



Mémoire présenté le : 11 mars 2014

pour l'obtention du Diplôme Universitaire d'actuariat de l'ISFA  
et l'admission à l'Institut des Actuaire

Par : Anthony DEBERNARDI

Titre: Estimation infra-annuelle d'un ratio de couverture Solvabilité II

Confidentialité :  NON  OUI (Durée :  1 an  2 ans)

*Les signataires s'engagent à respecter la confidentialité indiquée ci-dessus.*

*Membres présents du jury de l'IA*

M. LE CALVEZ Julien

M. NESSI Jean-Marie

M. PLANCHET Frédéric

Mme. VIGNY Ambre

*Signature*

Entreprise :

*Nom : Assurance du Crédit Mutuel*

*Signature :*

*Membres présents du jury de l'ISFA*

Mme. MAUME-DESCHAMPS Véronique

M. THEROND Pierre

Directeur de mémoire en entreprise :

*Nom : VERROEULST Alex*

*Signature :*

Invité

*Nom :*

*Signature :*

**Autorisation de publication et de mise en ligne sur un site de diffusion de documents actuariels (après expiration de l'éventuel délai de confidentialité)**

Signature du responsable entreprise

Signature du candidat

*Secrétariat :*

Mme. MOUCHON Marie-Claude

*Bibliothèque :*

Mme. BARTOLO Patricia

**Mots-clés** : Solvabilité II, ORSA, assurance vie, infra-annuel, SCR, interactions actif-passif, transfert de risque aux assurés, conditions de marché, rachats, capitaux propres économiques, marges futures, marge pour risque.

## Résumé

Avec l'entrée en vigueur de la nouvelle norme prudentielle Solvabilité II, les compagnies d'assurances doivent mettre en place des outils pour mieux contrôler leurs risques. Elles doivent notamment être en mesure de suivre en continu leur niveau de solvabilité.

Pour calculer les provisions *Best Estimates* nous avons besoin d'un modèle épargne stochastique de projection de bilans, ces calculs sont complexifiés en assurance vie par les interactions qu'il existe entre l'actif et le passif. Les calculs de SCR (*Solvency Capital Requirement*) sont faits une fois par an en début d'année, et nécessitent beaucoup de temps aussi bien d'un point de vue opérationnel que d'un point de vue temps de calcul.

Pour être en mesure de suivre la solvabilité de notre compagnie d'assurance durant l'année il nous paraît nécessaire de construire des approximations, en évitant le plus possible la perte d'informations.

Dans ce mémoire, le but sera donc de calculer un SCR de manière infra-annuelle, puis un ratio de solvabilité, à l'aide de *proxies* pour être capable de suivre la solvabilité de la compagnie en continu, et ce, sans l'utilisation d'un modèle épargne.

Nous allons d'abord déterminer les éléments pouvant être recalculés complètement, ceux que l'on va estimer et les éléments qui seront laissés constants avec la valeur de leur dernier calcul.

Pour un assureur vie la principale composante du SCR susceptible d'avoir de fortes variations pendant l'année est le SCR de marché, nous traitons en premier de ce module, que nous recalculerons brut sur les actifs financiers dans un premier temps.

Ensuite nous faisons une étude à l'aide d'un modèle épargne, sur la sensibilité des taux de transfert du risque aux assurés en fonction de différents facteurs de risques auxquels est exposée la compagnie (taux, actions, volatilité implicite des actions et *spread* implicites de la société) liés aux conditions de marché. Ces taux de transfert matérialisent le passage du SCR brut au SCR net. Cette étude nous permet de quantifier l'impact de ces facteurs sur chaque choc Solvabilité II et d'éliminer les facteurs ayant peu d'impact.

Nous allons répertorier ces sensibilités dans des tables d'abaques, puis mettre en place une méthodologie basée sur des interpolations linéaires, pour estimer un taux de transfert par choc Solvabilité II et s'affranchir du modèle épargne.

Par la suite, nous traitons de la deuxième partie du ratio de solvabilité que sont les capitaux propres économiques, sur le même principe nous n'estimons qu'une partie de ces capitaux propres pour chaque calcul infra-annuel, il s'agit des marges futures, et de la marge pour risque.

Pour terminer, nous construisons un ratio de solvabilité, qui sera même si il est évalué avec un niveau d'exigence moindre, un indicateur infra-annuel de suivi de la solvabilité de la compagnie d'assurance.

**Keywords** : Solvency II, Own Risk and Solvency Assessment, life insurance, infra-annual, SCR, assets and liabilities interactions, risk transfer to policyholders, market conditions, lapse, economic capital, value of-in force, risk margin.

## Abstract

With the new Solvency II directive that is coming into force, insurance companies need to implement some tools to control better their risks. In particular, they need to be able to continuously follow their solvency level.

The use of a stochastic ALM model is necessary to compute the best estimates provisions and take into account the assets-liabilities interactions that appear in life insurance and complexify the calculation.

The SCR (Solvency Capital Requirement) is calculated once a year, it requires a lot of time for an operational point of view as well as for the time of simulation.

To be able to follow the solvency level within a year we need to construct some proxies.

In this thesis, we are going to compute a Solvency Capital Requirement (SCR), in an infra-annual way, then a solvency ratio, with the help of proxies, to be able to follow the solvency of our company, without the use of an ALM model.

To begin, we are going to classify the different components of the SCR, the ones we could completely calculate, the ones we are going to estimate and the others that remain constant with the last calculus values.

For a life insurer, the main volatile and important component of the SCR within the year is the Market SCR. We begin to process with that one, we calculate the gross SCR in a first time.

Then, we do a study with an ALM model, on the sensibility of the risk transfer to the policyholders rate, in function of risk factors the company is exposed to, (interest rates, equities, implied volatility, implied spreads of the corporation) that are linked to market conditions. This transfer rate shows the way to go from the gross SCR to net SCR. This study enables us to quantify the impact of the risk factors on each Solvency 2 stress, and get rid of the ones with little impacts.

Afterwards, we put the data in some abacus tables, to implement a methodology based on linear interpolations. The goal is to estimate a rate of risk transfer for each Solvency II stress and then to be ALM model free.

Subsequently, we compute the second part of the solvency ratio, the economic capital. On the same basis, we estimate only a part of them for each infra-annual calculation, that is the risk margin and the value of-in force.

To finish, we construct a solvency ratio, which will be evaluated with a smaller level of expectation, but it will still be a good indicator of the company solvency.

# Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Catherine JEAN-LOUIS, responsable ALM et Solvabilité II du Groupe des Assurances du Crédit Mutuel, pour m'avoir permis d'effectuer mon alternance et mon mémoire au sein de l'équipe Solvabilité II et modélisation, ainsi que pour sa très utile relecture et ses conseils.

Ensuite, je remercie tout particulièrement mon tuteur en entreprise Alex VERROEULST, pour son encadrement tout au long de l'année, sa gentillesse, sa disponibilité, ainsi que pour ses relectures minutieuses et ses conseils de manière générale.

Je tiens aussi à remercier mes collègues de l'équipe, notamment Thibault BARON pour ses explications et ses connaissances techniques, Maxime EWOANE pour ses débogages du modèle et ses connaissances en informatique.

