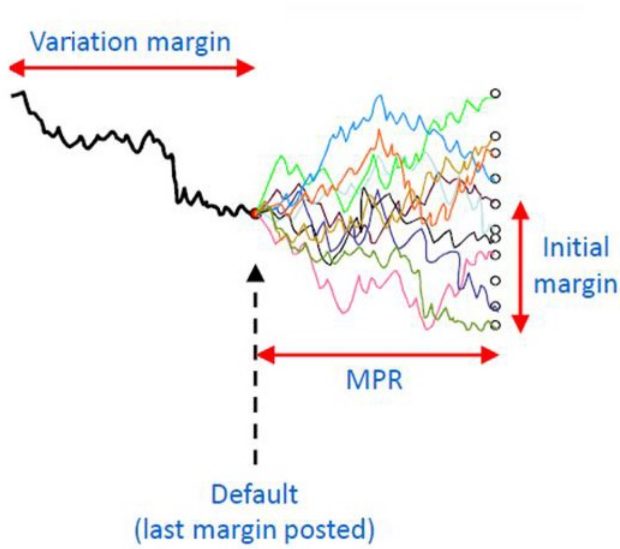

Figure 2: Schéma explicatif de la marge intiale et de variation

Ces exigences sont applicables à partir du 1er septembre 2016, avec des seuils d'applications et un calendrier de mise en place progressif :

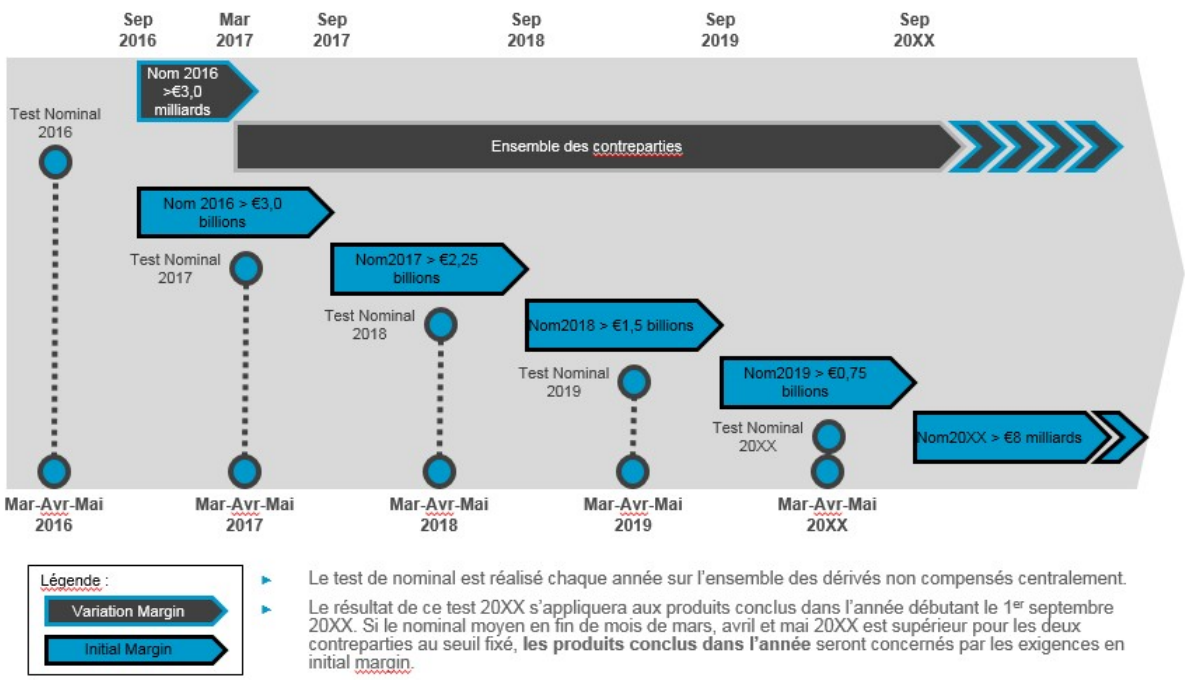

Figure 3: calendrier et modalités d'application de la règlementation

A horizon 2020, les contreparties ayant un portefeuille de dérivés OTC supérieur à 5 milliards seront soumises à cette règlementation. Il est à noter que, si seule l'une des contreparties est soumise à cette règlementation, alors il n'est pas nécessaire de poster une marge initiale. Dans ce cas, le risque de contrepartie demeure géré par les XVAs.

Impact de de la marge initiale sur les XVAs

Les nouvelles règlementations évoquées ci-dessus présentent un impact fort sur les méthodologies de calculs du risque de contrepartie sur le marché OTC non compensé. Ce nouveau cadre a de nombreuses implications concernant la gestion du risque. En effet, grâce à cet appel de marge, le risque de contrepartie est annulé. De ce fait, la CVA, la DVA et la KVA sont proches de zéro. Néanmoins, la marge postée implique un coût de financement important appelé MVA (*Margin Valuation Adjustment*). La MVA est inclue dans la FVA.

La MVA se calcule de la façon suivante :

$$MVA = E^Q\Big(\int_0^T IM(t)e^{-\int_0^t r(u)du}(s(t) - c(t))dt\Big)$$

Avec :

- r le taux sans risque
- s coût de funding forward
- c coüt de rémunération du collatéral forward
- $IM(t)$ marge initiale forward en date t

Il est donc nécessaire de calculer une marge initiale forward (marge initiale anticipée à une date future) afin d'estimer la valeur du produit. Néanmoins, plusieurs méthodologies sont proposées afin de réaliser ce calcul. Nous allons donc nous y intéresser et estimer l'impact de ces différentes méthodes sur la valorisation.

Présentation des règlementations de calcul de marge initiale

La Regulatory Technical Standards publié en 2013 par EMIR demande aux banques de mettre en place un dispositif de calcul de marge pour les produits dérivés non compensés appelé *Regulatory Initial Margins (RIM)*.

Méthode standard

Le calcul du montant de marge initiale en approche standard se fait en deux étapes:

- Un montant brut est calculé par l'utilisation d'un barème s'appliquant au nominal et défini par catégorie d'actifs (voir annexe 1), avec un degré limité de netting possible sous réserve de l'approbation de l'autorité de contrôle compétente.
- Le montant brut est ajusté à l'aide d'un ratio, *Net to Gross Ratio*, afin de déterminer le montant net :

$$Marge\ initiale\ nette = (0,4 + 0,6\ NGR) * Marge\ initiale\ brute$$

Avec :

$$NGR = \frac{|MtM_{global\ netting}|}{\sum |MtM_i|}$$

Modèle interne

Les modèles peuvent être, soit élaborés en interne, soit obtenus auprès des contreparties ou de tiers. Tout modèle quantitatif employé à des fins de marge initiale doit :

- être approuvé par l'autorité de contrôle compétente
- être soumis à un processus interne de gouvernance qui évalue en permanence l'intérêt d'évaluation des risques par le modèle, le teste par rapport aux données et à l'expérience réelles et enfin valide son applicabilité aux dérivés pour lesquels il est utilisé.

Il n'est pas possible de passer d'un calcul reposant sur un modèle à un calcul fondé sur un barème simplement pour s'assurer les conditions de marge initiale les plus favorables. La formule retenue (modèle ou barème) devra rester la même pour toutes les transactions relatives à une même catégorie d'actifs. Il est néanmoins possible d'utiliser une marge initiale calculée à partir d'un modèle pour une catégorie de dérivés dans laquelle sont couramment menées des opérations et une marge initiale fondée sur un barème pour d'autres.

La calibration d'un modèle interne de Marge Initiale doit se faire sur des données historiques représentant une période comprise entre 3 ans et 5 ans tout en contenant au moins 25% de données représentant une période de stress. Les données utilisées doivent par ailleurs être équi-pondérées.

La fréquence de calcul de la marge de variation est quotidienne et celle de la marge initiale doit être calculée à minima tous les 10 jours.

Modèle SIMM

N'oublions pas que chaque contrepartie décide du montant de marge initiale qu'elle doit recevoir de l'autre contrepartie. Cela implique que si une contrepartie demande à recevoir un montant de marge initiale trop élevé, celle en face peut refuser et le contrat n'est pas conclu. Une alternative à une méthode interne a donc été proposée par l'ISDA (*Interest Swap Derivatives Association*) conformément aux normes règlementaires d'EMIR. Celle-ci permet d'éviter les disputes entre deux contreparties ne voulant pas s'accorder sur la valeur des marges initiales.

La méthodologie proposée s'apparente à une VaR paramétrique qui est fondée sur l'utilisation des sensibilités suivantes :

- Delta : Sensibilité au sous-jacent
- Vega : Sensibilité à la volatilité implicite du sous-jacent
- Curvature : Sensibilité au second ordre « Gamma » au sous-jacent.

Le montant de marge initiale se base sur une décomposition par classe de produits puis par classe de risques et enfin par sensibilité face aux facteurs de risques comme le résume le tableau suivant :

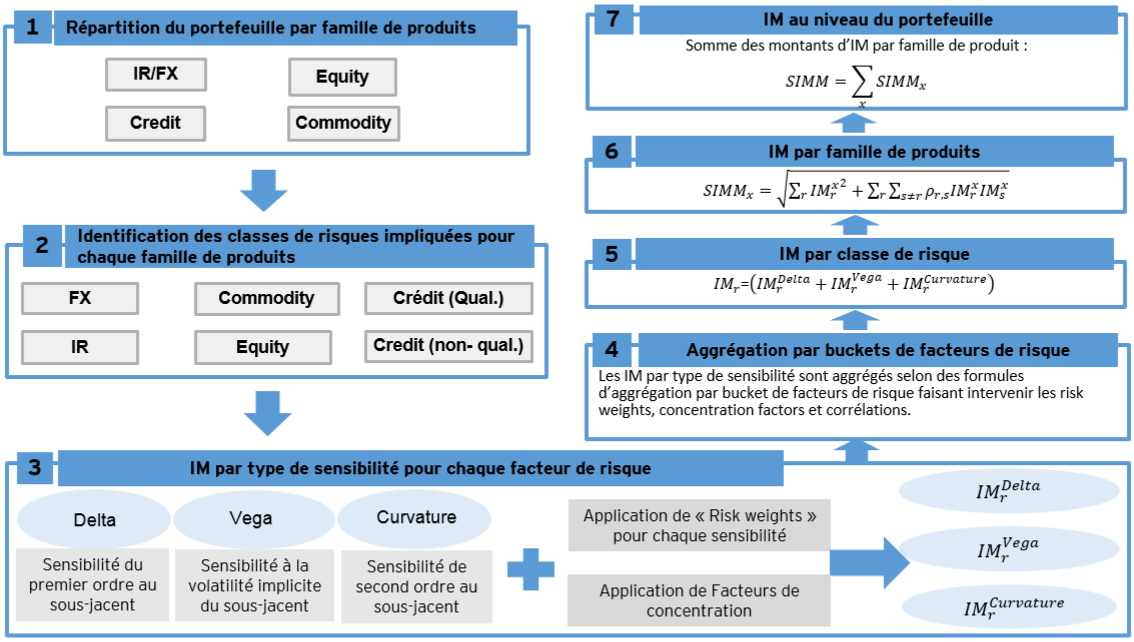

Figure 4: Méthode SIMM, utilisation

Le montant de marge initiale par classe de produits fait intervenir une corrélation entre les classes de risques.

Les IM_r^{delta}, IM_r^{vega}, $IM_r^{urvature}$ sont calculés à partir de :

- Poids standardisés pour chaque facteur de risque (*Risk Weights*) qui devront être recalibrés périodiquement
- Sensibilités à chaque facteur de risque
- Corrélations entre les facteurs de risque

Par ailleurs, des facteurs de concentration sont appliqués. Le détail de cette méthode est expliqué dans la note de décembre 2013 publiée par l'ISDA : *ISDA, SIMM methodology*.

Rappel sur les produits, les modèles et les données utilisés par la suite

Call

Un call (ou option d'achat) est une option d'achat sur un instrument financier. C'est un contrat entre deux contreparties, un acheteur (A) et un vendeur (B). A paie une prime (p) à B en échange de laquelle A a la possibilité et non l'obligation d'acheter à B l'actif sous-jacent à un prix fixé, appelé strike (K), à la date T (maturité). Ce type de contrat peut être *cash settlement*, seul le flux financier associé est échangé, ou *physical settlement*, l'actif sous-jacent est réellement échangé.

On parle de call européen si l'acheteur peut exercer son droit uniquement à la date de maturité et de call américain s'il peut l'exercer à tout moment avant la date de maturité inclusivement. Par la suite, lorsque nous parlerons de call nous ferons référence à un call européen. La valeur de ce produit (modulo la prime) peut s'exprimer de la façon suivante :

$$C_t = (S_t - K)+$$

La représentation graphique est donc la suivante :

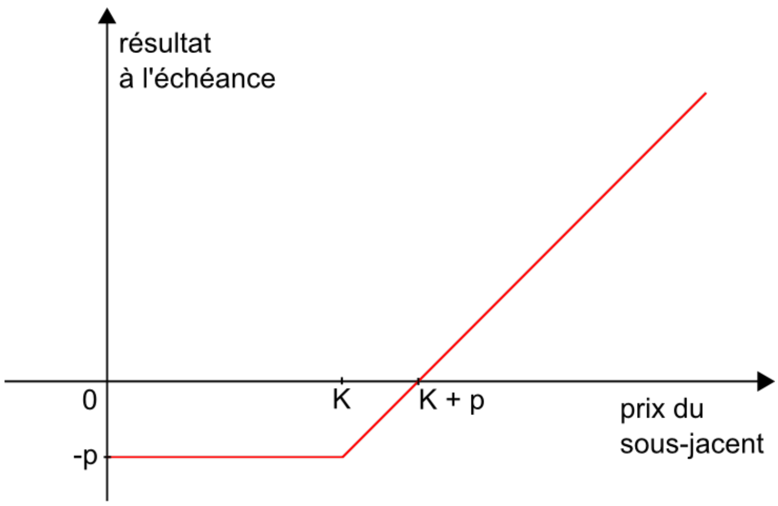

Figure 5: pay-off d'un call

Modèle de Black scholes

Le modèle Black-Scholes est un modèle mathématique du marché pour une action, dans lequel le prix de l'action est un processus stochastique en temps continu.

Ce modèle se base sur les hypothèses suivantes :

- il n'y a pas d'opportunité d'arbitrage
- le temps est une fonction continue
- il est possible d'effectuer des ventes à découvert
- il n'y a pas de coûts de transactions
- il existe un taux d'intérêt sans risque, connu à l'avance et constant
- tous les sous-jacents sont parfaitement divisibles
- dans le cas d'une action, celle-ci ne paie pas de dividendes entre le moment de l'évaluation de l'option et l'échéance de celle-ci

Sous ces hypothèses, le prix de l'actif sous-jacent S_t, avec une volatilité constante σ, une dérive constante μ et un processus de Wiener W_t, suit l'équation suivante :

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

Après calculs, avec r le taux sans risque, nous avons :

$$S_t = S_0 e^{(r-\frac{\sigma^2}{2})t+\sigma W_t}$$

La formule de Black-Scholes permet de calculer la valeur théorique d'un call :

$$C(S_0, K, r, t, \sigma) = S_0 N(d_1) - Ke^{-r(T-t)} N(d_2)$$

Avec :

- S_0 la valeur actuelle de l'action sous-jacente
- T maturité (en années)
- K le prix d'exercice fixé par l'option
- r le taux d'intérêt sans risque
- σ la volatilité du prix de l'action
- t date de valorisation
- N la fonction de répartition d'une loi normale centrée réduite

Et :

$$d_1 = \frac{1}{\sigma\sqrt{T-t}}\Big(ln\Big(\frac{S_0}{K} + \Big(r + \frac{1}{2}\sigma^2\Big)\Big(T-t\Big)\Big)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T-t}$$

Nous avons par ailleurs :

$$\Delta = \frac{\partial C}{\partial S} = N(d_1)$$

$$\nu = \frac{\partial C}{\partial \sigma} = SN'(d_1)\sigma\sqrt{T-t}$$

Swap de taux

Un swap de taux est un contrat dans lequel deux contreparties s'engagent mutuellement à se verser des flux financiers (les jambes du swap) calculés sur un montant notionnel (N), pendant une durée déterminée (n), suivant une fréquence (f), et une base de calcul calendaire.
Ainsi, quand on est payeur, cela signifie qu'on paye un taux fixe pour recevoir un taux variable. À l'inverse, être receveur signifie que l'on paye le taux variable et que l'on reçoit le taux fixe.

Un swap consiste donc en l'échange de flux variables indexés sur un taux contre des flux fixes calculés à partir d'un taux constant, ce qui donne l'allure suivante aux échanges :

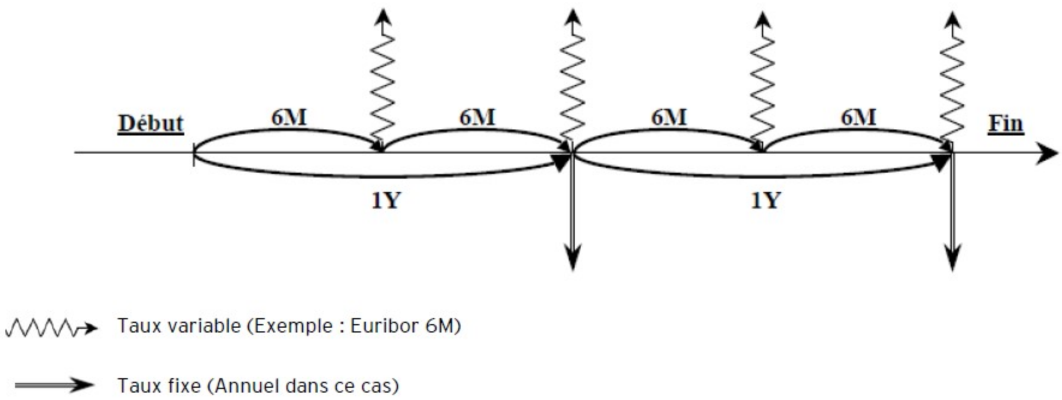

Figure 6: schéma explicatif swap

Définissons les notations suivantes :

- K taux fixe du swap
- τ_i fraction d'année entre T_{i-1} et T_i
- N nominal
- $D(t, T_i)$ discount factor en t pour une maturité T_i
- L Taux Libor en t pour une maturité T_i

On a ainsi, sans tenir compte d'éventuel spread :

$$V_{fixe}(t, n_{fixe}) = N.K. \sum_{i=1}^{nfixe} \tau_i.D(t, T_i)$$

$$V_{variable}(t, T_{nvariable}) = N. \sum_{j=1}^{nvariable} \tau_j.D(t, T_i).L(t, T_i)$$

et donc (au signe - près suivant si payeur ou receveur) :

$$V_{swap} = V_{fixe} - V_{variable}$$

Modèle de Vasicek

Le modèle de Vasicek décrit l'évolution des taux d'intérêt. Il est fréquemment utilisé pour simuler des taux sans risque. Selon ce modèle, le taux d'intérêt r_t suit l'équation stochastique suivante :

$$dr_t = a(b - r_t)dt + \sigma W_t$$

Avec :

- W_t est un processus de Wiener
- b facteur de retour à la moyenne
- a vitesse de retour à la moyenne
- σ volatilité

Après calculs, nous avons :

$$r_t = r_0 e^{-at} + b(1 - e^{-at}) + \sigma e^{-at} \int_0^t e^{as} dW_s$$

Qui se simule informatiquement de la manière suivante, avec un pas de temps δ :

$$r_{t+1} = r_t e^{-a\delta} + b(1 - e^{-a\delta}) + \sigma \sqrt{\frac{1 - e^{-2a\delta}}{2a}} N_{0,1}$$

Nous pouvons calibrer ce modèle (a, b et σ) grâce au maximum de vraisemblance sur n données historiques, ce qui nous donne :

$$b = \frac{S_y S_{xx} - S_x S_{xy}}{n(S_{xx} - S_{xy}) - (S_x^2 - S_x S_y)}$$

$$a = -\frac{1}{\delta} ln\Big(\frac{S_{xy} - bS_x - bS_y + nb^2}{S_x x - 2bS_x + nb^2}\Big)$$

$$\sigma^2 = \frac{2a}{n(1 - e^{-a\delta}}(S_{yy} - 2e^{-a\delta} S_{xy} + e^{-2a\delta} S_{xx} - 2b(1 - e^{-a\delta})(S_y - e^{-a\delta} S_x) + nb^2(1 - e^{-a\delta})^2)$$

Avec :

$$S_x = \sum_{i=1}^{n} r_{i-1}$$

$$S_y = \sum_{i=1}^{n} r_i$$

$$S_{xx} = \sum_{i=1}^{n} r_{i-1}^2$$

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^{n} r_i r_{i-1}$$

$$S_{yy} = \sum_{i=1}^{n} r_i^2$$

Présentation des données utilisées

Par la suite, nous allons nous intéresser au calcul de marge initiale sur deux produits répandus sur le marché OTC :

- Call à la monnaie sur DAX, maturité 3 ans
- Swap de taux receveur, taux fixe contre EURIBOR 6M, maturité 10 ans, nominal 10 000 €,fréquence 6 mois

Pour cela, nous avons besoin des variables suivantes :

Prix spot S_t : Il correspond aux prix de l'indice DAX à la date t. Ces prix sont récupérés sur Thomson Reuters Eikon et correspondent aux prix de clôture.

Volatilité σ_t : elle correspond à l'ampleur des variations de l'indice à la date t. La volatilité implicite sera retenue, elle est obtenue à partir des nappes de volatilité données par Reuters. Lorsque une volatilité est manquante (absence de données), le barycentre des volatilités les plus proches est gardé.

Volatilité forward $\sigma_{t,T}$: elle correspond à la volatilité anticipée à la date 0 pour la période $[t;T]$. Elle se calcule de la manière suivante :

$$\sigma_{t,T} = \sqrt{\frac{T\sigma_{0,T}^2 - t\sigma_{0,t}^2}{T-t}}$$

Taux sans risque r_0 : il correspond au taux constaté sur le marché des emprunts d'État de pays considérés solvables et d'organisations intergouvernementales pour la même devise et la même période. Néanmoins ce taux n'est pas explicitement coté, il est donc obtenu à partir du taux EURIBOR 3M (instrument le plus liquide) sur Reuters. Nous avons :

$$Discount\ Factor_{3mois} = e^{-r_0\frac{3}{12}} \approx \frac{1}{1+\frac{3}{12}EURIBOR_{3M}}$$

D'où :

$$r_0 = 4\ln(1+\frac{1}{4}EURIBOR_{3M})$$

Taux forward $r_{t,T}$: il correspond au taux anticipé à la date 0 pour la période $[t;T]$. Par le principe de non arbitrage nous avons :

$$r_{t,T} = \Big(\frac{1+r_{0,T}\frac{n_{0,T}}{d_{base}}}{1+r_{0,t}\frac{n_{0,t}}{d_{base}}}\Big)\frac{d_{base}}{n_{t,T}}$$

Avec :

- $n_{0,T}$ nombre de jours entre t et T
- d_{base} nombre de jours dans l'année

Calcul de marge initiale en t_0

Nous rappelons les deux produits étudiés, ceux-ci nous servent d'exemples pour notre comparaison :

- Call à la monnaie sur DAX, maturité 3 ans
- Swap de taux receveur, taux fixe contre EURIBOR 6M, maturité 10 ans, nominal 10 000 €, fréquence 6 mois

Nous nous plaçons en date du 30/06/2016. Toute variable faisant référence à cette date aura pour indice 0.

Call

Modèle standard

Comme nous l'avons évoqué précédemment, la méthode standard définit la marge initiale de la façon suivante :

$$Marge\ intiale\ nette = (0.4 + 0.6NGR) Marge\ initiale\ Brute$$

Avec :

$$NGR = \frac{co\hat{u}t\ de\ remplacement\ net}{co\hat{u}t\ de\ remplacement\ brut} = \frac{|MtM_{global\ nett\acute{e}}|}{\sum |MtM_t|}$$

Dans notre cas, le portefeuille étudié ne contient qu'un seul produit, nous avons donc :

$$NGR = 1$$

Et donc :

$$Marge\ initiale\ nette = marge\ initiale\ Brute$$

En appliquant le barème présenté en annexe 1, nous avons :

$$Marge\ initiale\ nette = \frac{15}{100} Strike$$

D'où :

$$IM_{standard,0} = 1452.01\ €$$

Modèle interne

Afin de comparer au mieux les différentes méthodes, nous avons réalisé un modèle répondant aux critères règlementaires mentionnés précédemment. C'est-à-dire que, pour toutes données utilisées, l'historique retenu est de 3 ans (limite de Reuters pour ce produit). De plus, nous faisons l'hypothèse que, étant en période post-crise, nous pouvons considérer ces données comme stressées à hauteur de 25% minimum.

Le modèle défini repose sur une Tail Value at Risk 99% (ou Expected Shortfall). Ci-dessous,nous présentons un descriptif schématique de la méthode :

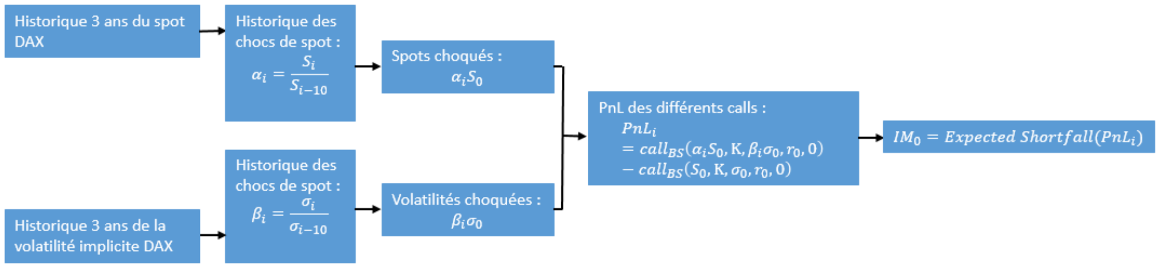

Figure 7: schéma de la méthode interne, Call

Grâce à l'historique des prix spot et des volatilités, nous obtenons les chocs historiques de ces deux variables. Nous appliquons ensuite ces chocs au prix spot et à la volatilité au 30/06/2016. Nous pouvons ainsi calculer les PnLs associés des calls, puis calculer la TVaR sur ces derniers.

Ainsi la marge initiale calculée correspond à la moyenne des PnLs dépassant la VaR 99%. C'est-à-dire la moyenne des PnLs qui ne devrait être dépassée qu'avec une probabilité de 1% sur un horizon temporel de 10 jours. Nous avons retenu un horizon temporel de 10 jours, cela est dû à notre objectif de comparaison avec la méthode SIMM qui se base sur cette même période.

Nous obtenons ainsi :

$$IM_{Interne,0} = 477.66 \text{ €}$$

Modèle SIMM

Comme nous l'évoquions précédemment, la méthode SIMM a été proposée par l'ISDA, elle s'apparente à une VaR paramétrique. Le montant de marge initiale se base sur une décomposition par classe de produits puis par classe de risques et enfin par sensibilité face aux facteurs de risques. Nous allons donc appliquer cette méthode à notre call à la monnaie sur DAX de maturité 3 ans.

Nous pouvons catégoriser ce produit dans la classe *equity*, puis lui associer le risque *equity*. En effet, le call repose sur le DAX qui est un indice boursier de type equity. Ensuite nous avons les sensibilités aux facteurs de risque suivantes : Delta, Vega et Curvature. Selon la méthode SIMM, le Delta capture le risque lié à la variation du prix de l'actif sous-jacent. Le Vega mesure le risque lié à la volatilité de l'actif sous-jacent. Enfin la Curvature mesure le risque lié à la convexité de l'actif sous-jacent.

En suivant les recommandations de l'ISDA, nous obtenons :

DELTA	
Net sensitivity	
spot +0,05%	9728,49
spot -0,05%	9631,69
Call + 0,05%	1336,95
Call -0,05%	1283,28
net sensitivity	*53,67*
risk weight	
titre appartient au bucket 8	
RW	*15,00*
CR	
T	infini
CR	*1,00*
weighted sensitivity	
WS	*805,00*
delta	**805,00**

VEGA	
Sigma	
alpha	2,33
RW	15,00
sigma	*32,92*
VR1	
VR1	*2181,65*
VR2	
VT	infini
VCR	1,00
VRW	0,21
VR2	*458,15*
vega	**458,15**

CURVATURE	
SF	
SF	*0,006*
CVR1	
CVR1	*13,08987*
curvature	
theta	0
lambda	*5,634897*
Curvature	**86,84996**

$IM = IM_{delta} + IM_{vega} + IM_{curvature} = 1350$ €

Figure 8: Calculs SIMM, Call

La justification des calculs effectués et les notations évoquées reposent sur la méthodologie de calcul de la méthode SIMM présentée dans la documentation de l'ISDA. Nous présentons la partie du document utilisée en annexe 2.

Nous obtenons ainsi :

$$IM_{SIMM,0} = 1350 \text{ €}$$

Swap

Nous rappelons que nous étudions un swap de taux receveur, taux fixe contre EURIBOR 6M, maturité 10 ans, nominal 10 000 €, fréquence 6 mois.

Modèle standard

Similairement au call, la maturité résiduelle du swap étant de 10 ans, en appliquant le barème présenté en annexe 1, nous avons :

$$Marge\ initiale\ nette = \frac{4}{100} Nominal$$

D'où :

$$IM_{Standard,0} = 400\ €$$

Modèle interne

Afin de comparer au mieux les différentes méthodes, nous avons réalisé un modèle répondant aux critères règlementaires mentionnés précédemment. C'est-à-dire que, pour toutes données utilisées, l'historique retenu est de 5 ans (maximum autorisé par la règlementation). De plus, nous faisons l'hypothèse que, étant en période post-crise, nous pouvons considérer ces données comme stressées à hauteur de 25% minimum.

Le modèle défini repose sur une Tail Value at Risk 99% (ou Expected Shortfall). ci-dessous, nous présentons un descriptif schématique de la méthode :

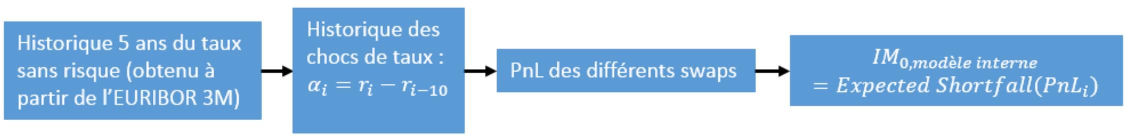

Figure 9: schéma de la méthode interne, Swap

A partir de l'historique des taux cours, nous obtenons les chocs de taux. Afin d'obtenir les PnLs, nous effectuons le raisonnement suivant :

$$V_{swap}(r_0) = N.(TF - TV(r_0)).Annuité(r_0)$$
$$V_{swap}(\alpha_i r_0) = N.(TF - TV(\alpha_i r_0)).Annuité(\alpha_i r_0)$$
$$PnL_i = N.(TF.(Annuité(\alpha_i r_0) - Annuité(r_0)) - TV(\alpha_i r_0).Annuité(\alpha_i r_0) + TV(r_0)).Annuité(r_0))$$

En considérant que :

$$TF.(Annuité(\alpha_i r_0) - Annuité(r_0)) = 0$$

Sachant que :

$$\forall r, TV(r).Annuité(r) = 1 - DF_n(r)$$

On conclut que :

$$PnL_i = N.e^{-r_0 T}(e^{-\alpha_i T} - 1)$$

Ainsi, la marge initiale calculée correspond à la moyenne des PnLs dépassant la VaR 99%. C'est-à-dire la moyenne des PnLs qui ne devrait être dépassée qu'avec une probabilité de 1% sur un horizon temporel de 10 jours. Nous avons retenu un horizon temporel de 10 jours, cela est dû à notre objectif de comparaison avec la méthode SIMM qui se base sur cette même période.

Nous obtenons ainsi :

$$IM_{Interne,0} = 288.67 \text{ €}$$

Modèle SIMM

Nous pouvons caractériser ce produit dans la classe *Interest rate and FX*, puis lui associer le risque *interest rate*. Enfin nous pouvons nous limiter au facteur de risque Delta étant donné la typologie du produit. En effet, un swap n'a pas de risques liés à la volatilité ni à la convexité.

En appliquant les recommandations de l'ISDA, nous avons :

DELTA	
Net sensitivity	
net sensitivity	*10,26*
risk weight	
RW	*45,00*
CR	
T	infini
CR	*1,00*
weighted sensitivity	
WS	*461,78*
delta	**461,78**

$IM = IM_{delta} = 461{,}78$ €

Figure 10: calculs SIMM, Swap

La justification des calculs effectués et les notations évoquées reposent sur la méthodologie de calcul de la méthode SIMM présentée dans la documentation de l'ISDA. Nous présentons la partie du document utilisée en annexe 3.

Nous obtenons ainsi :

$$IM_{SIMM,0} = 461.78 \text{ €}$$

Résultats

Pour résumer, nous avons les résultats suivants pour le call :

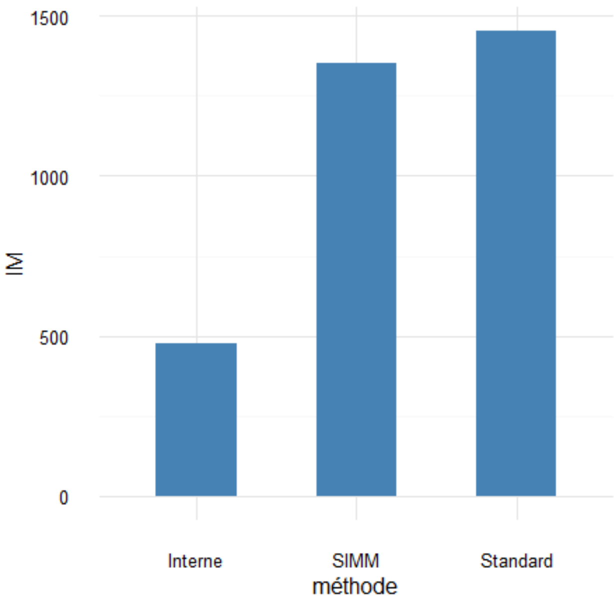

Figure 11: résumé des résultats, call

Nous pouvons noter que la modélisation interne est nettement inférieure aux deux autres modélisations (écart avoisinant les 1000 €). Par ailleurs, l'écart entre la modélisation SIMM et standard est faible, la modélisation SIMM reste néanmoins avantageuse.

En ce qui concerne le swap, nous avons :

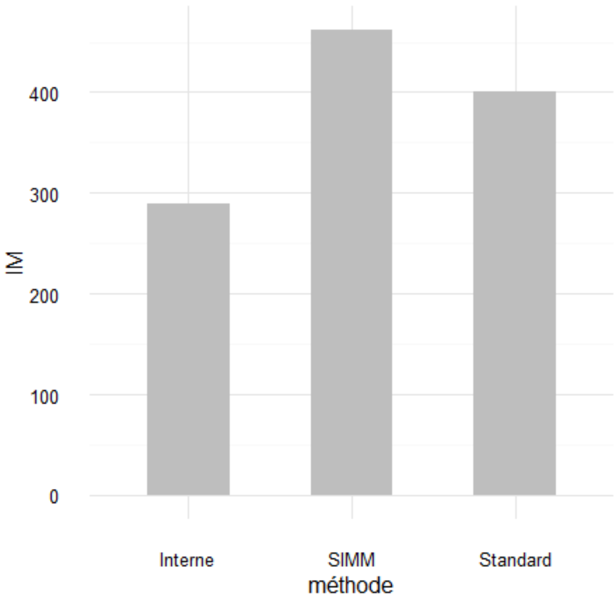

Figure 12: résumé des résultats, swap

Ici encore, la modélisation interne reste préférable aux deux autres méthodes (écart d'environ 100 €). Néanmoins, nous pouvons noter que la méthode standard semble avantageuse par rapport à la méthode SIMM.

De manière générale, nous constatons d'ores et déjà que les écarts entre les différentes méthodes sont importants. La modélisation interne demeure celle qui requiert le moins de marge initiale.

N'oublions pas que chaque contrepartie décide du montant de marge initiale qu'elle doit recevoir de l'autre contrepartie. Cela implique que si une contrepartie demande à recevoir un montant de marge initiale trop élevé, celle en face peut refuser et le contrat n'est pas conclu. De ce fait, si une contrepartie utilise un modèle interne tandis que l'autre contrepartie utilise la méthode SIMM ou standard, il y a de fortes chances de faire face à un désaccord et donc amener à un refus de conclure le contrat.

Nous allons désormais nous intéresser au calcul de la marge initiale forward, c'est-à-dire au calcul de la marge initiale à un instant futur. Comme nous l'avons évoqué précédemment, le coût de financement induit par cet appel de marge vient impacter la valorisation du produit dérivé (MVA). De ce fait, il semble important de comparer les méthodologies de calcul de marge forward.