Je remercie plus généralement tout le plateau Solvabilité II et ALM, pour leur sympathie, leur soutien, et leur aide tout au long de ce mémoire.

Pour terminer, je tiens à remercier Stéphane LOISEL mon tuteur pédagogique pour sa relecture et ses indications.

# Table des matières

<b>Résumé</b> .....	<b>2</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>3</b>
<b>Remerciements</b> .....	<b>4</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>7</b>
<b>I. Présentation du contexte</b> .....	<b>8</b>
A. Les contrats d'Epargne .....	8
1. <i>Descriptif</i> .....	8
2. <i>Rémunération de l'assuré pour les contrats en euros</i> .....	10
B. Présentation de la société étudiée .....	12
C. Rappels Solvabilité II .....	13
1. <i>Définitions et rappels des éléments majeurs</i> .....	13
a. Eléments de contexte général .....	13
b. Eléments techniques .....	16
2. <i>Présentation de la formule standard</i> .....	19
D. Focus sur la problématique de l'ORSA et du calcul infra-annuel .....	23
1. <i>Cadre général</i> .....	24
2. <i>Approche infra-annuelle</i> .....	28
a. Méthodes existantes .....	28
b. Méthode des proxies .....	29
<b>II. Méthodologie de calcul du SCR de marché</b> .....	<b>33</b>
A. Mise à jour des variables de marché .....	33
B. Calcul du SCR de marché brut .....	36
1. <i>Valorisation théorique des obligations</i> .....	37
2. <i>Présentation et calcul pour chaque choc</i> .....	38
3. <i>Comparaison entre le calcul ligne à ligne et par model points</i> .....	42
4. <i>Variation d'une période à l'autre</i> .....	43
<b>III. Etude sur les taux de transfert du risque aux assurés</b> .....	<b>46</b>
A. Notion de taux de transfert du risque aux assurés .....	46
1. <i>Introduction des taux de transfert du risque aux assurés</i> .....	46
2. <i>Impact des taux de transfert</i> .....	49

B. Présentation du modèle Epargne .....	50
C. Facteurs de risques .....	55
1. <i>Présentation des facteurs de risques</i> .....	55
2. <i>Choix du domaine de sensibilités</i> .....	57
D. Construction d'abaques avec stress tests .....	59
1. <i>Mise en œuvre</i> .....	59
2. <i>Stress simples</i> .....	61
a. Analyse générale par sensibilité.....	61
b. Effet des SCR sur les sensibilités .....	63
c. Analyse descriptive par SCR pour la construction de tables d'abaques.....	65
3. <i>Stress combinés</i> .....	67
E. Méthodologie d'estimation du taux de transfert .....	74
<b>IV. Estimation du ratio S2 de couverture .....</b>	<b>77</b>
A. SCR global.....	77
1. <i>SCR souscription vie</i> .....	77
a. Eléments figés .....	77
b. Eléments estimés .....	77
2. <i>SCR opérationnel</i> .....	81
B. Capitaux propres économiques .....	81
1. <i>Marge pour risque</i> .....	82
2. <i>Marges futures</i> .....	83
<b>V. Application pratique et backtesting.....</b>	<b>88</b>
A. Evolution des conditions de marché.....	88
B. Construction du ratio infra-annuel au 30/06/2013 et <i>backtesting</i> .....	89
1. <i>Calcul partiel</i> .....	89
2. <i>Comparaison</i> .....	90
3. <i>Limites de la méthode et préconisations</i> .....	92
<b>Conclusion .....</b>	<b>94</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>95</b>
<b>Table des figures .....</b>	<b>96</b>
<b>Table des annexes.....</b>	<b>97</b>

# Introduction

Nous allons nous intéresser dans ce mémoire à la solvabilité d'une compagnie d'assurance vie et au nouvel environnement réglementaire Solvabilité II.

Cette directive impose d'avoir un certain niveau de fonds propres, le *Solvency Capital Requirement (SCR)*, sur un horizon d'un an, dans le but de mieux contrôler la solvabilité des compagnies d'assurances et d'avoir une meilleure protection pour les assurés. Elle impose notamment le suivi en continu de son niveau de solvabilité. Le régulateur propose des spécifications techniques pour la mise en place, qui composent la formule dite standard, que nous utiliserons dans ce mémoire. Cette formule standard est commune à toutes les compagnies d'assurances en Europe, mais selon la structure de la compagnie, les décisions du management, et étant donné le fait que chaque compagnie a ses particularités, cette mise en place prend du temps et diffère selon l'entreprise. Cette réforme change l'approche de valorisation de l'actif et du passif, nous avons à présent une évaluation économique du bilan. Les actifs et les passifs doivent désormais être évalués à leur valeur de marché, et les provisions sont en vision *Best Estimate*, elles nécessitent d'être calculées via un modèle épargne de projection.

L'encours de l'épargne en assurance vie représente environ 1 400 milliards d'euros en France soit quasiment 70% du PIB. Cette épargne est placée sur les marchés et est donc très sensible au contexte financier.

Ces dernières années nous avons vécu un contexte de crise financière, les marchés étant très instables, cela a donc un impact direct sur la nouvelle forme de valorisation du bilan d'une compagnie d'assurance vie. Cette sensibilité aux conditions de marchés a besoin d'être quantifiée dans le but de pouvoir suivre régulièrement son niveau de solvabilité.

Le but de ce mémoire est de mettre en place un certain nombre d'approximations dits *proxies* pour estimer de manière rapide le niveau de capital requis pour une compagnie d'assurance vie en s'affranchissant de l'utilisation d'un modèle de projection de bilan trop couteux en temps. C'est-à-dire pour avoir des estimations infra-annuelles du ratio de solvabilité.

Dans un premier temps, nous présenterons le contexte de l'étude avec des précisions sur le secteur étudié, sur la directive Solvabilité II ainsi qu'un zoom sur le champ d'application de l'étude.

Puis nous nous attarderons sur le module SCR de marché, le plus lié aux conditions de marché et le plus important dans notre cas, nous développerons une méthodologie pour calculer ce module de SCR de marché brut de manière infra-annuelle, puis nous l'analyserons.

Ensuite, dans la partie suivante qui constitue le cœur du mémoire, nous étudierons les sensibilités selon différents facteurs de risques, des passages du SCR de marché brut au SCR de marché net, dans le but de trouver des proxies. Nous utiliserons des tables d'abaques ainsi qu'un modèle épargne pour calculer les provisions *best estimates* lors de nos sensibilités.

Pour terminer nous développerons une méthodologie dans le but de construire un ratio de solvabilité de suivi infra-annuel.

# I. Présentation du contexte

Dans cette première partie nous allons présenter le contexte de notre étude et en présenter les contours. Tout d'abord en abordant la branche dans laquelle nous nous situons, qui est l'assurance vie épargne. Ensuite le contexte actuel qui est la mise en place de Solvabilité II, avec des rappels sur le cadre général puis des explications plus précises sur notre démarche.