Méthodologie de calcul de marge forward et application

Call

Méthode standard

Présentation et application de la méthode

La méthode standard ne nécessite aucune modélisation particulière étant donné qu'elle se base sur un barème arbitraire, qui, dans le cas d'un call, est supposée constante au cours du temps. Nous avons donc :

$$\forall t, IM_t = IM_0 = 1452.01 \text{ €}$$

Influence des paramètres et limites de la méthode

Seule la valeur du strike vient impacter de manière linéaire la valeur de la marge initiale. Les autres paramètres n'ont donc pas d'influence.

Le caractère arbitraire de cette méthode est pénalisant. De plus la prise en compte d'un seul paramètre (strike) afin de calculer la marge intiale semble restricteur. En effet, la valeur d'un call nécessite la prise en compte de nombreux paramètres tels que le strike, le taux, la volatilité et le spot. Cette méthode présente donc une facilité de calcul intéressante mais la valeur en résultant reste à désirer.

Modèle interne

Présentation de la méthode

Afin de calculer les marges initiales forward en date t, nous avons mis en place un modèle interne. Ce dernier se base sur la même approche que celle présentée pour les calculs de marges initiales en t_0 pour un call. Nous utilisons les hypothèses suivantes :

- L'historique de nos données retenues est de 3 ans (maximum de Reuters)
- Nous considérons que, étant en période post-crise, nous pouvons considérer ces données comme stressées à hauteur de 25% minimum
- L'actif sous-jacent (DAX) suit un modèle de Black Scholes (rappel p 15)

- La marge est calculée sur un horizon temporel de 10 jours

A partir de ces hypothèses, nous appliquons la démarche suivante :

1. Simulation de n prix spot en date de forward t (Black-Scholes)
2. Calcul du taux et de la volatilité forward en date t (le choix est fait de ne pas mettre en place un modèle de diffusion de la volatilité)
3. Calcul de la volatilité et du prix spot forward choqués à l'aide de notre historique de chocs pour chacune de nos n trajectoires de spot
4. Calcul des PnLs pour chacune des n trajectoires
5. Calcul de la TVaR pour chacune des n trajectoires
6. La marge initiale est alors la moyenne empirique des n TVaRs obtenues

Pour résumer cette méthode graphiquement, nous avons :

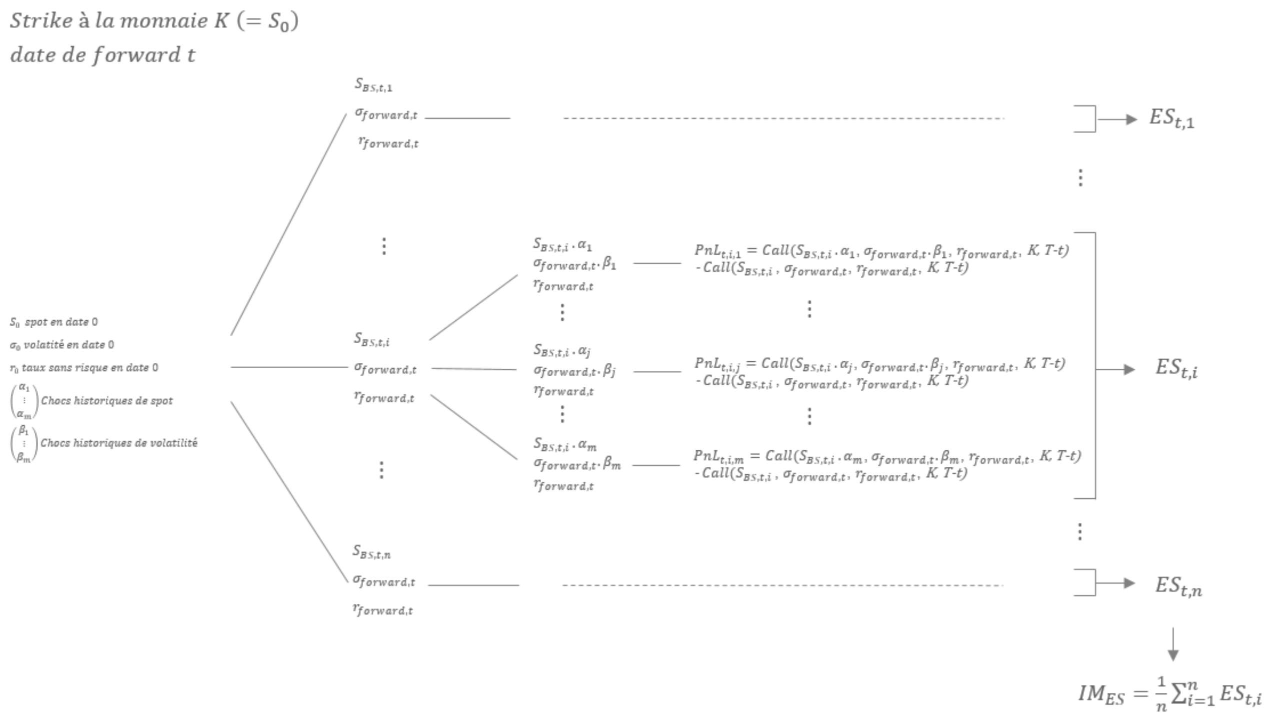

Figure 13: méthodologie IM forward interne, call

Ainsi la marge initiale forward calculée correspond à la moyenne des n TVaRs calculées. Ces derniers représentent la moyenne des PnLs dépassant la VaR 99% pour chaque trajectoire de spot. C'est-à-dire la moyenne des PnLs qui ne devrait être dépassée qu'avec une probabilité de 1% sur un horizon temporel de 10 jours.

Application de la méthode

Le call ayant une maturité de 3 ans, nous choisissons un pas de calcul de 0.5 ans. Cela nous permet d'obtenir 5 marges initiales forward en t=0.5, 1,. . . , 2.5. La valeur de marge initiale en t=3 est égale à 0 car, à cet instant, le produit atteint sa maturité. Le risque de défaut est alors nul étant donné que le produit est échangé.

Par ailleurs, nous avons analysé la convergence de la modélisation. Pour ce faire, nous avons observé l'écart entre 10 simulations en fonction du nombre de scénarios (n) choisi. Nous obtenons ainsi :

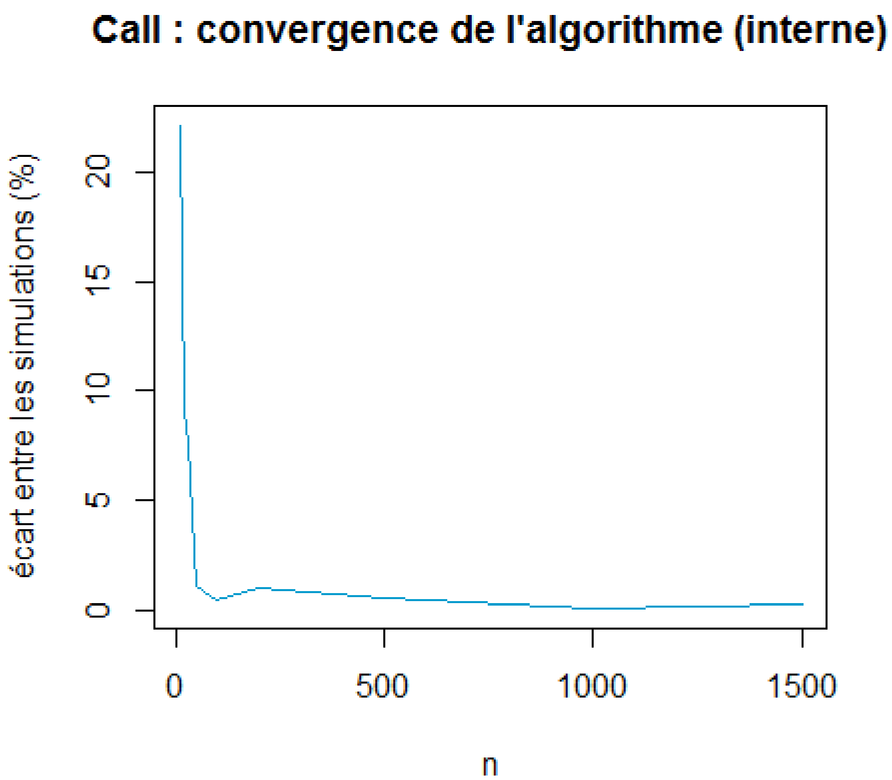

Figure 14: convergence de la modélisation interne, call

Nous pouvons constater que lorsque la valeur de n dépasse 500, l'écart entre les simulations est quasi-nul. De ce fait, afin de garder une marge de sécurité, nous choisissons $n = 1000$.

Sous les hypothèses précédentes nous obtenons les résultats suivants :

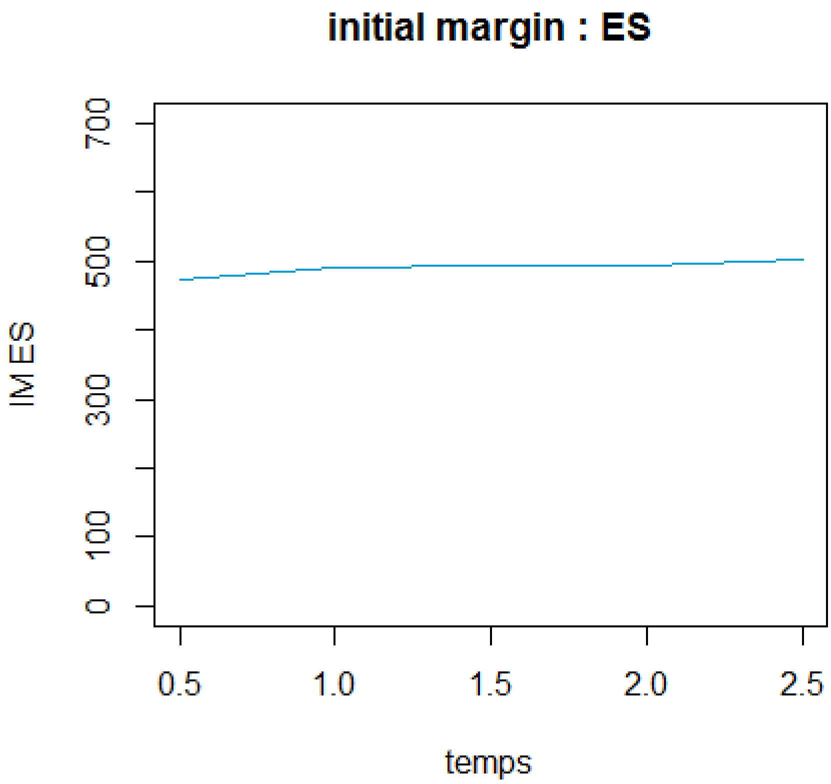

Figure 15: IM modélisation interne, call

La marge initiale forward ne présente pas de variations significatives au cours du temps. Sa valeur reste proche de 500 €. En effet, un call ne présente pas d'échanges intermédiaires qui viendraient impacter la valeur de la marge initiale au cours du temps. Seule la variation du marché affecte la perte potentielle en cas de défaut d'une contrepartie.

Influence des paramètres

Nous allons nous intéresser à l'influence de deux paramètres sur cette modélisation : le strike et le taux sans risque. Pour ce faire, nous présentons ci-dessous deux graphiques. Le premier présente les marges initiales obtenues lorsque le strike est modifié. Nous avons pris un strike hors la monnaie (strike à la monnaie -2000 €) et un strike dans la monnaie (strike à la monnaie + 2000 €). Le second présente les marges initiales lorsque le taux est choqué à 2% positivement et négativement.

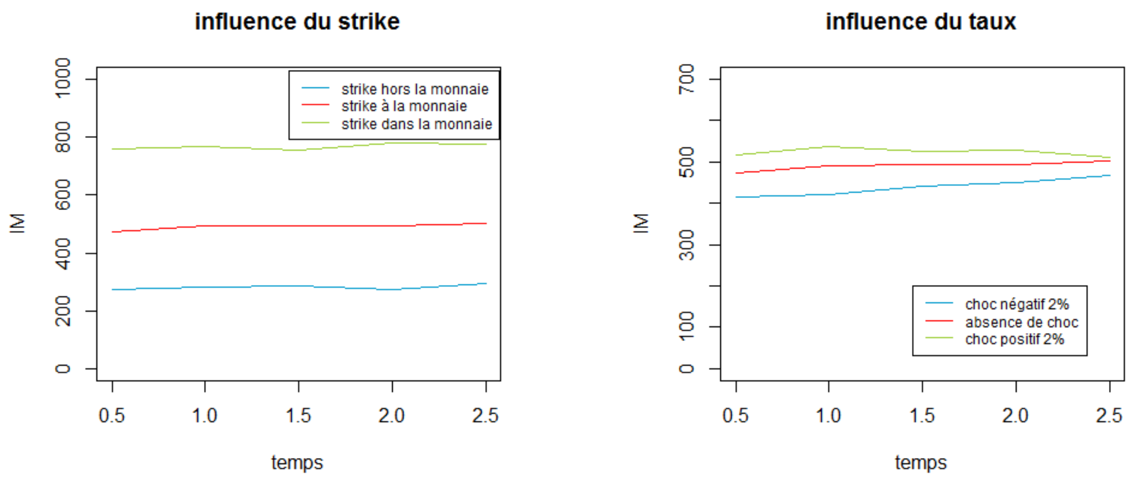

Figure 16: Influence des paramètres sur la modélisation interne, call

En ce qui concerne l'influence du strike, nous remarquons qu'un strike dans la monnaie réduit la valeur de la marge initiale tandis qu'un strike hors la monnaie augmente la valeur de cette dernière. Sachant qu'une augmentation du strike induit une diminution du prix du call, il semble cohérent que cette marge diminue par la même occasion (et inversement). (Il faut néanmoins rappeler que nous utilisons une volatilité implicite et que celle-ci n'a pas été modifiée afin d'observer l'influence du strike seul).

En ce qui concerne l'influence du taux, nous remarquons qu'un choc négatif réduit la valeur de la marge initiale tandis qu'un choc positif augmente la valeur de cette dernière. Sachant que si le taux sans risque augmente, le prix du sous-jacent augmente et le prix du call également. Cependant, la valeur du payoff actualisée baisse mais la hausse du forward l'emporte. De ce fait, la marge initiale augmente (et inversement).

Limite de la méthode

Cette méthode repose sur l'hypothèse que l'actif sous-jacent suit une modélisation Black-Scholes. Or cette hypothèse, bien que très répandue, est inexacte. Le modèle de Black et Scholes ne permet pas de modéliser précisément la réalité. L'expérience montre qu'en réalité la volatilité dépend du prix d'exercice et de la maturité. En pratique, la surface de volatilité (la volatilité implicite en fonction du prix d'exercice et de la maturité) n'est pas plate. Souvent, pour une maturité donnée, la volatilité implicite par rapport au prix d'exercice a une forme de sourire (appelé le *smile* de volatilité) : à la monnaie, la volatilité implicite est la plus basse et plus on s'éloigne de la monnaie, plus elle est élevée. On constate par ailleurs que le smile n'est souvent pas symétrique sur le marché des actions : plus haut du côté put que du côté call. Cela est dû au fait que les acteurs de marché sont plus sensibles au risque de baisse qu'au risque de hausse de l'action.
Par ailleurs, nous faisons l'hypothèse que, étant en période post-crise, nous pouvons considérer ces données comme stressées à hauteur de 25% minimum. Certes, les crises financières de 2008 (subprime) et de 2011 (souveraine) ont encore un impact

sur les marchés financiers, néanmoins l'hypothèse est forte et ne justifie pas forcément un stress de 25%. Une alternative aurait été d'appliquer un choc aléatoire sur 25% des données, cependant cela viendrait ajouter de la complexité et ne reflèterait pas la réalité.

Le temps généré par le calcul de marge initiale sous cette modélisation interne est important. Pour des valeurs de n grandes ($n > 10000$), le temps de calculs pour une seule date peut dépasser les 5 minutes. Il n'est alors plus intéressant d'utiliser une méthode aussi chronophage lorsque le portefeuille ne se limite pas à un simple produit. Lorsque n est plus faible ($n \approx 1000$), le temps de calcul reste important (1 minute par forward) mais la convergence est acceptable.

Enfin, ce modèle reste un exemple et n'a pas été validé par les autorités de contrôle.

Méthode SIMM

Présentation de la méthode

En ce qui concerne la méthode SIMM, la seule hypothèse prise est la suivante :

- L'actif sous-jacent (DAX) suit un modèle de Black Scholes (rappel p 15)

A partir de cette hypothèse, nous pouvons appliquer la démarche suivante :

1. Simulation de n prix spot en date de forward t (Black-Scholes)
2. Calcul du taux et de la volatilité forward en date t
3. Calcul de la volatilité et du prix spot forward choqués à l'aide de notre historique de chocs pour chacune de nos n trajectoires de spot
4. Calcul de la marge initiale SIMM pour chacune des n trajectoires
5. La marge initiale est alors la moyenne empirique des n marges initiales SIMM obtenues

Pour résumer cette méthode graphiquement, nous avons :

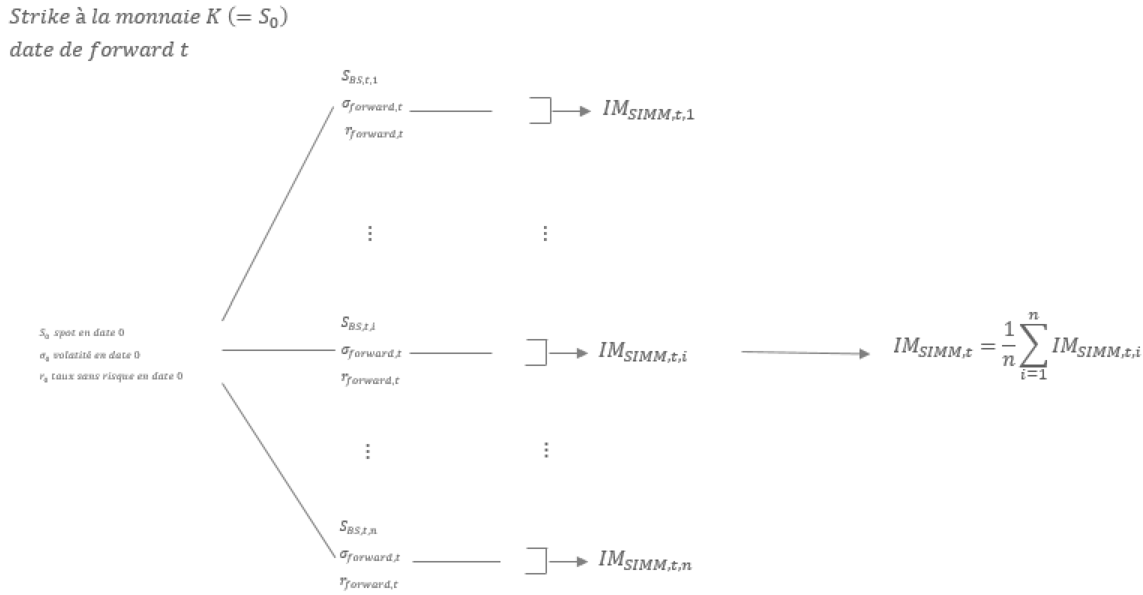

Figure 17: méthodologie IM forward SIMM, call

Ainsi la marge initiale calculée correspond à la moyenne des marges initiales SIMM calculée sur nos n scénarios.

Application de la méthode

De même que pour la modélisation interne, nous prenons un pas de temps égal à 0.5 ans.

Par ailleurs, nous avons analysé la convergence de la modélisation. Pour ce faire, nous avons observé l'écart entre 10 simulations en fonction du nombre de scénarios (n) choisi. Nous obtenons ainsi :

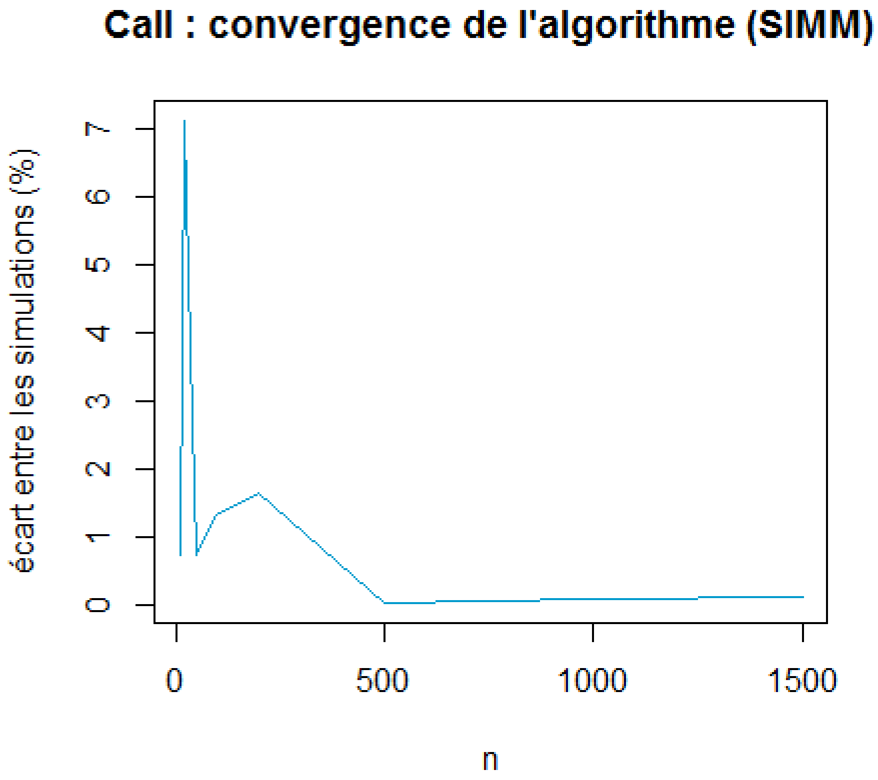

Figure 18: convergence de la modélisation SIMM, call

Nous pouvons constater que lorsque la valeur de n dépasse 500, l'écart entre les simulations est quasi-nul. De ce fait, afin de garder une marge de sécurité, nous choisissons n=1000.

Sous les hypothèses précédentes nous obtenons les résultats suivants :

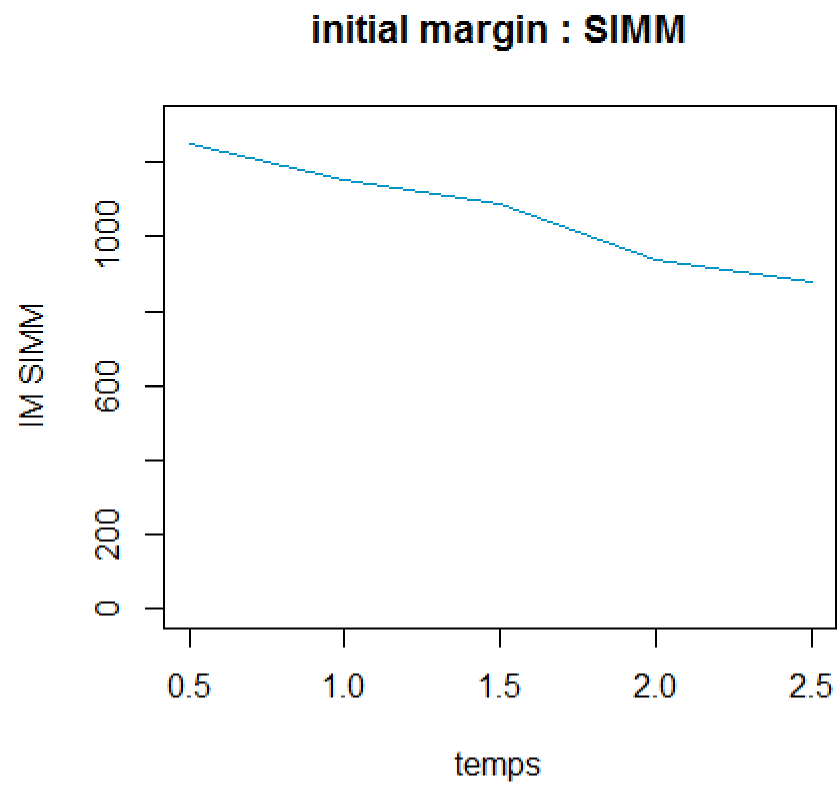

Figure 19: IM modélisation SIMM, call

Nous constatons que, avec la méthode SIMM, la marge initiale présente une légère décroissance au cours du temps.

Influence des paramètres

De même que pour la modélisation interne, nous allons nous intéresser à l'influence de deux paramètres sur cette modélisation : le strike et le taux sans risque. Pour ce faire, nous présentons ci-dessous deux graphiques. Le premier présente les marges initiales obtenues lorsque le strike est modifié. Nous avons pris un strike dans la monnaie (strike à la monnaie -2000 €) et un strike hors la monnaie (strike à la monnaie + 2000 €). Le second présente les marges initiales lorsque le taux est choqué à 2% positivement et négativement.

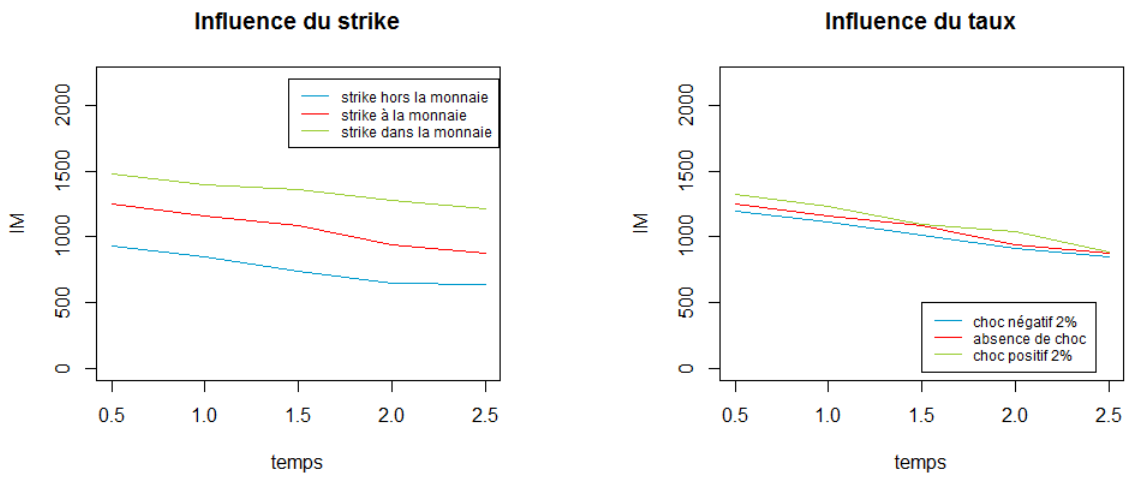

Figure 20: Influence des paramètres sur la modélisation SIMM, call

Nous retrouvons les mêmes influences que pour la modélisation interne. Sachant qu'une augmentation du strike induit une diminution du prix du call, il semble cohérent que cette marge diminue par la même occasion (et inversement). (Il faut néanmoins rappeler que nous utilisons une volatilité implicite et que celle-ci n'a pas été modifiée afin d'observer l'influence du strike seul).

Sachant que si le taux sans risque augmente, le prix du sous-jacent augmente et le prix du call également. Cependant, la valeur du payoff actualisée baisse mais la hausse du forward l'emporte. De ce fait, la marge initiale augmente (et inversement).

Limite de la méthode

De la même manière que pour la modélisation interne, l'hypothèse que l'actif sous-jacent suit un modèle de Black-Scholes demeure discutable.

La principale limite, par ailleurs, est l'approche de calcul de la méthode SIMM. En effet, le caractère générique de cette méthode ne permet pas une adaptation pertinente dans le cas d'un portefeuille constitué d'un seul produit. Le résultat est donc discutable au vu de la particularité du produit et de sa prise en compte succincte dans la méthode SIMM.

Comparaison

A titre comparatif, nous avons :

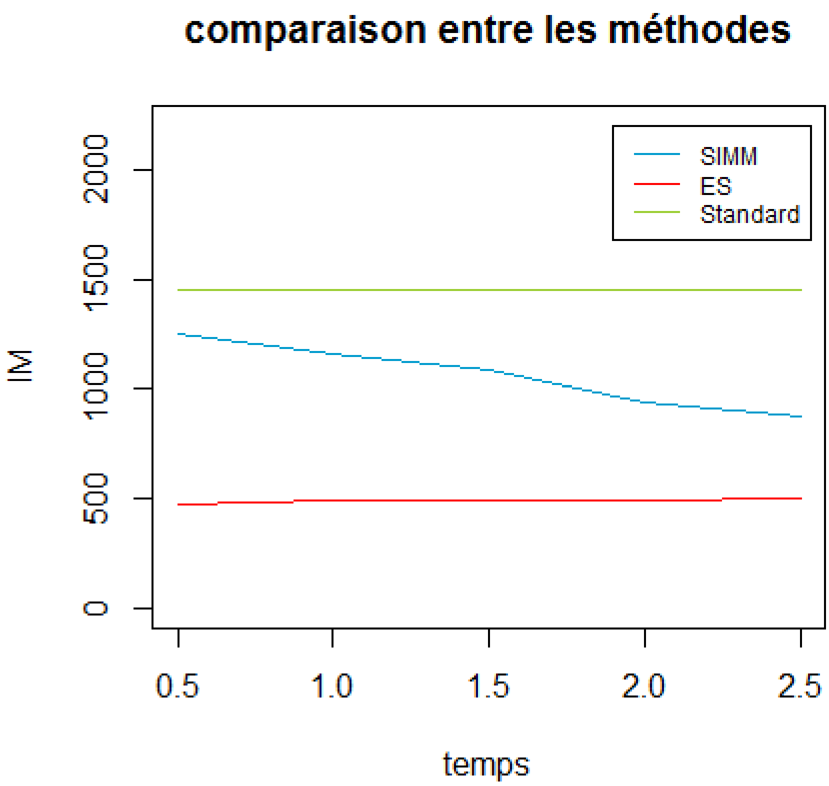

Figure 21: comparaison des méthodes, call

Au vu des résultats, la modélisation interne s'avère être nettement moins pénalisante. La méthode standard montre, quant à elle, des résultats très pénalisant. La méthode SIMM s'avère être un compromis intéressant. En effet, la méthode interne est certes avantageuse mais son caractère chronophage reste une contrainte non négligeable. De plus, une modélisation interne demande un investissement important. La mise en place d'un tel algorithme demande un temps de travail accru auquel s'ajoute la nécessité d'une validation des autorités de contrôle. La méthode standard sera, quant à elle, utilisée en dernier recours au vu de ses résultats couteux.

Swap

Méthode standard

Présentation et application

La méthode standard ne nécessite aucune modélisation particulière étant donné qu'elle se base sur un barème (annexe 1), qui, pour le cas d'un swap 10 ans, peut prendre 3 valeurs en fonction de la maturité résiduelle. De ce fait, nous avons :

$$IM_t = \begin{cases} 400 \text{ €} & pour\ t \in [0,5] \\ 200 \text{ €} & pour\ t \in]5,8] \\ 100 \text{ €} & pour\ t \in]8,10] \end{cases}$$

Influence des paramètres et limite de la méthode

Seule la valeur du nominal et la maturité résiduelle viennent impacter la valeur de la marge initiale. Les autres paramètres n'ont donc pas d'influence.

Le caractère arbitraire de cette méthode est pénalisant. De plus la prise en compte de ces deux seuls paramètres afin de calculer la marge intiale semble restricteur. En effet, la valeur d'un swap nécessite la prise en compte de nombreux paramètres et en particulier le taux. Cette méthode présente donc une facilité de calcul intéressante mais la valeur en résultant reste à désirer.

Modèle interne

Présentation de la méthode

Afin de calculer les marges initiales forward en date t, nous avons mis en place un modèle interne. Ce dernier se base sur la même approche que celle permettant de calculer une marge initiale en t_0 pour un swap. Nous utilisons les hypothèses suivantes :

- L'historique de nos données retenues est de 5 ans (maximum règlementaire)
- Nous supposons que, étant en période post-crise, nous pouvons considérer ces données comme stressées à hauteur de 25% minimum
- Le taux sans risque suit un modèle de Vasicek que nous calibrons par un log-vraisemblance sur données historiques (cf p.23)

A partir de ces hypothèses, nous pouvons appliquer la démarche suivante :

1. Simulation de n trajectoires de taux date de forward t (Vasicek)
2. Application des chocs de taux à chacune des n trajectoires
3. Calcul des PnLs pour chacune des n trajectoires
4. Calcul des TVaRs pour chacune des n trajectoires

5. La marge initiale est alors la moyenne empirique des n TVaRs obtenues

Pour résumer cette méthode graphiquement, nous avons :

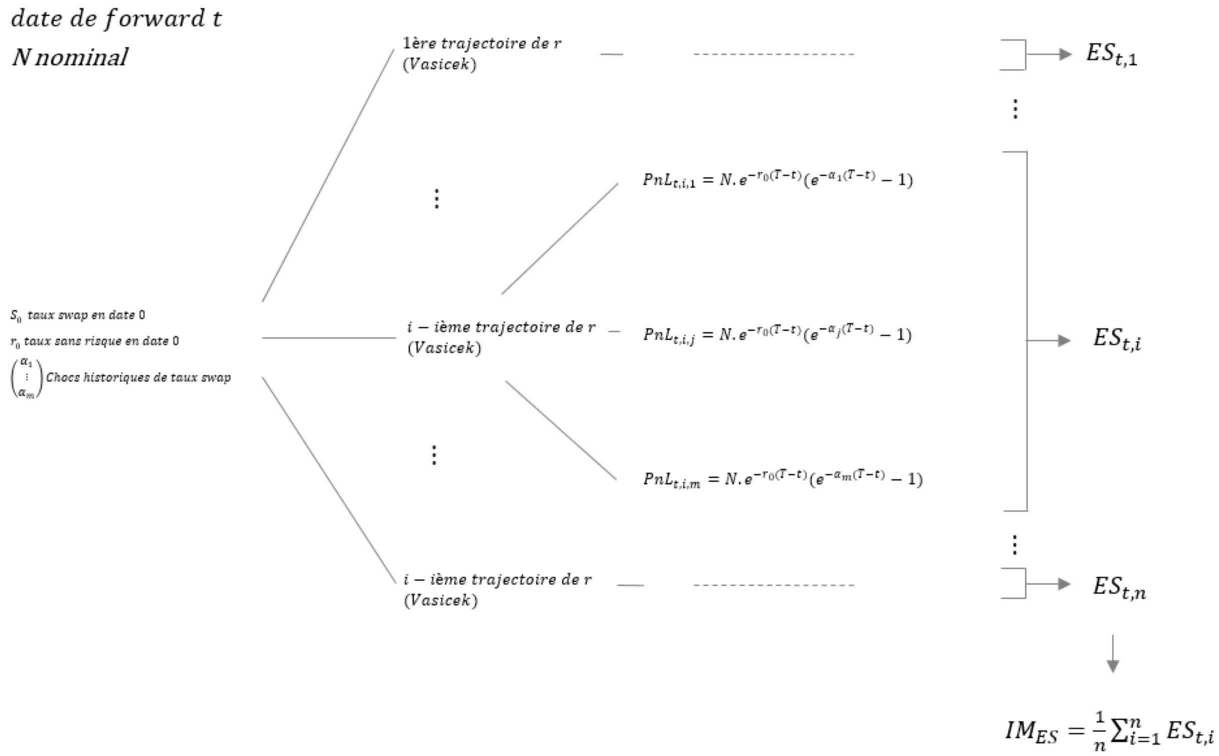

Figure 22: Méthodologie IM forward interne, swap

Ainsi la marge initiale forward calculée correspond à la moyenne des n TVaRs calculées. Ces derniers représentent la moyenne des PnLs dépassant la VaR 99% pour chaque trajectoire de spot. C'est-à-dire la moyenne des PnLs qui ne devrait être dépassé qu'avec une probabilité de 1% sur un horizon temporel de 10 jours.

Application de la méthode

Le swap ayant une maturité de 10 ans, nous choisissons un pas de calcul de 0.5 ans. Cela nous permet d'obtenir 19 marges initiales forward en t=0.5, 1,. . . , 9.5. La valeur de marge initiale en t=10 est égale à 0 car à cet instant, le produit atteint sa maturité, le risque de défaut est alors nul étant donné qu'il n'y aura plus d'échanges.