## A. Les contrats d'Epargne

En France il y a bon nombres de types d'épargne, avec des caractéristiques différentes. Nous avons :

- L'épargne bancaire, avec les différents livrets comme le livret A, le PEL<sup>1</sup>, etc.
- Les placements financiers en valeurs mobilières, avec le PEA<sup>2</sup>, PEE<sup>3</sup>.
- L'épargne destiné à financer la retraite avec des produits comme les PERCO<sup>4</sup>, PERP<sup>5</sup>, contrats Madelin, articles 83, etc.
- Les contrats d'assurance vie, garantis en cas de vie ou de décès.

### 1. Descriptif

Nous allons nous intéresser aux produits d'assurance vie.

Il existe deux grands types de contrats d'assurance vie en épargne, les contrats monosupports en "euros" et les contrats multisupports avec des supports en "euros" et des supports en "unités de compte" (UC).

#### Supports en UC

Les UC voient leurs fonds investis dans des supports de placements tels que des actions, des SICAV, etc., ils dépendent grandement des marchés financiers et font courir un risque important à son détenteur, ils permettent hypothétiquement des rendements élevés. Ces contrats garantissent des parts d'actifs, l'assureur ne porte aucun risque financier dessus, c'est pourquoi les pertes peuvent être importantes pour l'assuré. De plus, l'assureur ne participe pas à la gestion de l'actif, il est seulement l'intermédiaire. Ce dernier sélectionne ces supports, suivant les règles régissant son contrat.

Cependant, il existe des garanties optionnelles pour rendre ces produits plus attractifs pour les assurés. Nous pouvons citer les options de type "garantie plancher", qui protègent les ayants droits en cas de décès de l'assuré, ceux-ci reçoivent au minimum le cumul des primes versées nettes de souscription. D'autres garanties existent avec d'autres options plus sophistiquées mais le principe reste le même, c'est-à-dire offrir une garantie minimum à l'assuré. Ces garanties imposent à l'assureur la nécessité d'évaluer et provisionner ces produits.

---

<sup>1</sup> Plan Epargne Logement

<sup>2</sup> Plan Epargne Actions

<sup>3</sup> Plan Epargne Entreprise

<sup>4</sup> Plan Epargne Retraite Collectif

<sup>5</sup> Plan Epargne Retraite Populaire

## Supports en euros

Les contrats en euros sont des contrats plus sûrs pour l'épargnant, l'assureur offre une garantie en capital, avec un effet cliquet, c'est-à-dire que les intérêts générés sont définitivement acquis, ainsi qu'une revalorisation avec la participation aux bénéfices. Celle-ci doit être d'au minimum 85% des bénéfices financiers et 90% des bénéfices techniques. Ces fonds sont investis majoritairement en obligations mais peuvent contenir d'autres supports d'investissements. Le rendement avec un risque plus faible que les UC est potentiellement moins élevé. Chaque contrat possède sa spécificité en terme d'options (garanties complémentaires), et de cotisations (programmées, libres, prime unique).

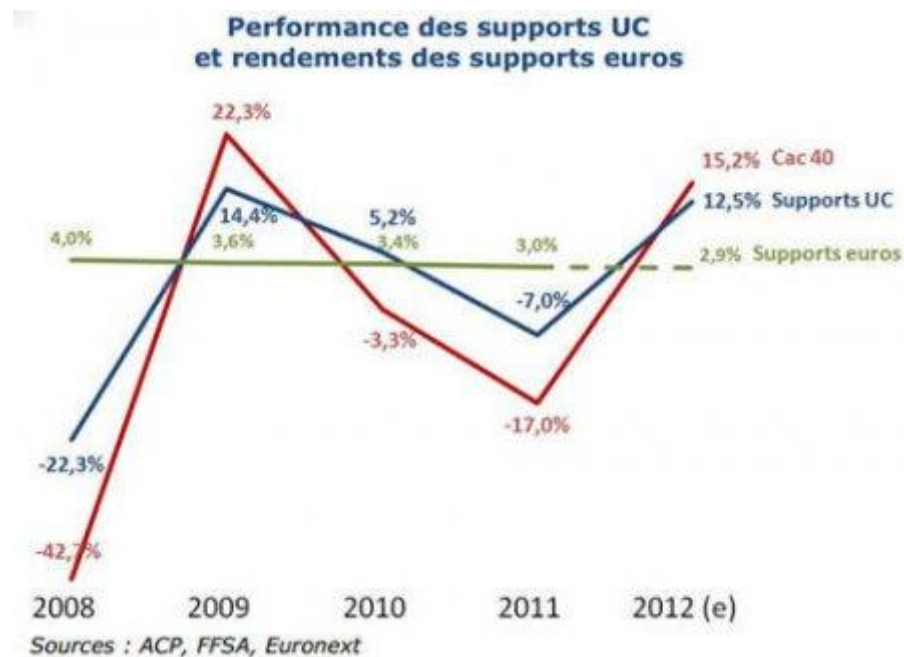


Figure 1 : Comparaison des performances des contrats UC et euros

Nous pouvons voir que la performance des UC est très volatile et suit la tendance du CAC 40, ce qui implique un risque plus élevé que les contrats en euros ayant un rendement linéaire.

Pour chaque type de contrat l'assureur perçoit une rémunération par le biais de différents chargements, comme les frais de gestion, acquisition, etc. En ce qui concerne les frais de gestion, ils sont divisés en deux types, les frais fixes sur les encours et les frais variables sur les produits financiers de sorte que l'assureur soit intéressé sur les performances de l'actif. Ces chargements sont très réglementés par le code des assurances.

Pour chaque type de contrat également, le souscripteur a la possibilité de racheter son contrat, c'est-à-dire demander le remboursement total ou partiel de l'épargne. Si l'épargne est rachetée en totalité, le contrat se termine.

Il existe deux types de rachats, les rachats conjoncturels, ceux-ci ont lieu en fonction de la conjoncture économique, notamment lors d'une hausse des taux. L'assureur risque une vague de rachats massifs des contrats par les épargnants voulant profiter des taux plus hauts pour placer leur argent. Il y a aussi les rachats structurels, dits « incompressibles », ces rachats sont indépendants des paramètres de marché, mais propres à chaque assuré, il s'agit par exemple d'un épargnant ayant besoin de liquidité pour un achat de bien immobilier. Ces rachats sont modélisés par des lois statistiques.

D'un point de vue fiscal les assurances vie sont avantageuses, bien que de moins en moins après chaque réforme politique.

L'imposition sur le revenu ne se fait que sur les gains procurés par le contrat d'assurance et que sur la part rachetée, s'il y a rachat.

Le taux est de :

- 35% sur une durée inférieure à 4 ans.
- 15% entre 4 et 8 ans.
- 7,5% après 8 ans avec un abattement de 4 600 euros par an (9 200 pour un couple marié ou pacsé).

A cela s'ajoutent les prélèvements sociaux (CSG et CRDS).

Pour ce qui est du régime successoral, la taxation dépend des dates du contrat et de versements des primes ainsi que de l'âge du souscripteur à ces dates et permet une exonération dans certaines mesures, là aussi très encadrée réglementairement.