Par ailleurs, nous avons analysé la convergence de la modélisation. Pour ce faire, nous avons observé l'écart entre 10 simulations en fonction du nombre de scénarios (n) choisi. Nous obtenons ainsi :

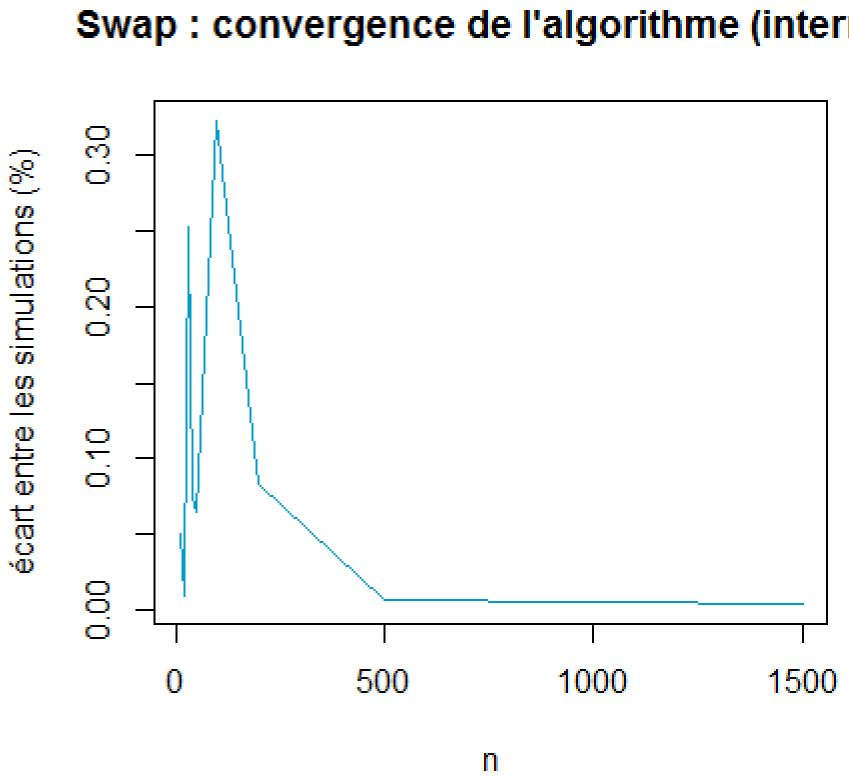

Figure 23: Convergence de la modélisation interne, swap

Nous pouvons constater que lorsque la valeur de n dépasse 500, l'écart entre les simulations est quasi-nul. De ce fait, afin de garder une marge de sécurité, nous choisissons n=1000.

Sous les hypothèses précédentes, nous obtenons les résultats suivants :

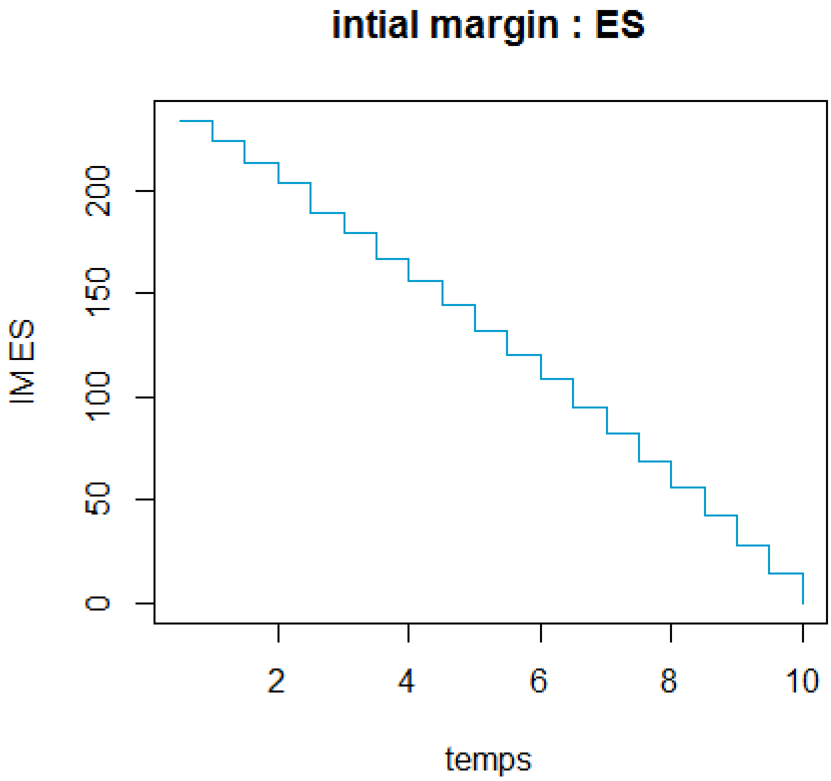

Figure 24: IM modélisation interne, swap

Nous observons une fonction en escalier décroissante. En effet, à chaque échange de flux, la valeur résiduelle en jeu se voit diminuée. De ce fait, la valeur sous risque est diminuée et il en est de même pour la marge initiale. Cette décroissance tend vers 0 car lorsque le produit touche à sa fin, il n'y a plus d'échanges de flux. Ainsi il n'y a plus de risque et la marge initiale est nulle.

Influence des paramètres

Nous allons nous intéresser à l'influence du taux sans risque sur la modélisation. Le graphique suivant présente les marges initiales lorsque le taux est choqué à 2% positivement ou négativement.

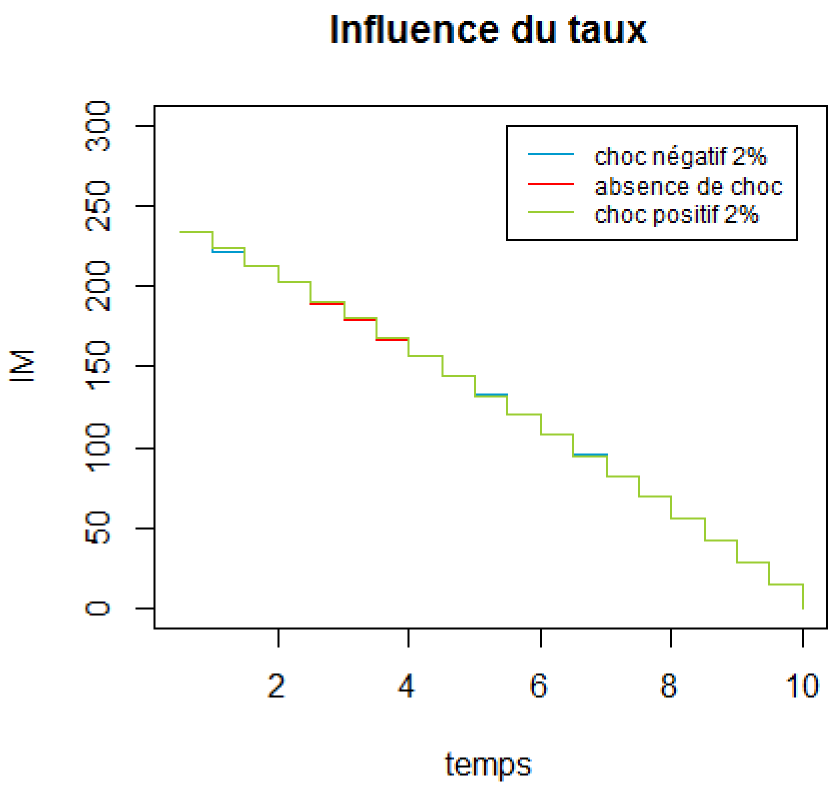

Figure 25: Influence du taux modélisation interne, swap

Nous remarquons que le taux sans risque n'a pas d'influence significative.

Limite de la méthode

Cette méthode repose sur l'hypothèse que le taux court suit un modèle de Vasicek. Cela, bien que très répandu, ne permet pas de modéliser la réalité. Le modèle n'est pas assez souple pour reproduire toutes les formes de courbes observées sur les marchés. En particulier, les formes dites "inversées" ne sont pas rendues par un modèle de Vasicek.

Par ailleurs, nous faisons l'hypothèse que, étant en période post-crise, nous pouvons considérer ces données comme stressées à hauteur de 25% minimum. Certes, les crises financières de 2008 (subprime) et de 2011 (souveraine) ont encore un impact sur les marchés financiers, néanmoins l'hypothèse est forte et ne justifie pas forcément un stress de 25%. Une alternative aurait été d'appliquer un choc aléatoire sur 25% des données, cependant cela viendrait ajouter de la complexité et ne reflèterait pas la réalité.

Le temps généré par le calcul de marge initiale sous cette modélisation interne est important. Pour des valeurs de n grandes (<10 000), le temps de calculs pour une seule date peut dépasser les 5 minutes. Il n'est alors plus intéressant d'utiliser une méthode aussi chronophage lorsque le portefeuille ne se limite pas à un simple produit. Lorsque n est plus faible ($n = 1000$), le temps de calcul reste important (30 secondes par forward) mais la convergence est acceptable.

Enfin, ce modèle reste un exemple et n'a pas été validé par les autorités de contrôle.

Méthode SIMM

Présentation de la méthode

Afin d'utiliser la méthode SIMM, nous utiliserons l'hypothèse suivante :

- Le taux sans risque suit un modèle de Vasicek que nous calibrons par un log-vraisemblance sur données historiques

A partir de cette hypothèse, nous pouvons appliquer la démarche suivante :

1. Simulation de n trajectoires de taux en date de forward t (Vasicek)
2. Calcul de la marge initiale SIMM pour chacune des n trajectoires
3. La marge intiale est alors la moyenne empirique des n marges initiales SIMM obtenues

Pour résumer cette méthode graphiquement, nous avons :

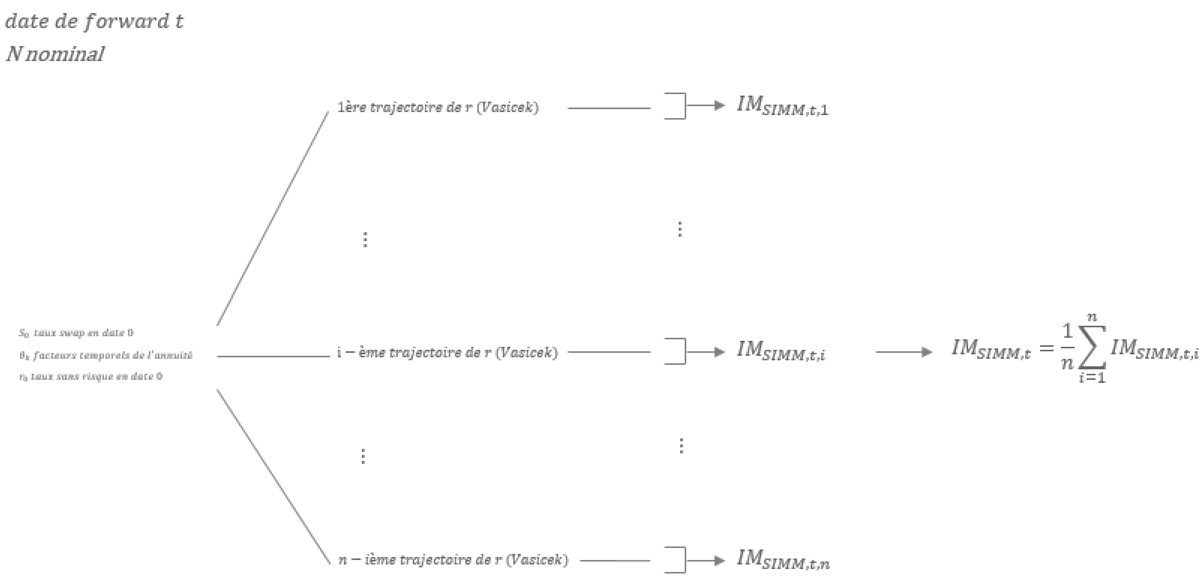

Figure 26: méthodologie IM forward SIMM, swap

Ainsi la marge initiale calculée correspond à la moyenne des marges initiales SIMM calculée sur nos n scénarios.

Application de la méthode

De même que pour la modélisation interne, nous prenons un pas de temps égal à 0,5 ans.

Par ailleurs, nous avons analysé la convergence de la modélisation. Pour ce faire, nous avons observé l'écart entre 10 simulations en fonction du nombre de scénarios (n) choisi. Nous obtenons ainsi :

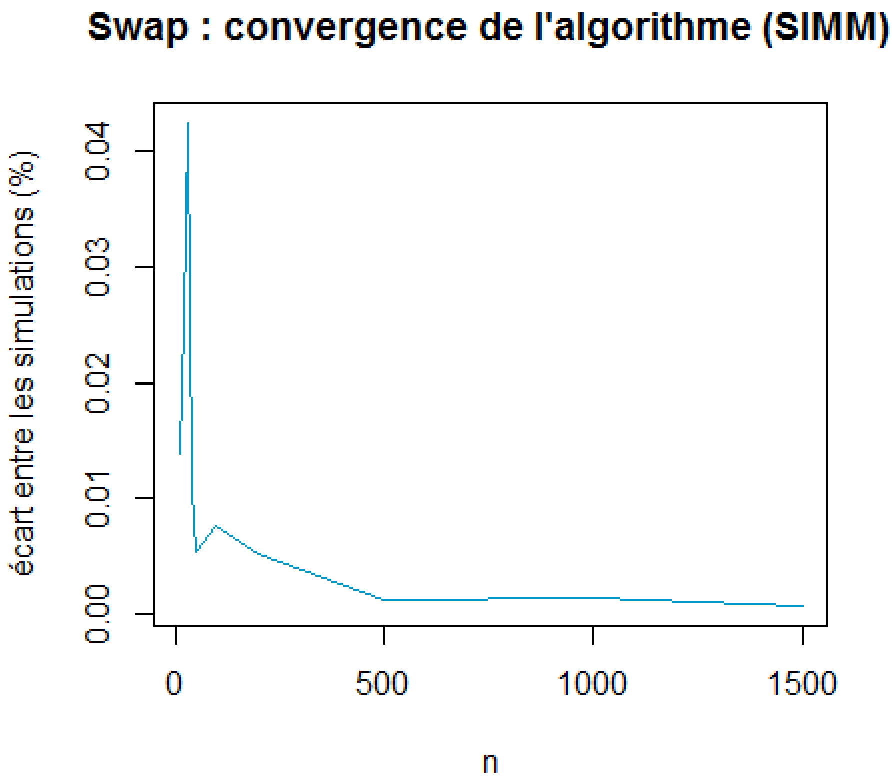

Figure 27: Convergence de la modélisation SIMM, swap

Nous pouvons constater que lorsque la valeur de n dépasse 500, l'écart entre les simulations est quasi-nul. De ce fait, afin de garder une marge de sécurité, nous choisissons n=1000.

Sous les hypothèses précédentes nous obtenons les résultats suivants :

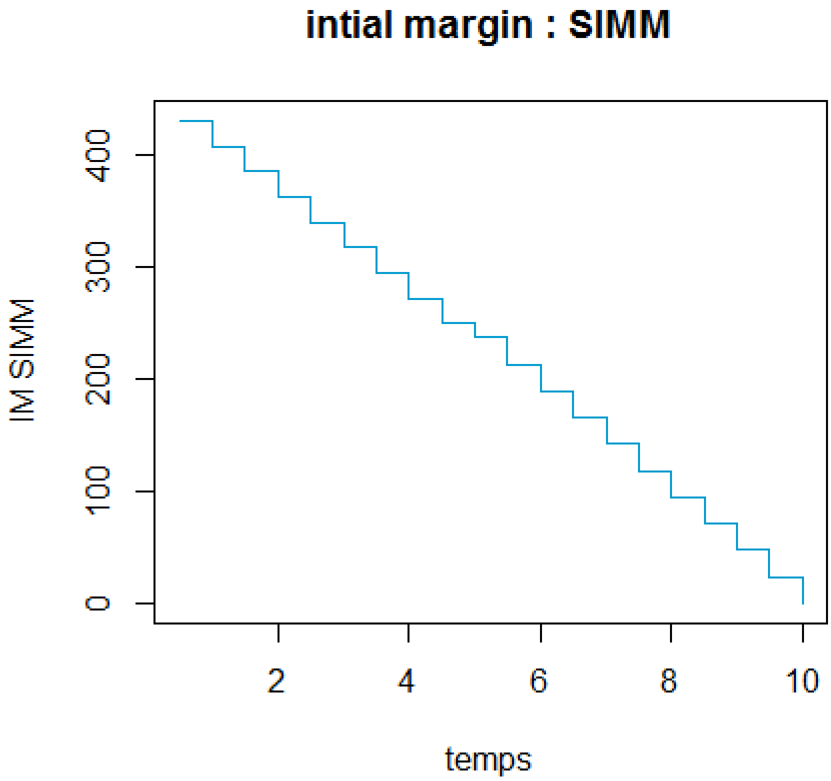

Figure 28: IM modélisation SIMM, swap

Influence des paramètres

De même que pour la modélisation interne, nous allons nous intéresser à l'influence du taux sans risque sur la modélisation. Le graphique suivant présente les marges initiales lorsque le taux est choqué à 2% positivement et négativement.

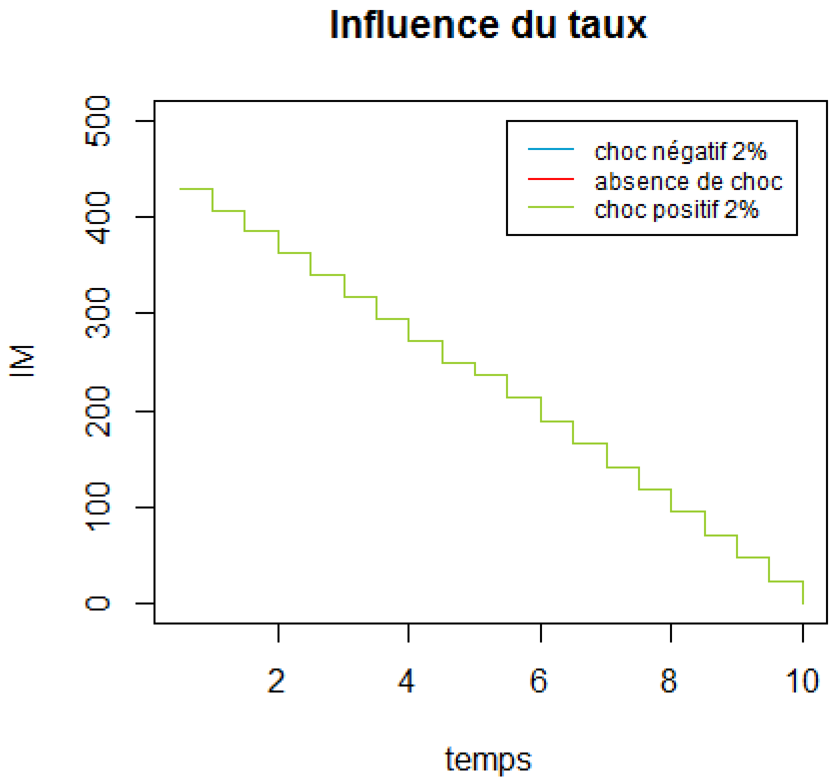

Figure 29: IM modélisation SIMM, swap

Nous remarquons que le taux sans risque n'a aucune influence sur la marge initiale avec la méthode SIMM.

Limite de la méthode

De même que lors de la modélisation interne, l'hypothèse que le taux court suit un modèle de Vasicek ne reflète pas pleinement la réalité.

Par ailleurs, l'approche de calcul de la méthode SIMM est réductrice. En effet, le caractère générique de cette méthode ne permet pas une adaptation pertinente dans le cas d'un portefeuille constitué d'un seul produit. Le résultat est donc discutable au vu de la particularité du produit et de sa prise en compte succincte dans la méthode SIMM.

Comparaison

A titre comparatif, nous avons :

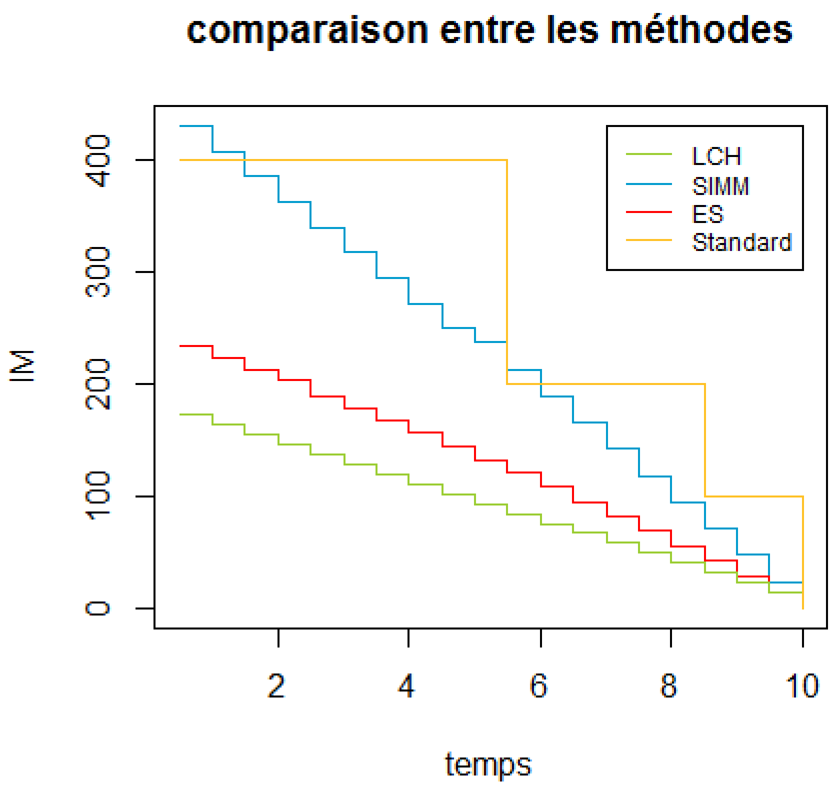

Figure 30: Comparaison entre les méthodes, swap

Dans le cas du swap, nous pouvons ajouter la modélisation LCH clearnet à titre comparatif. LCH clearnet est une des principales chambres de compensation. Nous ne détaillerons pas la méthodologie utilisée par cet organisme. Néanmoins cela nous sert de Benckmark pour notre modélisation interne. Nous pouvons ainsi constater la cohérence de cette dernière.

Nous pouvons encore une fois noter que la modélisation interne montre des résultats nettement moins pénalisants comparée aux deux autres méthodes. Néanmoins la question se pose entre la modélisation SIMM et la méthode standard. Regardons de plus près l'écart entre ces méthodes :

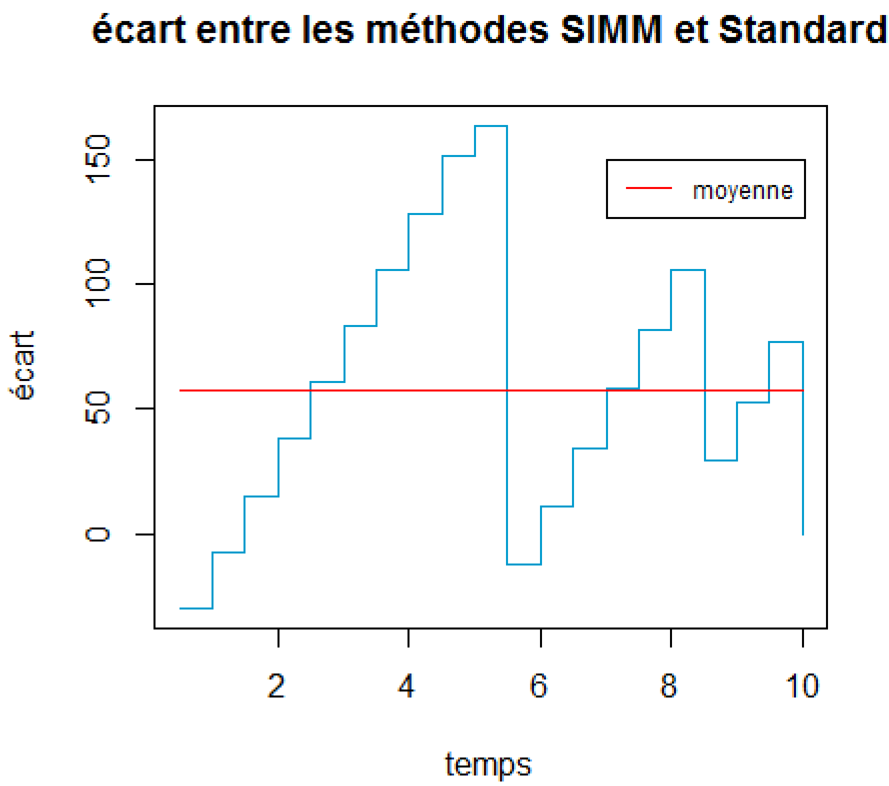

Figure 31: écart entre les méthodes SIMM et Standard (Standard - SIMM), swap

La méthode standard s'avère moins pénalisante à court terme (détention inférieure à 2 ans). Néanmoins, dans un objectif de détention longue, la méthode SIMM est préférable avec une moyenne nettement supérieure à 0.

De ce fait, nous retrouvons les mêmes résultats que pour le call. La méthode SIMM est un bon compromis entre une méthode standard très pénalisante et une méthode interne peu pénalisante mais beaucoup plus dure à mettre en place au vu des contraintes techniques (temps de calcul, besoin en travail).

Résultats

Après analyse de nos 3 différentes méthodologies de calcul de marge initiale forward à travers nos deux exemples (call et swap), nous pouvons conclure que :

- La méthode standard présente une facilité et une rapidité d'utilisation. Les calculs sont simples et appliqués selon un barème dépendant du produit traité. Néanmoins cette méthode présente une pénalisation forte. Cette dernière provient du caractère arbitraire de la méthodologie. L'absence de prise en compte de nombreux paramètres dans le calcul de marge initiale implique donc une majoration importante dans les calculs. L'utilisation de cette méthode n'est donc pas encouragée.

- La modélisation interne est la méthode la moins pénalisante. Son utilisation repose sur la prise en compte d'un maximum de paramètres afin de s'adapter au mieux au produit traité. Cependant cette optimisation implique des modélisations lourdes qui peuvent être différentes selon la méthodologie choisie. De ce fait, elle nécessite un investissement humain, en termes de temps d'implémentation, important. Les temps de calculs, bien que variables, sont aussi plus importants que les deux autres méthodes. Par conséquent, en complexifiant les portefeuilles (par exemple avec plusieurs produits et donc la prise en compte des corrélations), les temps de calculs pourraient s'avérer très longs. De plus, la nécessité de l'accord des autorités de contrôle est une contrainte supplémentaire. Il faut par ailleurs noter que, dans le cas d'une modélisation qui s'avère non adapté au cours du temps, il est imposé de passer en méthode standard. Par conséquent, l'erreur s'avère dangereuse au vu des désavantages de la méthode standard.

- La méthode SIMM est un compromis entre les deux méthodes précédentes. Son utilisation est simple car guidée par l'ISDA (certains points restant à préciser comme les facteurs de concentration). De ce fait, la modélisation est limitée. Cependant la méthode se base sur une VaR paramétrique avec des paramètres relevant d'un portefeuille type. Cela n'est donc pas adapté de façon optimale au portefeuille étudié.

Une modélisation de type interne et une modélisation SIMM présentent des écarts allant dans les cas extrêmes de 100 € à 1000 € pour les exemples étudiés, soit respectivement 2% pour le swap (par rapport au nominal) et 10% pour le call (par rapport au prix du call). Le choix de l'entreprise est donc non négligeable afin de pouvoir échanger des produits OTC non clearés. Cela représente des différences importantes, nous allons donc étudier l'impact sur la MVA et donc sur la valorisation d'un produit.

Impact sur la valorisation d'un produit dérivé non clearé

MVA

Nous rappelons que la MVA (*Margin Value Adjustment*) est une composante de la FVA (*Funding Value Adjustment*), elle représente le coût de financement de la marge initiale postée. Cette dernière n'étant plus accessible directement car ségréguée, elle induit, d'une part, un coût de financement, c'est-à-dire le coût auquel l'entreprise fait face pour emprunter cette même somme sur les marchés. D'autres part, elle prend en compte la rémunération que représente ce collatéral. Mathématiquement, nous avons donc :

$$MVA = E^Q\Big(\int_0^T IM_{Forward}(t)e^{-\int_0^t r(u)du}(s_{Forward}(t) - c_{Forward}(t))dt\Big)$$

Avec :

- r taux sans risque
- $s_{Forward}$ coût de financement forward
- $c_{Forward}$ coût de rémunération du collatéral forward
- $IM_{Forward}(t)$ marge initiale forward en date t

Etant donné l'absence de rémunération de la marge initiale (compte ségrégué), nous avons :

$$\forall t, c(t) = 0$$

Afin de discrétiser cette intégrale, nous pouvons appliquer la méthode des rectangles. Cette méthode semble la plus cohérente au vu de la structure de la marge initiale. En effet, la méthode des trapèzes n'est pas adaptée à la structure en escalier de la marge initiale forward dans le cas d'un swap. De plus, dans le cas du call, le saut de la valeur de la marge initiale, lorsque la maturité est atteinte, ne permet pas une utilisation de la méthode des trapèzes sans perdre une partie significative de l'information. Nous avons donc en considérant un pas de 0.5 (pas de temps utilisé dans les calculs des marges initiales forward) :

$$MVA = \sum_0^{n-1} \frac{1}{2} IM_{Forward}(0, T_i, T_{i+1}) DF(i) s_{Forward}(0, T_i, T_{i+1})$$

Notre étude précédente nous a permis d'aborder différentes méthodes de calculs de marges initiales forward. Par ailleurs, les Discount Factors étant disponibles sur Reuters, nous devons donc déterminer le coût de financement forward pour un établissement afin de calculer la MVA.

Coût de financement

Présentation

Le coût de financement représente le coût auquel une entreprise fait face pour se financer sur les marchés. De manière générale, il est possible de l'assimiler au rendement (yield) d'une obligation émise par cette entreprise. Il est donc différent d'une entreprise à une autre. Les conditions d'application des nouvelles règlementations concernant les marges initiales pour les produits OTC non clearés s'appliquent essentiellement aux grands acteurs bancaires (par exemple les banques d'investissement ou les hedge funds). Nous allons donc nous intéresser à trois différentes banques d'investissement qui sont :

- Société générale
- BNP Paribas
- BPCE

Pour ce faire, Reuters nous fournit le yield des obligations émises par ces entreprises à différentes maturités. Rappelons que nous nous plaçons au 30/06/2016, nous allons donc nous intéresser aux obligations émises par ces trois entreprises à des dates proches (maximum 1 mois). Nous obtenons ainsi plusieurs valeurs de yield en fonction de la maturité de l'obligation. En effectuant une interpolation polynomiale, nous pouvons obtenir la courbe de yield de ces différents établissements. Sachant que la maturité maximale nécessaire à notre étude est de 10 ans (maturité du swap), nous nous limiterons à la partie $0 - 10$ ans de la courbe et nous considéreons que le coût de financement en 0 est de 0%.

Société Générale

La Société générale est l'une des principales banques françaises et l'une des plus anciennes. Afin d'obtenir des résultats exploitables, nous nous intéressons aux obligations les plus cotés sur Reuters, c'est-à-dire les obligations émises par la Société Générale S.A. en Dollar sur le marché américain. Nous avons ainsi, par interpolation polynomiale, la courbe suivante :

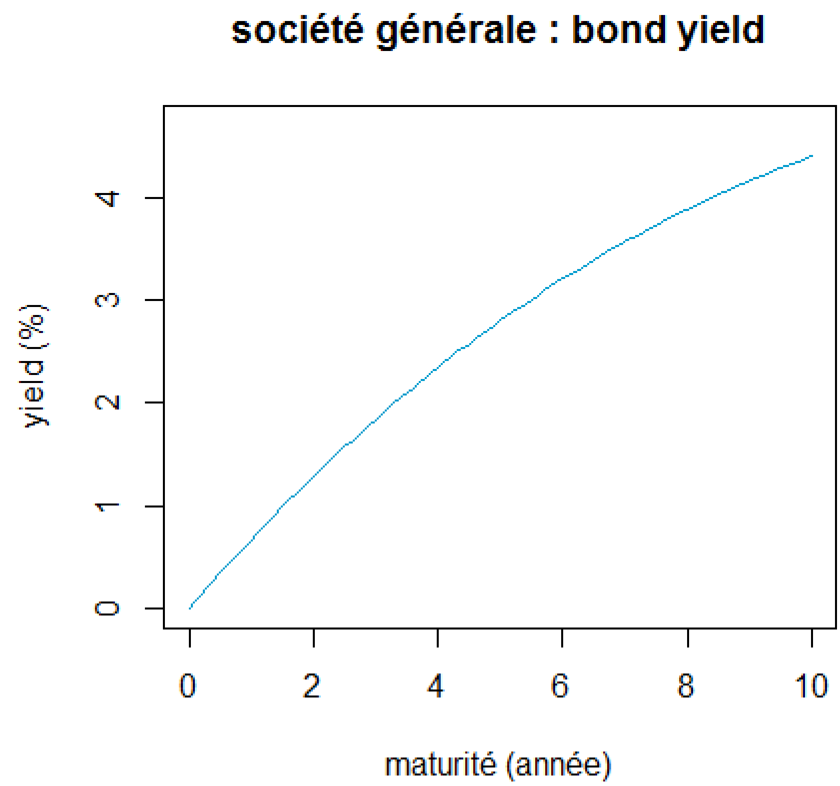

Figure 32: yield Société Générale

Le yield croît avec la maturité. Sur un horizon de 10 ans le yield est égal à 4.4%. La courbe présente une concavité faible sur 0-10 ans.

BNP Paribas

BNP Paribas est un groupe bancaire international, présent dans 75 pays, avec plus de 189 000 employés. Afin d'obtenir des résultats exploitables, nous nous intéressons aux obligations les plus côtées sur Reuters, c'est-à-dire les obligations émises en Dollar sur le marché européen. Nous avons ainsi, par interpolation polynomiale, la courbe suivante :

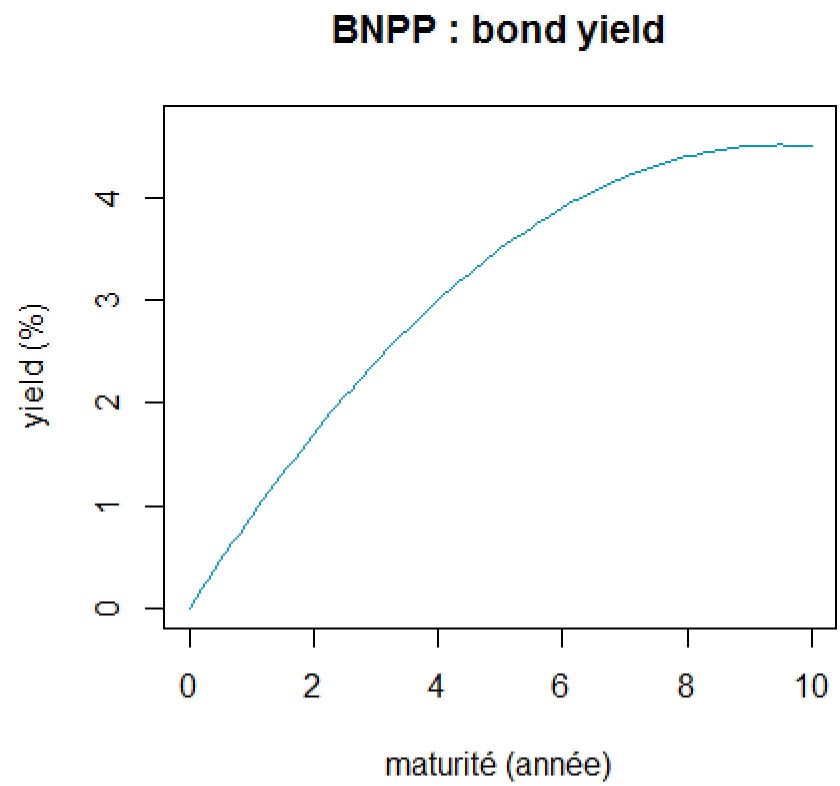

Figure 33: yield BNP Paribas

Le yield croît avec la maturité. Sur un horizion de 10 ans le yield est égal à 4.5%. La courbe présente une concavité plus marquée que celle de la Société Générale sur 0-10 ans.