Il existe des contrats multi-supports permettant de coupler contrats en UC et contrats en euros, mais globalement les épargnants se tournent dans 80-90% des cas vers les contrats en euros.

## 2. Rémunération de l'assuré pour les contrats en euros

L'assureur peut garantir une rémunération minimale, qui est le taux minimum garanti (TMG) ou taux technique. Pour une durée déterminée il s'engage à rémunérer les contrats en euros à ce taux.

Le TMG est très réglementé dans le code des assurances et obéit à certaines contraintes à la souscription qui sont les suivantes :

- Avant 8 ans, on a  $TMG \leq \text{Min}(75\% * TME ; 4.5\%)$
- Après 8 ans, on a  $TMG \leq \text{Min}(60\% * TME ; 3.5\%)$

Avec TME = taux moyen d'emprunt d'Etat.

En effet, ces limitations ont pour but de ne pas avoir de TMG trop élevés que les assureurs ne pourraient pas assumer par la suite et mettre en péril leur solvabilité ainsi que le capital des épargnants.

Tous les contrats ne bénéficient pas de TMG, dans ce cas la compagnie fixe en interne un taux annuel garanti (TAG) révisable chaque année qui est un taux plancher et est fixé par dire d'expert en fonction de la conjoncture et de la stratégie commerciale.

En plus de ces taux garantis, l'assureur doit faire participer ses assurés aux revenus financiers, c'est la participation aux bénéfices (PB). Cette PB se décompose en deux parties :

- La PB réglementaire, qui ne peut être inférieure à 85% des bénéfices financiers et 90% des bénéfices techniques.
- La PB discrétionnaire qui est modulable et distribuée selon la stratégie de l'assureur.

Concernant la PB discrétionnaire, l'assureur n'est pas obligé de tout distribuer chaque année. Lors des années avec de fort produits financiers, il peut mettre une partie de ces bénéfices sur une provision qui est la provision pour participations aux excédents (PPE) ou aussi appelée provision pour participations aux bénéfices (PPB). Cette provision peut aider à lisser les résultats c'est-à-dire que la compagnie peut puiser dans cette provision les années où les bénéfices financiers sont moindres.

Ces bénéfices dotés à la provision doivent toutefois être distribués aux assurés dans un maximum de 8 ans à compter de la dotation.

Ces différents taux composent le taux servi aux assurés, qui change chaque année.

On a :



Figure 2: Décomposition du taux servi.

La détermination du taux servi est stratégique et nécessite une bonne gestion des richesses de la compagnie. Chaque entreprise avec sa propre stratégie en fonction de ses objectifs commerciaux et de la conjoncture, détermine un taux cible à verser aux assurés et le compare au taux de rendement comptable net. Ce taux cible est généralement déterminé en interne et peut être modélisé par une loi, dépendant par exemple de l'historique passé des rémunérations et des taux de marché du moment (OAT 10 ans par exemple).

Le taux de rendement comptable net est défini comme suit :

$$\text{Taux rendement comptable net} = \frac{\text{Résultat net}}{\text{PM}}$$

Avec  $\text{Résultat net} = \text{Produits financiers} - \text{PRE} - \text{PDD}$ .

PRE = Provision pour Risque d'Exigibilité

PDD= Provision pour Dépréciation Durable

PM = Provision Mathématique

Si le taux cible est inférieur aux taux de rendement comptable net, il est servi en utilisant les produits financiers, le reste est doté à la PPE.

Si le taux cible est supérieur au taux de rendement comptable net alors l'entreprise utilise d'autres richesses comme une reprise sur la PPE, l'extériorisation des plus-values latentes, une diminution du résultat,... Si l'utilisation de toutes ces richesses n'est pas suffisante alors la compagnie peut être amenée à puiser dans ses fonds propres si elle veut verser le taux cible, ou bien diminuer ce dernier.

Le taux servi est un élément clé de l'assurance vie car il conditionne les résultats futurs de la compagnie.

Ces deux taux, taux cible et taux servi, sont aussi importants pour déterminer comment les assurés vont racheter leurs contrats, notamment concernant les rachats conjoncturels.

La loi de rachat conjoncturel est difficilement quantifiable, il faut au préalable avoir une approche plus qualitative en regardant le profil des assurés du portefeuille et voir quels seraient les placements alternatifs, si les assurés étaient amenés à racheter leurs contrats. Ici par exemple cela pourrait être le livret A, PEL, autres assurances vie, etc.

Ensuite concernant la quantification de cette loi, elle dépend de l'écart entre le taux cible et le taux servi à partir duquel les assurés seraient prêts à racheter en tenant compte d'une certaine inertie du

portefeuille. Elle dépend aussi du pourcentage maximum de l'encours racheté et d'un taux de rachat maximum. Ces données sont évalués par dire d'expert et font partie de la stratégie de la compagnie. Cette loi dépend aussi de la fiscalité, avec des paramètres différent selon l'âge du contrat, induisant un taux de rachat différent.

L'assureur quant à lui, se rémunère sur plusieurs points. Tout d'abord il prélève des frais d'acquisition sur la cotisation des assurés, au titre des frais de commercialisation, qui se situent aux environs de 0-5%. Ensuite pour faire face à la gestion de ces contrats, l'assureur prélève des frais de gestion. Une part est fixe et est directement prélevée sur les encours, elle est généralement inférieure à 1%, une part est variable et elle est prélevée sur les produits financiers, elle est inférieure à 15% réglementairement, et est définie en fonction de la stratégie de taux servi expliquée plus haut.

## B. Présentation de la société étudiée

L'étude se fera sur l'une des sociétés d'assurance vie du Groupe des Assurances du Crédit Mutuel, que nous nommerons « ACM » dans la suite de ce mémoire. A noter que les chiffres concernant la société, exposés à partir de maintenant ne sont pas les chiffres réels, des coefficients ont été appliqués.

La société comme la plupart des compagnies d'assurances, possède une majorité d'obligations, environ 80%. La part d'actions qui est le point le plus sensible dans le contexte de Solvabilité II, dû à un cout important en terme de capital réglementaire que nous verrons par la suite, il est d'environ 10%. Le reste est composé principalement d'immobilier et de monétaire.

La valeur nette comptable de la compagnie (VNC) qui est le prix de revient de l'actif minoré des amortissements et provisions (Provision pour Dépréciations Durables) éventuels est inférieur à la valeur de marché, la compagnie est donc au global en plus-value latente au 31/12/2012.

Chaque grande classe d'actifs est composée de différents actifs comme suit :

- Les actions comprennent :
  - Actions
  - FCPR
  - Gestion alternative
  - Immobilier coté
  - Participations
  - Structurés actions
  
- Les obligations comprennent :
  - OPCVM Taux
  - OATi
  - Obligations convertibles
  - Obligations taux fixes
  - Obligations taux variables
  - Obligations R332-20 dits Tier 1 (sans date de remboursement)
  
- L'immobilier et le monétaire n'ont pas de sous-classe d'actif.

La société propose majoritairement des produits en versement libre sans TMG, bien qu'une partie non négligeable en possède. L'offre produit vise à la fois la clientèle de particuliers et la clientèle d'entreprise du groupe Crédit Mutuel-CIC.

Le total des engagements de la compagnie est de 50 Mds d'euros et est composé à 90% de produits en euros et 10% d'UC.

Dans une compagnie de grande taille et développé dans divers domaines, nous ne pouvons pas tous les prendre en compte et les étudier, nous nous concentrerons donc sur le fonds général de notre société, notre portefeuille d'épargne. Il représente plus de 80% du total de la société, et est le plus significatif.

## C. Rappels Solvabilité II

Solvabilité II est une réforme ambitieuse des règles prudentielles destinée à garantir la solvabilité des sociétés d'assurances. Elle vise à moderniser les règles en matière de solvabilité des assureurs et à accroître la protection des assurés, tout en construisant un marché unique européen de l'assurance. Nous allons exposer ici les éléments clés de Solvabilité II, pour nous permettre de comprendre au mieux son concept, et qui nous serviront de base à l'étude menée dans ce mémoire.

### 1. Définitions et rappels des éléments majeurs

Nous présentons d'abord les éléments de contexte général puis les éléments plus techniques par la suite.

#### *a. Eléments de contexte général*

Il semble nécessaire de rappeler ici quelques généralités à propos de Solvabilité II, pour connaître le contexte de notre étude.

#### Les 3 piliers

La réforme Solvabilité II repose sur 3 piliers distincts :

##### ✓ Pilier 1

Le premier pilier a pour objectif de définir les normes quantitatives de calcul des provisions techniques et des fonds propres. Ces niveaux réglementaires sont définis pour les fonds propres et reposent sur deux niveaux.

- le MCR (Minimum Capital Requirement) représente le niveau minimum de fonds propres en dessous duquel l'intervention de l'autorité de contrôle sera automatique.
- le SCR (Solvency Capital Requirement) représente le capital cible nécessaire pour absorber le choc provoqué par un risque majeur. Le MCR de niveau moindre est de ce fait inclus dans le SCR, nous ne traiterons donc pas du MCR dans ce mémoire.

✓ **Pilier 2**

Le second pilier a pour objectif de définir des normes qualitatives de suivi des risques en interne ainsi qu'un rôle de gouvernance. Il inclut notamment l'ORSA.

L'ORSA (Own Risk and Solvency Assessment) qui est un ensemble de processus qualitatifs et quantitatifs, constituant un outil d'analyse décisionnelle et stratégique visant à évaluer, de manière continue et prospective, le besoin global de solvabilité lié au profil de risque spécifique de l'organisme assureur. Nous détaillerons plus tard dans ce mémoire ce processus.

✓ **Pilier 3**

Le troisième pilier a pour objectif de définir l'ensemble des processus de reporting auprès des autorités de contrôle et du public.

### Processus de Lamfalussy

Le processus Lamfalussy qui est une série de démarches conçues par l'Union Européenne pour les réglementations du secteur financier, est utilisé pour la première fois en assurance dans le cadre de Solvabilité II.

Les différents niveaux sont dans l'ordre :

Niveau 1 : C'est la phase d'élaboration des principes directeurs de la future réglementation, adoptée par le Conseil et le Parlement européen.

Niveau 2 : C'est la phase d'élaboration des mesures d'application, découlant des grands principes de la phase 1. Les autorités de contrôle de chaque Etat membre sont sollicitées avec la mise en place de QIS (Quantitative Impact Studies) et de CP (Consultation Papers).

- Les QIS sont des tests d'études qui servent de calibrages, et de définitions de futures règles ayant pour but de mieux prendre en compte les risques des acteurs du marché. Le dernier test en date fin 2012, qui est le sixième, appelé LTGA (Long-Term Guarantees Assessment) est un test d'impact pour les assureurs vie et retraite concernant les engagements à long terme.

- Les CP, sont des papiers de consultation/discussion entre le régulateur et les acteurs du marché, par exemple le CP15 traite de la communication et de la publication des informations. Les CP font l'objet de réponses de la part du marché.

Niveau 3 : C'est la phase de coopération entre les régulateurs de chaque pays pour s'assurer de la mise en place de la réglementation de manière cohérente pour chaque Etat membre.

Niveau 4 : C'est la phase de contrôle par les autorités européennes sur la transposition des mesures de niveau 1 et 2 en droit national. Des mesures sont prises en cas de non-conformité avec le droit européen.

Ces différents niveaux d'application vont permettre de passer de Solvabilité I à Solvabilité II par étapes en entretenant une communication permanente entre les acteurs du marché et le régulateur.

### Calendrier de mise en place de la réforme

Une réforme de cette ampleur nécessite beaucoup de temps d'un point de vue technique pour tester les différentes spécifications techniques sur des cas réels et vérifier leur faisabilité, mais aussi d'un

point de vue politique, pour une application cohérente entre tous les Etats membres. C'est pour cela que le calendrier évolue fréquemment au gré des nouvelles avancées. Solvabilité II est d'actualité depuis plusieurs années, la directive cadre a été votée en mai 2009.

Le dernier calendrier en date début 2013 est le suivant :

Mars à Juin 2013 : Les superviseurs nationaux et les organismes envoient leurs commentaires à l'EIOPA<sup>6</sup>, sur les mesures transitoires au nombre de 57 servant à aider les acteurs du marché à se préparer à la futur directive.

Juin à Décembre 2013 : L'EIOPA prend en compte les commentaires et publie un rapport final.

Le 6 septembre 2013, remise du questionnaire qualitatif par l'ACP et de certains états quantitatifs, les QRT (Quantitative Reporting Template), accompagnés d'une note méthodologique.

1er janvier 2014 : Mise en pratique des mesures transitoires de manière progressive et proportionnée.

28 février 2015 : Les superviseurs nationaux communiquent un état d'avancement à l'EIOPA portant sur l'année 2014.

Mais ce calendrier pourrait voir encore d'autres modifications. « Dans le meilleur des cas, Solvabilité II pourrait entrer en vigueur en 2015 ou 2016, cela dépend de la longueur du processus législatif et politique », a déclaré Gabriel Bernardino, le président de l'autorité de contrôle européenne de l'assurance, l'EIOPA, fin 2012.

Cette directive vise à remplacer la directive Solvabilité I.

Solvabilité I offre une vision comptable de l'entreprise, avec d'une part les actifs évalués en valeur d'acquisition, et d'autre part les provisions techniques évaluées de manière prudente.

La différence avec Solvabilité II réside dans le fait que cette nouvelle norme offre une vision plus économique de l'entreprise, avec les actifs évalués en valeur de marché et les provisions techniques en vision *Best Estimate*. Nous développerons le concept de *Best Estimate* plus tard, après avoir introduit les notions de bilan et de capital économique.

## Critiques envers Solvabilité II

Comme toute mesure politique de grande envergure, cette réforme est sujette à critiques. Certains acteurs du marché ont montré quelques réticences à propos de la directive.

Ils ont montré leurs désaccords concernant des points techniques comme la fiabilité scientifique de certains points tel que la VaR, des coefficients de chocs inadéquats, etc., une formule standard trop compliquée et une vision qui n'est pas en phase avec les spécificités de chaque compagnie. D'autres aspects, notamment les délais de réponse au régulateur trop courts et l'usage exclusif de l'anglais, ont été mis en avant.