BPCE

Le Groupe BPCE est l'organe central commun à la Banque populaire et à la Caisse d'épargne française. Il est issu de la fusion en 2009 de la Caisse nationale des caisses d'épargne et de la Banque fédérale des banques populaires. Le groupe comprend l'ensemble des entreprises qui composaient les deux groupes bancaires, ainsi que leurs filiales propres et communes. Afin d'obtenir des résultats exploitables, nous nous intéressons aux obligations les plus cotés sur Reuters, c'est-à-dire les obligations émises en Euro sur le marché français. Nous avons ainsi, par interpolation polynomiale, la courbe suivante :

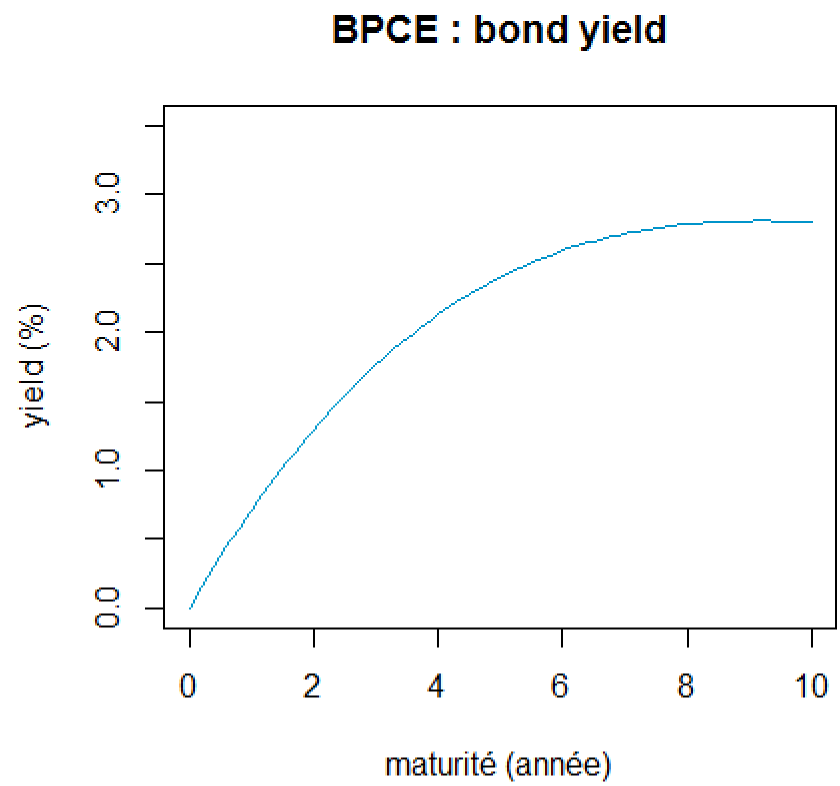

Figure 34: yield BPCE

Le yield croît avec la maturité. Sur un horizon de 10 ans le yield est égal à 2.8%. Cette valeur est nettement inférieure à celle des deux autres établissements. Bien que nous puissions considérer Reuters comme une source d'information fiable, nous restons vigilant face à cette valeur. La courbe présente, par ailleurs une concavité plus marquée que celles de la Société Générale et de BNP Paribas sur 0-10 ans.

Coût de financement forward

Nous avons obtenu le coût de financement de ces différentes banques, néanmoins nous cherchons à appréhender le coût de financement forward. Pour cela, nous allons nous placer sous une hypothèse de non arbitrage. Considérons deux stratégies :

- **Stratégie 1 :** supposons une émission obligataire avec une maturité T_{i+1} et un yield $s(i+1)$. Un investisseur achète N de cette obligation. Cette dernière lui rapporte donc à maturité :

$$N(1 + s(i + 1))^{T_{i+1}}$$

- **Stratégie 2 :** supposons une première émission obligataire avec une maturité T_i et un yield $s(i)$. Un investisseur achète N de cette obligation. A maturité, il réinvestit son gain en T_i sur une seconde émission obligataire avec une maturité T_{i+1}. Le gain est alors :

$$N(1 + s(T_i))^{T_i}(1 + s_{Forward}(0, T_i, T_{i+1}))^{T_{i+1}-T_i}$$

La non opportunité d'arbitrage implique que :

$$(1 + s(T_{i+1}))^{T_{i+1}} = (1 + s(T_i))^{T_i}(1 + s_{Forward}(0, T_i, T_{i+1}))^{T_{i+1}-T_i}$$

On conlclut donc que :

$$s_{Forward}(0, T_i, T_{i+1}) = \left(\frac{(1 + s(T_{i+1}))^{T_{i+1}}}{(1 + s(T_i))^{T_i}}\right)^{\frac{1}{T_{i+1}-T_i}} - 1$$

Impact en fonction de la méthodologie et de la contrepartie

Maintenant que nous avons tous les éléments pour calculer la MVA, nous allons regarder l'impact sur la valorisation en fonction de la contrepartie (Société générale, BNP Paribas et BPCE) mais aussi en fonction de la méthodologie de calcul de la marge initiale forward (interne, standard et SIMM).

Pour ce faire, nous allons nous intéresser au pourcentage que représente la MVA par rapport à la valeur du produit. Nous comparerons donc la valeur trouvée à celle du call au 30/06/2016 qui est de 1309.97 €(prix d'un call avec la formule de Blach-Scholes). En ce qui concerne le swap, étant donné que le MtM au 30/06/2016 est nul (date de début du swap), nous comparerons la MVA au nominal (10 000 €).

Société Générale

En reprenant les éléments calculés précédemment nous avons :

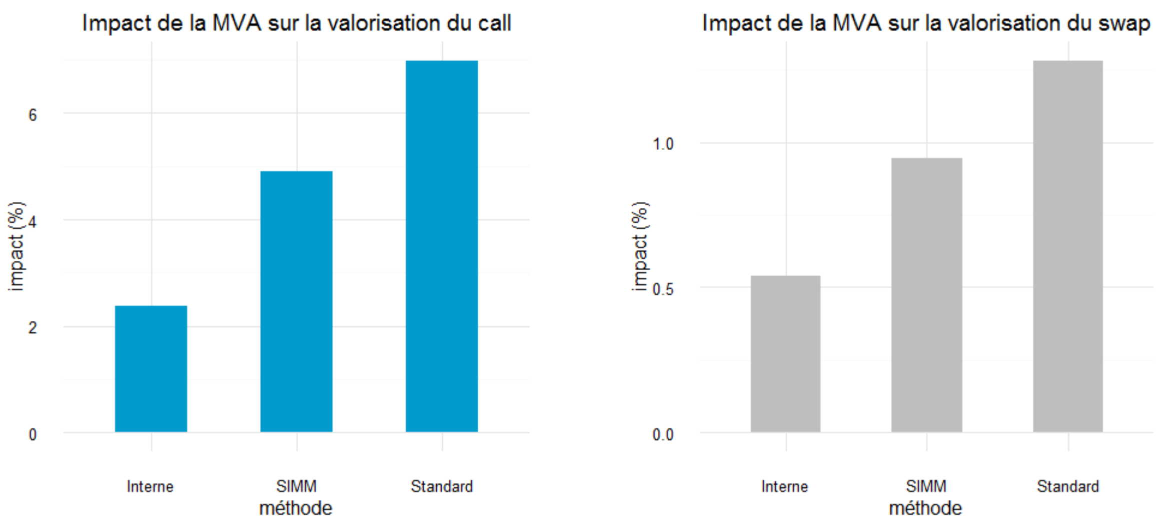

Figure 35: Impact de la MVA sur la valorisation, Société Générale

Nous constatons que la méthodologie de calcul de marge forward présente un impact important sur la valorisation aussi bien pour le swap que pour le call avec des écarts pouvant aller du simple au double entre la méthode interne et la méthode standard. Cela est cohérent avec les résultats obtenus précédemment au vu de la formule de calcul de la MVA.

L'impact est sensiblement plus fort dans le cas du call avec un pourcentage allant de 2,4% à 7%. L'impact dans le cas du swap est, quant à lui, plus faible avec un pourcentage allant de 0,5% à 1,3%.

BNP Paribas

En reprenant les éléments calculés précédemment nous avons :

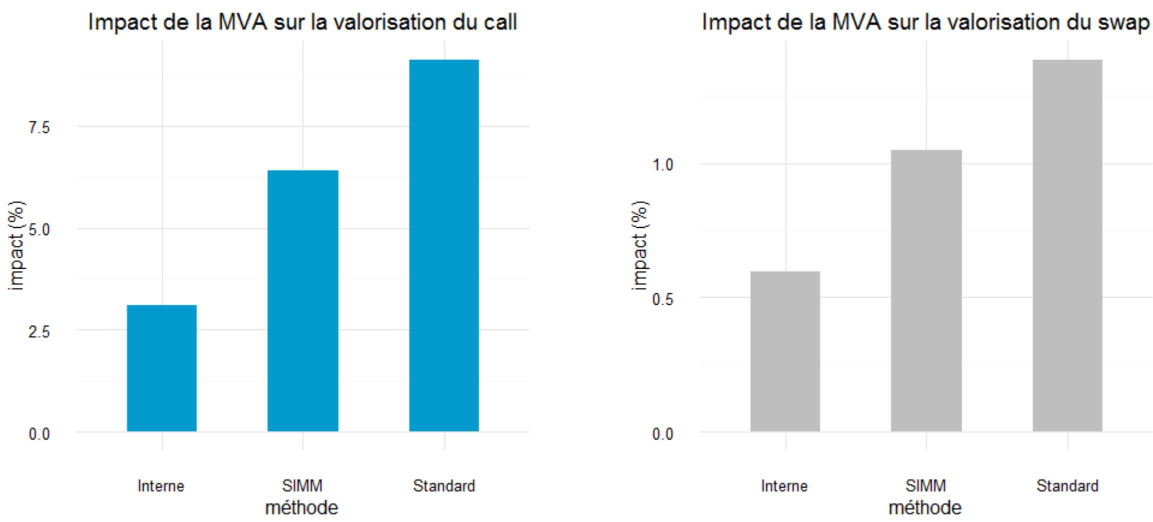

Figure 36: Impact de la MVA sur la valorisation, BNP Paribas

Nous retrouvons les mêmes conclusions générales que pour la société générale et BNPP. Néanmoins, l'impact aussi bien pour le call que pour le swap est légèrement supérieur. Cela est dû au coût de financement de la BNP Paribas qui est supérieur à celui de la société générale.

BPCE

En reprenant les éléments calculés précédemment nous avons :

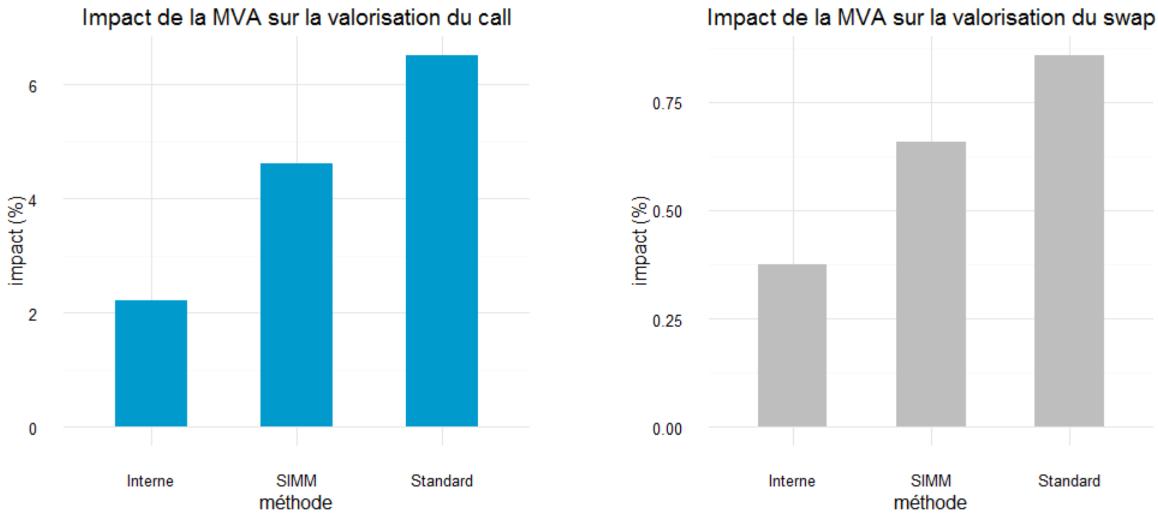

Figure 37: Impact de la MVA sur la valorisation, BPCE

Nous retrouvons les mêmes conclusions générales que pour la société générale. Néanmoins, l'impact aussi bien pour le call que pour le swap est légèrement inférieur. Cela est dû au coût de financement de la BPCE qui est inférieur à ceux des deux établissements précédents.

Résultats

Après analyse de la MVA avec nos 3 différentes méthodes de calcul de marge initiale et à travers nos 3 différents établissements, nous pouvons conclure que :

- La contrepartie influe sensiblement sur les résultats. En effet, le coût de financement est un élément venant impacter, de manière équivalente à la marge initiale, la valeur de la MVA. Plus un établissement possède un coût de financement général élevé, plus ce dernier aura une MVA élevée. La structure de la courbe de yield, et en particulier sa concavité, sont aussi des facteurs. Plus la concavité est forte, plus le coût de financement atteindra des valeurs élevées rapidement dans le temps et donc plus la MVA sera importante. Cependant, en gardant à l'idée le cadre règlementaire d'application de la marge initiale, seul les acteurs prépondérants du secteur financier seront affectés. De ce fait, nous pouvons considérer que entre deux grands établissements les coûts de financement seront très proches et donc que ces derniers impacteront de manière uniforme la MVA. Il est par ailleurs à noter que, dans notre étude, la BPCE montre un coût de financement nettement inférieur aux deux autres établissements. Bien que nos données soient obtenues par Reuters, qui est a priori une source fiable dans le domaine, cet écart reste à prendre avec de la distance même si ce dernier n'influe en aucun cas sur nos conclusions.

- La méthodologie de calcul de la marge initiale est un enjeu important pour la valorisation d'un produit. En effet, quel que soit le produit et l'établissement, nous observons des écarts allant du simple au double. Similairement aux résultats dans le cadre de la marche initiale, nous observons une hiérarchie croissante entre les différentes approches. Cela n'est pas une surprise au vu du lien entre la MVA et la marge initiale :
  - La méthode interne offre un impact limité sur la valorisation d'un produit. Nous rappelons que cette méthodologie possède un coût aussi bien humain (modélisation) que temporel (temps de calcul).
  - La méthode standard impacte significativement la valorisation d'un produit. Bien que cette dernière soit la plus pénalisante en termes de MVA, nous rappelons que cette méthode est simple et rapide à appliquer.
  - La méthode SIMM est l'intermédiaire entre les deux méthodes précédentes.

Nous rappelons que les exemples étudiés ne sont pas exhaustifs, néanmoins ils sont significativement représentatifs de l'impact que peut avoir cette nouvelle réforme sur un portefeuille contenant plusieurs produits. De ce fait, le choix de l'entreprise face à ces différentes méthodologies impactera la valorisation des actifs et son besoin en capital. Ce choix n'est donc pas négligeable.

Nouvelles réglementations : conséquences et critiques

Réduction du risque systémique et promotion des chambres de compensations

Le risque de contrepartie des dérivés OTC apparaît comme l'un des facteurs des crises financières depuis 2007. Il faut rappeler que Lehman Brothers avait des millions de trades OTC difficiles à liquider au moment de sa chute. Le manque de transparence et le risque de contrepartie exacerbent la peur de crise systémique. D'où la nécessité d'un meilleur encadrement du risque de contrepartie associé aux dérivés OTC.

L'introduction d'exigences de marges pour les dérivés non-compensés centralement devrait permettre de réduire les effets de contagion et de propagation d'une crise lors d'un évènement de défaut et de limiter la quantité d'expositions non garanties au sein du système financier.

Aujourd'hui, la compensation s'accompagne de coûts, car les chambres de compensation exigent le versement de marges. L'introduction d'exigences de marges pour les dérivés non compensés centralement engendre également des coûts qui pourront favoriser le recours à la compensation centrale. Ce développement de la compensation centrale contribuera à la réduction du risque systémique.

Des acteurs dans le flou

Ces nouvelles réformes viennent impacter le secteur financier de manière indécise. Comme nous l'avons vu, le choix de la méthode affecte de manière importante la valorisation du produit. L'enjeu pour les acteurs financiers concernés est donc de faire le bon choix. Une notion de concurrence est de ce fait en train d'émerger. Connaître le choix des autres acteurs sur la méthode utilisée est essentiel afin de s'adapter et rester dans le jeu.

N'oublions pas que chaque contrepartie décide du montant de marge initiale qu'elle doit recevoir de l'autre contrepartie. Cela implique que si une contrepartie demande à recevoir un montant de marge initiale trop élevé, celle en face peut refuser et le contrat n'est pas conclu. Néanmoins, mettons nous dans le cas ou les deux contreparties ont conclu le contrat. Si l'ajustement de marge initiale demandé ne convient pas à l'une des contreparties, il y a dispute. La question se pose alors : comment faire face à cette dispute ? Faut-il vendre le titre, passer à la méthode standard et par conséquent avoir une MVA forte ?

Une autre ambiguité de ces nouvelles règlementations est la méthode SIMM proposée par l'ISDA. Cette dernière pourrait s'imposer comme la référence étant donné qu'elle représente un compromis entre une modélisation interne et la modélisation standard. Néanmoins, cette méthode reste flou en ce qui concerne la logique sous jacente. En effet, nous pouvons nous interroger sur le type de portefeuille utilisé pour la calibration des paramètres ou encore la cohérence de ces derniers en fonction du portefeuille auquel la méthode est appliquée.

Conséquences sur l'industrie des produits dérivés

La mise en place de ces nouvelles règlementations a des conséquences non négligeables. En effet, les coûts liés à la mise en place et au maintien des outils et modèles appropriés pour les calculs de marges initiales affectent la valorisation des produits. De plus, les écarts significatifs entre les approches standard et les modèles internes ou bien entre deux modèles internes différents tous deux validés par l'entité de contrôle compétente posent un problème de choix qui pousse les acteurs à converger vers une chambre de compensation.

Par ailleurs, le coût informatique se pose. Les systèmes devront gérer des cas de figure différents selon la date de mise en place, le type d'instrument et le type de compensation applicable. Cela induit donc des coûts liés à la mise en place d'un processus de calcul et de suivi des marges ainsi qu'une gouvernance autour des modèles de calcul.

En termes comptables, cela induit des contraintes additionnelles sur la liquidité dans un environnement réglementaire déjà contraignant (LCR, NSFR). Cette réforme implique un transfert de besoin en fonds propres, imposé dans le cadre balois, vers un besoin en liquidité. En effet, étant donné que le risque de contrepartie est réduit à zéro par l'intermédiaire des marges, le besoin en fonds propres exigé par les ratios de bâle III diminuent. D'un autre côté, le besoin de liquidité lié à la MVA augmente.

L'offre et la demande sur le marché OTC risquent d'être affectées. En effet, nous pouvons prévoir une augmentation de la demande sur le marché pour des actifs correspondant aux critères d'éligibilité du collatéral avec une augmentation possible du prix de ces actifs. Par ailleurs, nous pouvons envisager un impact sur la rentabilité des transactions et par conséquent la mise en place d'arbres de décision pour choisir entre transactions clearées et bilatérales.