Ces critiques venaient notamment des groupes de taille moindre, ainsi que des acteurs opérants sur des branches longues. Puis d'autres groupes de tailles plus importantes ont émis certaines remarques, à propos des besoins de recapitalisation excessifs ou de mauvaises prises en compte de certains risques, notamment le risque de marché qui aurait un impact négatif sur l'économie européenne.

---

<sup>6</sup> European Insurance and Occupational Pensions Authority

Cependant, le régulateur tient compte des réponses des différentes compagnies, pour adapter au mieux cette réforme à l'ensemble des acteurs du marché. Il prévoit notamment des périodes de transition pour prendre en compte dans le bilan prudentiel l'écart de valorisation des provisions techniques entre Solvabilité I et Solvabilité II, lié aux évolutions de taux d'actualisation. Cependant les compagnies d'assurance demandent à ce que cette période de transition actuellement de 7 ans, soit allongée.

## *b. Eléments techniques*

Nous allons décrire ici, le coté plus technique du contexte de la réforme.

### Bilan économique simplifié

Le bilan économique fait référence à une valorisation économique, en valeur de marché de l'entreprise.

La valeur économique à l'instant t est la valeur à laquelle pourrait être vendue l'entreprise à un tiers.

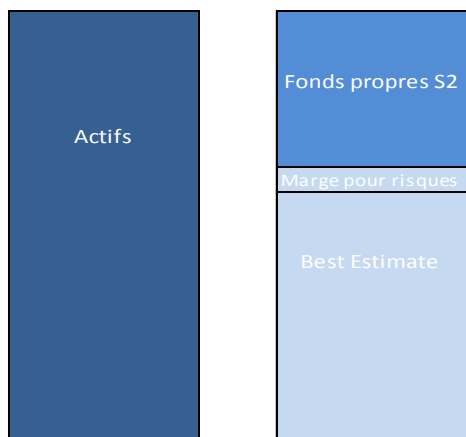


Figure 3 : Bilan économique simplifié

- Les **Actifs** de l'assureur sont comptabilisés en valeur de marché.
- Les **Fonds propres S2** correspondent aux fonds propres économiques.
- **Best Estimate** : valeur économique du passif, il représente la valeur actuelle nette probable des flux futurs des contrats existants au moment de l'évaluation.
- **Marge pour risque** : correspond au montant additionnel qu'exigerait un autre assureur pour reprendre le portefeuille de contrats. Il se calcule comme le coût d'immobilisation des capitaux propres nécessaires tout au long de la vie du portefeuille de contrats d'assurance. Ce coût a été fixé à 6% dans la réglementation Solvabilité II.

La somme du Best Estimate et de la marge pour risque correspond aux provisions techniques S2.

### Capital économique Solvabilité II

Le **capital économique** représente le montant de capitaux propres couvrant le besoin minimum, évalué sur une base réaliste, pour couvrir les risques que la compagnie gère ou collecte. Typiquement, ce capital est calculé en déterminant la quantité de capitaux propres dont la société a besoin pour être assurée que son bilan restera solvable, sur une certaine période de temps, avec un taux de probabilité prédéfini.

Dans le cadre de Solvabilité II, il correspond au montant de Fonds Propres (FP) dont doit disposer la compagnie en date initiale, afin de ne pas être ruinée dans un an, avec une probabilité de 99,5%.  
On a alors mathématiquement :

$$\mathbb{P}(FP_1 \leq 0) \leq 0.5\%.$$

Ce capital est défini comme le SCR (Solvency Capital Requirement).

Ici le terme de ruine fait référence à la ruine économique, c'est-à-dire quand l'actif en valeur de marché est inférieur au passif économique de l'entreprise, les fonds propres deviennent alors négatifs.

## Mesure de risque

On peut aussi exprimer ce capital cible en fonction d'une mesure de risque, celle utilisée ici est la VaR (Value at Risk).

La VaR est la perte maximale non dépassée, avec une probabilité donnée et un intervalle de confiance certain. Très utilisé en finance pour mesurer les risques de marché, elle a plusieurs autres applications notamment ici pour Solvabilité II, dans une optique de risk management.

Elle se définit ainsi :

$$VaR_\alpha(X) = \inf\{x \in \mathbb{R}, \mathbb{P}(X \leq x) \geq \alpha\},$$

Elle s'écrit également :

$$VaR_\alpha(X) = F_X^{-1}(\alpha),$$

Avec F la fonction de répartition de X, continue et strictement croissante.

Appliquée à notre cas, en prenant la perte en fonds propres comme distribution, la formalisation mathématique nous donne :

$$\mathbb{P}(FP_1 \leq VaR) = 99.5\%$$

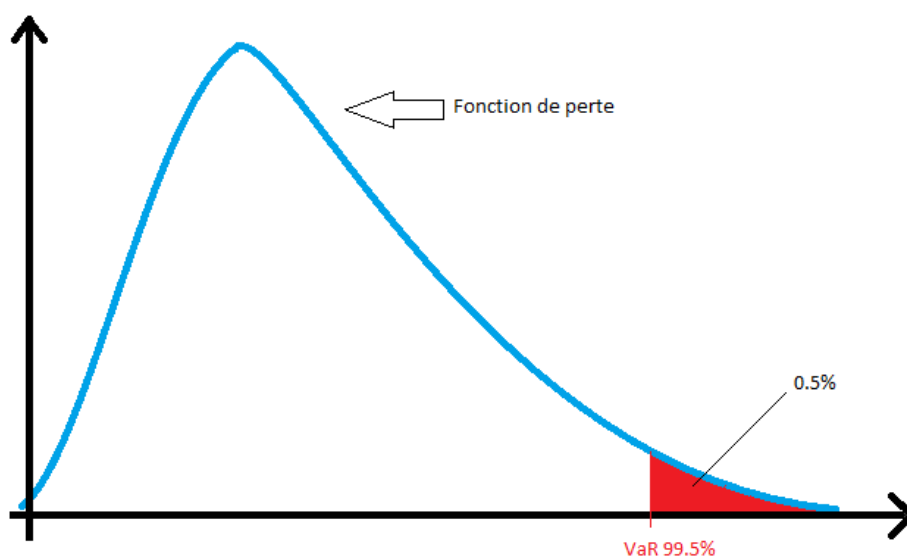


Figure 4 : La VaR à 99.5% pour une distribution de fonction de perte.

Une mesure de risque se doit d'être cohérente, car les mesures de risques cohérentes ont des propriétés financières intéressantes. Ces propriétés sont pour une mesure de risque  $\rho(\cdot)$  cohérente:

$\forall X, Y \in \mathcal{L}_p(\Omega, \mathcal{F}, \mathbb{P})$  et  $\forall \theta \in \mathbb{R}^+$  :

- Translation :  $\rho(X + \theta) = \rho(X) + \theta$
- Positivité :  $X \leq 0 \Rightarrow \rho(X) \geq 0$
- Sous-additivité :  $\rho(X + Y) \leq \rho(X) + \rho(Y)$
- Positive homogénéité :  $\rho(\theta X) = \theta \rho(X)$
- Monotonie :  $si X \leq Y \Rightarrow \rho(X) \leq \rho(Y)$

En revanche, la VaR n'est pas sous-additive, donc n'est pas cohérente.