Conclusion

Les nouvelles règlementations présentées permettent d'annuler le risque de contrepartie et, par conséquent, d'annuler les différentes précautions prises à cet effet (CVA, DVA) sur le marché des dérivés OTC non compensés centralement. Néanmoins, la nécessité de poster une marge initiale sur un compte ségrégué implique un coût de financement : La MVA (*Margin Value Adjustment*). Cette dernière représente le coût induit par la marge postée. Pour la calucler il est nécessaire de prendre en compte la marge initiale future ainsi que le coût de financement de l'entreprise.

Après avoir étudié trois méthodes de calculs de marges initiales qui sont : la méthode standard, la modélisation interne et la méthode SIMM. Nous pouvons constater que la méthode standard est fortement pénalisante, la modélisation interne est la moins pénalisante et enfin la méthode SIMM est un intermédiaire. Les écarts entre ces différentes méthodes sont importants et par conséquent le choix est primordial pour les acteurs concernés.

En considérant le coût de financement de différents acteurs financiers (BNP Paribas, Société Générale et BPCE), nous avons pu calculer la MVA et ainsi en déduire l'impact de ces nouvelles règlementations sur la valorisation d'un produit dérivé. Nous observons ainsi un impact allant du simple au double selon la méthodologie utilisée. L'impact est par ailleurs non négligeable (supérieur à 2% pour un call et supérieur à 0.5% pour un swap).

De ce fait, certes ces nouvelles réformes réduisent le risque systématique et font la promotion des chambres de compensation, néanmoins les acteurs concernés sont dans le flou. De nombreux points sont à éclairer afin d'aboutir à une règlementation précise. Par la même occasion, ces réformes pourraient avoir des conséquences sur le marché des dérivés OTC au vu des différents coûts et contraintes qu'elles engendrent.

Annexes

Annexe 1

Catégorie d'actifs	Exigence de marge initiale (en % de l'exposition notionnelle)
Crédit 0-2 ans	2
Crédit 2-5 ans	5
Crédit ≥5 ans	10
Produit de base	15
Action	15
Devise	6
Taux d'intérêt : 0-2 ans	1
Taux d'intérêt : 2-5 ans	2
Taux d'intérêt : ≥5 ans	4
Autres	15

Figure 38: Barème d'application de la méthode standard

Annexe 2

9. **(non-Interest Rate risk classes)** The following step by step approach to capture delta risk should be separately applied to each risk class other than Interest Rate:

(a) Find a net sensitivity across instruments to each risk factor k, which are defined in Sections C.1 and C.2 for each risk class.

(b) Weight the net sensitivity, s_k, to each risk factor k by the corresponding risk weight RW_k according to the bucketing structure for each risk class set out in Sections E-I.

$$WS_k = RW_k s_k CR_k,$$

where CR_k is the concentration risk factor:

$$CR_k = \max\left(1, \left(\frac{|\sum_j s_j|}{T_b}\right)^{\frac{1}{2}}\right) \quad \text{for credit spread risk,}$$

with the sum j taken over all the risk factors that have the same issuer and seniority as the risk factor k, irrespective of the tenor or (for Qualifying Credit Risk) whether they arise from securitizations or non-securitizations, and

$$CR_k = \max\left(1, \left(\frac{|s_k|}{T_b}\right)^{\frac{1}{2}}\right) \quad \text{for equity, commodity, FX risk,}$$

where T_b is the concentration threshold for the bucket (or FX category) b, as given in Section J.

(c) Weighted sensitivities should then be aggregated within each bucket. The buckets and correlation parameters applicable to each risk class are set out in Sections E-I.

$$K = \sqrt{\sum_k WS_k^2 + \sum_k \sum_{l \neq k} \rho_{kl} f_{kl} WS_k WS_l},$$

where

$$f_{kl} = \frac{\min(CR_k, CR_l)}{\max(CR_k, CR_l)}.$$

(d) Delta Margin amounts should then be aggregated across buckets within each risk class. The correlation parameters γ_{bc} applicable to each risk class are set out in Sections E-I.

$$DeltaMargin = \sqrt{\sum_b K_b^2 + \sum_b \sum_{c \neq b} \gamma_{bc} S_b S_c} + K_{residual},$$

where

$$S_b = \max\left(\min\left(\sum_{k=1}^{K} WS_k, K_b\right), -K_b\right)$$

for all risk factors in bucket b.

10. Instruments that are options or include an option, including a prepayment option or have volatility sensitivity (instruments subject to optionality) are subject to additional margin requirements for vega risk and curvature risk. Instruments not subject to optionality and with no volatility sensitivity are not subject to vega risk or curvature risk.

Figure 39: ISDA, delta SIMM, call

11. The following step by step approach to capture vega risk exposure should be separately applied to each risk class:

(a) For Interest Rate and Credit instruments, the volatility σ_{kj} of the risk factor k at each vol-tenor j is defined to be the implied at-the-money volatility of the risk factor k, at each vol-tenor j, where "vol-tenor" is the underlying swap maturity. The volatility can be quoted as normal volatility, log-normal volatility or similar.

(b) For Equity, FX and Commodity instruments, the volatility σ_{kj} of the risk factor k at each vol-tenor j is given by the following formula:

$$\sigma_{kj} = \frac{RW_k\sqrt{365/14}}{\alpha}, \quad \text{where } \alpha = \Phi^{-1}(99\%),$$

where RW_k is the corresponding delta risk weight of the risk factor k, and the "vol-tenor" j is the option expiry time, which should use the same tenor buckets as interest-rate delta risk: 2 weeks, 1 month, 3 months, 6 months, 1 year, 2 years, 3 years, 5 years, 10 years, 15 years, 20 years and 30 years. For commodity index volatilities, the risk weight to use is that of the "Other" bucket. For FX vega (which depends on a pair of currencies), the risk weight to use here is the common risk weight for FX delta sensitivity given explicitly in section I.

(c) The vega risk for each instrument i to risk factor k is estimated using the formula:

$$VR_{ik} = \sum_j \sigma_{kj} \frac{dV_i}{d\sigma},$$

where:

- σ_{kj} is the volatility defined in clauses (a) and (b);
- $dV_i/d\sigma$ is the sensitivity of the price of the instrument i with respect to the implied at-the-money volatility (i.e. "vega"), keeping skew and smile constant. This should be the log-normal vega (for a 1% increase in volatility), except in the case of Interest Rate and Credit risks when it can be the normal vega or log-normal vega, or similar but must match the definition used in clause (a).

For example, the 5 year Interest Rate vega is the sum of all vol-weighted interest rate caplet and swaption vegas which expire in 5 years' time; the USD/JPY FX vega is the sum of all vol-weighted USD/JPY FX vegas.

(d) Find a net vega risk exposure VR_k across instruments i to each risk factor k, which are defined in Sections C.1 and C.2, as well as the vega concentration risk factor. For interest-rate vega risk, these are given by the formulas

$$VR_k = VRW\left(\sum_i VR_{ik}\right)VCR_b, \quad \text{where} \quad VCR_b = \max\left(1, \left(\frac{|\sum_{ik} VR_{ik}|}{VT_b}\right)^{\frac{1}{2}}\right),$$

where b is the bucket which contains the risk factor k. For credit spread vega risk, the corresponding formulas are

(d) Find a net vega risk exposure VR_k across instruments i to each risk factor k, which are defined in Sections C.1 and C.2, as well as the vega concentration risk factor. For interest-rate vega risk, these are given by the formulas

$$VR_k = VRW\left(\sum_i VR_{ik}\right)VCR_b, \quad \text{where} \quad VCR_b = \max\left(1, \left(\frac{|\sum_{ik} VR_{ik}|}{VT_b}\right)^{\frac{1}{2}}\right),$$

where b is the bucket which contains the risk factor k. For credit spread vega risk, the corresponding formulas are

$$VR_k = VRW\left(\sum_i VR_{ik}\right)VCR_k, \quad \text{where} \quad VCR_k = \max\left(1, \left(\frac{|\sum_{ij} VR_{ij}|}{VT_b}\right)^{\frac{1}{2}}\right),$$

where the sum j is taken over tenors of the same issuer/seniority curve as the risk factor k. For Equity, FX and Commodity vega risk, the corresponding formulas are

$$VR_k = VRW\left(\sum_i VR_{ik}\right)VCR_k, \quad \text{where} \quad VCR_k = \max\left(1, \left(\frac{|\sum_i VR_{ik}|}{VT_b}\right)^{\frac{1}{2}}\right).$$

Here VRW is the vega risk weight for the risk class concerned, set out in Sections D-I, and VT_b is the vega concentration threshold for bucket (or FX category) b, as given in section J. Note that there is special treatment for index volatilities in Credit Qualifying, Equity and Commodity risk classes.

(e) The vega risk exposure should then be aggregated within each bucket. The buckets and correlation parameters applicable to each risk class are set out in Sections D-I.

$$K_b = \sqrt{\sum_k VR_k^2 + \sum_k \sum_{l \neq k} \rho_{kl} f_{kl} VR_k VR_l},$$

where the inner correlation adjustment factors f_{kl} are defined to be identically 1 in the interest-rate risk class and for all other risk classes are defined to be:

$$f_{kl} = \frac{\min(VCR_k, VCR_l)}{\max(VCR_k, VCR_l)}.$$

(f) Vega Margin should then be aggregated across buckets within each risk class. The correlation parameters applicable to each risk class are set out in Sections D-I.

$$Vega\ Margin = \sqrt{\sum_b K_b^2 + \sum_b \sum_{c \neq b} \gamma_{bc} g_{bc} S_b S_c} + K_{residual},$$

where

$$S_b = \max\left(\min\left(\sum_{k=1}^{K} VR_k, K_b\right), -K_b\right),$$

for all risk factors in bucket b. The outer correlation adjustment factors g_{bc} are identically 1 for all risk classes other than interest-rates, and for interest rates they are defined to be:

$$g_{bc} = \frac{\min(VCR_b, VCR_c)}{\max(VCR_b, VCR_c)}$$

for all pairs of buckets b, c.

Figure 40: ISDA, vega SIMM, call

12. The following step by step approach to capture curvature risk exposure should be separately applied to

each risk class:

(a) The curvature risk exposure for each instrument i to risk factor k is estimated using the formula:

$$CVR_{ik} = \sum_j SF(t_{kj})\sigma_{kj}\frac{dV_i}{d\sigma},$$

where:

- σ_{kj} and $dV_i/d\sigma$ are the volatility and vega defined in paragraph 11(a-c) above.
- t_{kj} is the expiry time (in calendar days) from the valuation date until the expiry date of the standard option corresponding to this volatility and vega.
- $SF(t)$ is the value of the scaling function obtained from the linkage between vega and gamma for vanilla options.

$$SF(t) = 0.5 \min\left(1, \frac{14 \text{ days}}{t \text{ days}}\right).$$

The scaling function is a function of expiry only, which is independent of both vega and vol, as shown in the example table below.

Expiry	2w	1m	3m	6m	12m	2y	3y	5y	10y
SF	50.0%	23.0%	7.7%	3.8%	1.9%	1.0%	0.6%	0.4%	0.2%

Here, we convert tenors to calendar days using the convention that "12m" equals 365 calendar days, with pro-rata scaling for other tenors so that 1m = 365/12 days and 5y = 365*5 days.

(b) The curvature risk exposure CVR_{ik} then can be netted across instrument i to each risk factor k, which are defined in Sections C.1 and C.2. Note that the same special treatment as for vega applies for indexes in Credit, Equity and Commodity risk classes.

(c) The curvature risk exposure should then be aggregated within each bucket using the following formula:

$$K_b = \sqrt{\sum_k CVR_{b,k}^2 + \sum_k \sum_{l \neq k} \rho_{kl}^2 CVR_{b,k} CVR_{b,l}},$$

where

- ρ_{kl} is the assumed correlation applicable to each risk class as set out in Sections D-I. Note the use of ρ_{kl}^2 rather than ρ_{kl}.

(d) Margin should then be aggregated across buckets within each risk class:

$$\theta = \min\left(\frac{\sum_{b,k} CVR_{b,k}}{\sum_{b,k}|CVR_{b,k}|}, 0\right), \quad \text{and} \quad \lambda = (\Phi^{-1}(99.5\%)^2 - 1)(1+\theta) - \theta,$$

where the sums are taken over all the non-residual buckets in the risk class, and $\Phi^{-1}(99.5\%)$ is the 99.5th percentile of the standard normal distribution. Then the non-residual curvature margin is

$$CurvatureMargin_{non-res} = \max\left(\sum_{b,k} CVR_{b,k} + \lambda\sqrt{\sum_b K_b^2 + \sum_b \sum_{c \neq b} \gamma_{bc}^2 S_b S_c}, 0\right),$$

where

$$S_b = \max\left(\min\left(\sum_k CVR_{b,k}, K_b\right), -K_b\right).$$

Similarly, the residual equivalents are defined as

$$\theta_{residual} = \min\left(\frac{\sum_k CVR_{residual,k}}{\sum_k |CVR_{residual,k}|}, 0\right), \quad \text{and}$$

$$\lambda_{residual} = \left(\Phi^{-1}(99.5\%)^2 - 1\right)(1 + \theta_{residual}) - \theta_{residual},$$

$$CurvatureMargin_{residual} = \max\left(\sum_k CVR_{residual,k} + \lambda_{residual} K_{residual}, 0\right)$$

Here

- the correlation parameters γ_{bc} applicable to each risk class are set out in Sections D-I. Note the use of γ_{bc}^2 rather than γ_{bc}.

Then the total curvature margin is defined to be the sum of the two terms:

$$CurvatureMargin = CurvatureMargin_{non-res} + CurvatureMargin_{residual}.$$

For the interest-rate risk class only, the *CurvatureMargin* must be multiplied by a scale factor of 2.3. This provisional adjustment addresses a known weakness in the formulas which convert gamma into curvature, which will be properly addressed in a later version of the model.

Figure 41: ISDA, curvature SIMM, call

Annexe 3

8. **(Interest Rate risk only)** The following step by step approach to capture delta risk should be applied to the interest-rate risk class only:

(a) Find a net sensitivity across instruments to each risk factor (k,i), where k is the rate tenor and i is the index name of the sub yield curve, as defined in Sections C.1 and C.2 for the interest-rate risk class.

(b) Weight the net sensitivity, $s_{k,i}$, to each risk factor (k,i) by the corresponding risk weight RW_k according to the vertex structure set out in Section D.

$$WS_{k,i} = RW_k s_{k,i} CR_b,$$

where CR is the concentration risk factor defined as:

$$CR_b = \max\left(1, \left(\frac{\left|\sum_{k,i} s_{k,i}\right|}{T_b}\right)^{\frac{1}{2}}\right),$$

for concentration threshold T_b, defined for each currency b in section J. Note that inflation sensitivities to currency b are included in $\left|\sum_{k,i} s_{k,i}\right|$.

(c) The weighted sensitivities should then be aggregated within each currency. The sub-curve correlations

$\phi_{i,j}$ and the tenor correlation parameters $\rho_{k,l}$ are set out in Section D.

$$K = \sqrt{\sum_{i,k} WS_{k,i}^2 + \sum_{i,k} \sum_{(j,l)\neq(i,k)} \phi_{i,j}\rho_{k,l} WS_{k,i} WS_{l,j}}\,.$$

(d) Delta Margin amounts should then be aggregated across currencies within the risk class. The correlation parameters γ_{bc} applicable are set out in Section D.

$$DeltaMargin = \sqrt{\sum_b K_b^2 + \sum_b \sum_{c\neq b} \gamma_{bc} g_{bc} S_b S_c},$$

where

$$S_b = \max\left(\min\left(\sum_{i,k} WS_{k,i}, K_b\right), -K_b\right) \quad \text{and} \quad g_{bc} = \frac{\min(CR_b, CR_c)}{\max(CR_b, CR_c)},$$

for all currencies b and c.

C.2 Definition of "sensitivity"

19. The following sections define the sensitivity s that should be used as input into the standardised framework. The forward difference is specified in each section for illustrative purposes:

For Interest Rate and Credit:

$$s = V(x + 1\text{bp}) - V(x)$$

Table 1: Risk weights per vertex (regular currencies)

2w	1m	3m	6m	1yr	2yr	3yr	5yr	10yr	15yr	20yr	30yr
77	77	77	64	58	49	47	47	45	45	48	56

Figure 42: ISDA, delta SIMM, Swap

Bibliographie

Produits dérivés :
http : //www.andlil.com/definition − de − produit − derive − 125745.*html*
*https : //fr.wikipedia.org/wiki/Produit_d%C*3*%A*9*riv%C*3*%A*9*_financier*

XVAs :
Formation interne EY
http : //blog.infine.com/cva − credit − value − adjustment − ajustement − de − valorisation − sur − actifs − 2709

CCP :
*http : //www.cvacentral.com/wp−content/uploads/*2015/11/*WBS−Paris−Oct−*2015.*pdf*
Formation interne EY
https : //fr.wikipedia.org/wiki/Compensation

Reglementation :
formation interne EY
*www.bis.org/publ/bcbs*261.*htm*

Initial margin :
Formation interne EY
Mémoire : initial margin (C. DEBES)

Impact sur les XVAs :
*http : //www.cvacentral.com/wp−content/uploads/*2015/11/*WBS−Paris−Oct−*2015.*pdf*

reglementation des méthodes :
http : //www.bis.org/publ/bcbs261_{f}*r.pdf*
ISDA, *Standard Initial Margin Model for Non-Cleared Derivatives*, December 2013
ISDA, *SIMMTM,1 Methodology, version R1.1 Effective Date: 1 January 2017*
Formation interne

Produits et modèles :
Cours de Calcul stochastique, M.Rosenbaum ISUP 2ème année
https : //fr.wikipedia.org/wiki/Call
Brigo et Mercurio, *Interest Rate Models theory and practice*
Documentation interne
https : //en.wikipedia.org/wiki/$Vasicek_{m}odel$

http : //www.statisticshowto.com/wp − content/uploads/2016/01/Calibrating − the − Ornstein.pdf

LCH :
Documentation interne

MVA :
https : //www.clarusft.com/calculating − mva − under − isda − simm/

Banques :
https : //fr.wikipedia.org/wiki/Soci%C3%A9t%C3%A9
$_g$*%C3%A9n%C3%A9rale*
https : //fr.wikipedia.org/wiki/BNP$_P$*aribas*
https : //fr.wikipedia.org/wiki/BPC

Données de marché :
Thomson Reuters

Impacts :
http : //www.headlink−partners.com/HeadlinkResearch/TabId/1109/ArtMID/3679/ArticleID/7/Margin−requirements−for−non−cleared−transactions.aspx