La sous-additivité signifie que le risque associé à une somme d'événements incertains est plus petit ou égal à la somme des risques d'événements incertains, c'est-à-dire que le risque financier peut être réduit par diversification. Nous verrons plus tard dans cette partie le concept de diversification utilisé dans le calcul du SCR.

D'autres mesures de risques cohérentes comme la T-VaR, qui est l'espérance conditionnelle des queues de distributions pourrait alors être utilisée, car elle mesure la sévérité de la perte et serait plus pertinente que la VaR. Cependant, pour cela il faudrait modéliser de manière très précise les queues de distributions de nos fonds propres, c'est-à-dire les événements très rares, cela s'avère compliqué, et c'est pour cela que les autorités de contrôle au niveau européen préconisent l'utilisation de la VaR, qui est plus facile à mettre en œuvre et qui est tout de même une mesure de risque très utilisée dans le domaine financier.

## Calcul des provisions techniques

Dans le but de calculer le SCR, nous devons estimer les provisions techniques en vision *Best Estimate*. Le *Best Estimate*, c'est-à-dire la meilleure estimation, est défini comme suit dans les spécifications techniques données par le régulateur :

« Le *Best Estimate* correspond à la moyenne pondérée par leur probabilité des flux de trésorerie futurs, compte tenu de la valeur temporelle de l'argent (valeur actuelle probable des flux de trésorerie futurs), déterminée à partir de la courbe des taux sans risque pertinente et ce en *run-off*, c'est-à-dire sans prendre en compte les contrats futurs.

Le calcul de la meilleure estimation est fondé sur des informations actuelles crédibles et des hypothèses réalistes et il fait appel à des méthodes actuarielles et des techniques statistiques adéquates. »

Comme dit précédemment, pour Solvabilité II nous devons prendre des hypothèses reflétant la réalité. Les compagnies d'assurances sont censées être capable d'expliquer le degré de prudence utilisé pour le calcul de leurs provisions techniques.

On sépare les risques en deux catégories distinctes :

- Les risques couvrables, que sont les risques financiers auxquels on peut avoir une stratégie d'investissement permettant de répliquer les flux, et dont les provisions sont égales au prix de la couverture financière.
- Les risques non couvrables, que sont les risques assurantiels (par exemple les sinistres, ou les décès), et dont les provisions sont égales à *Best Estimate* + marge pour risques.

Nous faisons l'hypothèse que les deux types de risques sont indépendants, sinon nous ne sommes pas en mesure de calculer ces provisions techniques.

La formule des provisions techniques (PT), sous Solvabilité II se calcule comme suit :

$$PT = \mathbb{E}^{\mathbb{P} \otimes \mathbb{Q}}(\delta(t).F(t)) + RM$$

Avec :

- $\mathbb{Q}$  la probabilité risque neutre des flux financiers (couvrables).
- $\mathbb{P}$  la probabilité risque neutre des flux assurantiels (non couvrables).
- $\delta(t) = e^{-\int_0^t r(u)du}$  et  $r(t)$ , respectivement le facteur d'actualisation et le taux sans risque en  $t$ , avec l'ajout éventuel d'une prime contra-cyclique.
- $F(t)$ , le flux en  $t$ .
- $RM$ , *risk margin* ou marge pour risque.

#### Calcul de la marge pour risque

Les capitaux à immobiliser tout au long de la durée de vie restante du passif, correspondent aux SCR futurs liés par les engagements d'assurance, la formule de calcul de cette marge pour risques est la suivante :

$$RM = 6\% \cdot \sum_{t \geq 0} \mathbb{E} \left( \frac{SCR_t}{(1+r_t)^t} \right)$$

Avec ici,  $r_t$  le taux sans risque sans ajustement éventuel d'une prime contra-cyclique.

Dans cette formule il paraît compliqué de trouver la loi que suivent les SCR dans le temps ou même de les calculer, il s'agit donc d'avoir une formule approximant ce calcul.

L'EIOPA propose un panel de simplifications classées selon une hiérarchie par degré de simplification, cette hiérarchie est composée de 5 méthodes.

Le *Best Estimate* pour une compagnie se calcule différemment que ce soit en vie ou en non-vie.

Notre étude va se focaliser sur une compagnie d'assurance vie ayant principalement des contrats épargne en euros. Nous allons donc nous intéresser aux spécificités en assurance vie épargne.

En vie, il existe des interactions entre l'actif et le passif qui doivent être modélisées via un modèle ALM (Asset & Liability Management), ces interactions se situent au niveau de la performance financière de l'actif avec la participation aux bénéfices et au niveau du comportement des assurés en terme de rachats (structurels ou conjoncturels). Nous verrons plus tard dans ce document une présentation succincte du modèle ALM utilisé pour ce mémoire et son utilisation dans le calcul du *Best Estimate*.

## 2. Présentation de la formule standard

La formule standard propose par des méthodes communes de calculer son besoin en capital, mais ces applications ne sont pas forcément simples à mettre en place. Elles sont standards donc valent pour toutes les entreprises, mais chaque compagnie selon ses caractéristiques et ses moyens, n'est pas impactée de la même manière par ces exigences. Une alternative serait le modèle interne qui permettrait de mieux cerner les risques propres à l'entreprise et de pouvoir contrôler de manière plus adéquate ses besoins en fonds propres. L'inconvénient est la difficulté de développement et de mise en place, ce modèle devant être approuvé par les autorités de contrôle.

Nous allons nous focaliser sur la formule standard et expliquer sa méthodologie.

## Description

La formule standard est la méthodologie donnée par l'EIOPA, elle a pour but le calcul du besoin en capital élémentaire en appliquant des chocs.

Il faut tout d'abord établir le bilan économique simplifié « central », c'est-à-dire avant tout *stress* sur le bilan, puis appliquer un choc instantané (spot) par risque et ensuite réévaluer le bilan. La différence entre les fonds propres des deux bilans correspond donc au capital économique réglementaire pour chaque risque.

Le SCR obéit à la formule suivante :

$$\text{SCR} = \text{BSCR} + \text{Adj} + \text{Op}$$

**Op** est le capital immobilisé pour prendre en compte le risque opérationnel.

**Adj** est l'ajustement concernant la future participation aux bénéfices (PB) ainsi que les impôts différés.

**BSCR** (Basic Solvency Capital Requirement) est le SCR de base calculé en agrégeant les sous modules présents dans la cartographie des risques présentée plus loin dans ce document.

Les risques sont « cartographiés », le BSCR est subdivisé en modules qui eux-mêmes sont divisés en différents risques élémentaires.

On doit calculer pour chaque risque élémentaire, par exemple *Property* (Immobilier) pour le module *Market* (Marché), l'exigence en capital correspondante, puis agréger ces sous modules à l'aide de matrices de corrélations. La cartographie des risques est comme suit :

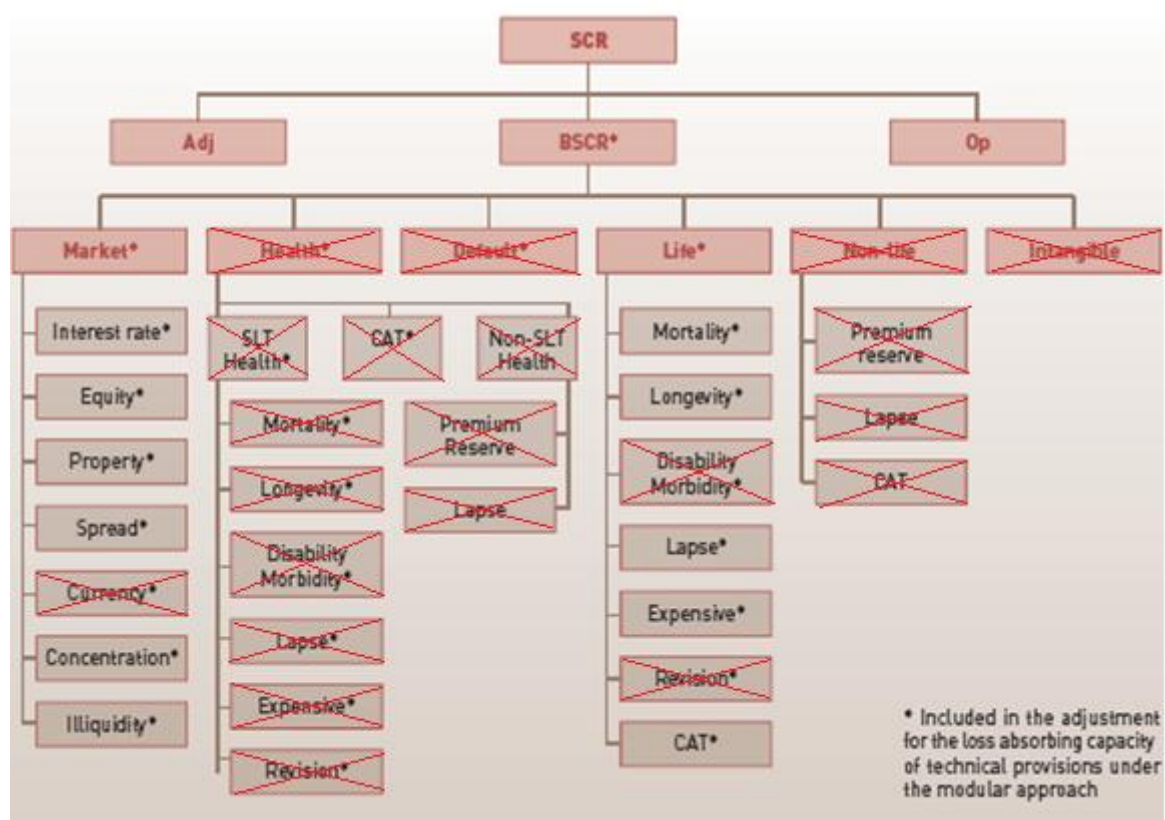


Figure 5 : Cartographie des risques selon la directive Solvabilité II.

Dans la suite de ce mémoire nous nous consacrerons aux risques significatifs qu'encourt notre société, c'est-à-dire ceux non barrés sur la cartographie.

Concernant les modules du BSCR, la compagnie est seulement concernée par les risques de marché et de souscription vie. Nous n'avons pas pris en compte le risque de défaut (ou de contrepartie), car nous avons très peu de couverture et de réassurance dans notre cas.

## Calcul des SCR pour chaque risque élémentaire

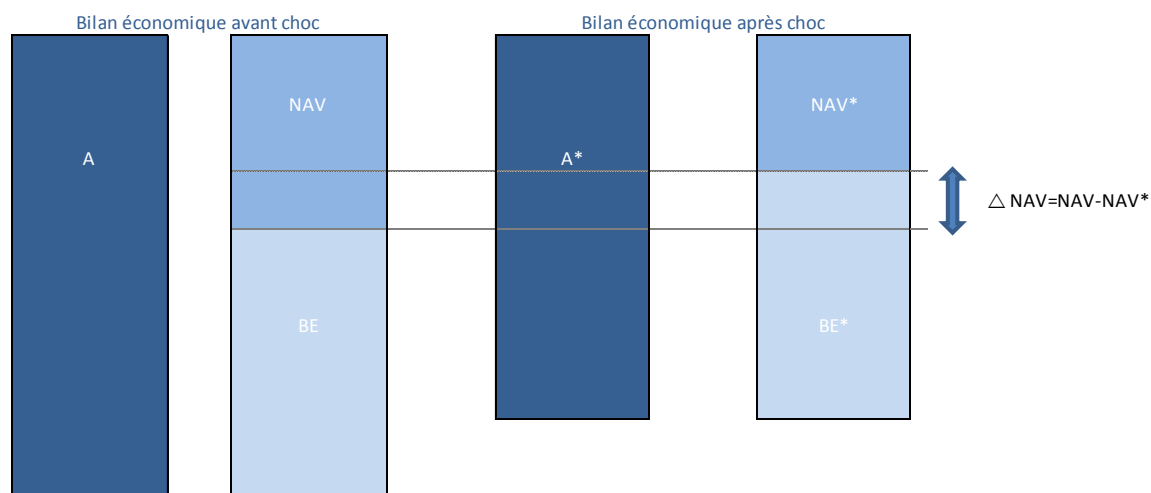


Figure 6 : Application d'un choc élémentaire sur le bilan économique.

- A : Actif évalué en valeur de marché avant le choc i.
- A\* : Actif réévalué après le choc du risque élémentaire i.
- BE: Best Estimate calculé dans le scénario central avant le choc i.
- BE\*: Best Estimate après le choc i.
- NAV: Net Asset Value où Actif net réévalué, ce sont les fonds propres économiques définis tels que  $NAV = A - BE$ .
- NAV\*: Valeur des fonds propres économiques après le choc i.
- $\Delta NAV$ : Différence de fonds propres entre avant et après le choc, cela correspond au SCR pour le choc i, si  $\Delta NAV < 0$ ,  $SCR = 0$ .

Cette opération est répétée pour chaque choc élémentaire vu dans la cartographie précédemment sous réserve que la compagnie soit sujette à ce type de choc.

Les risques sont évalués par leur impact sur le bilan économique de la société d'assurance en *full fair value*, c'est-à-dire par leur impact sur actifs et passifs économiques.

## Agrégation des risques

Les risques élémentaires sont calculés avec un risque de ruine de 0,5%, cependant ils ne surviendront pas tous simultanément à ce niveau de risque. Pour prendre en compte cet effet dit de diversification, il y a des coefficients de corrélations donnés par l'EIOPA pour agréger ces risques entre eux au lieu de les sommer. A noter que le BSCR agrégé est inférieur à la somme de tous les SCRs. Les matrices de corrélations sont données en Annexe 1.

Soit :

$SCR_i$ , le capital requis pour le risque élémentaire  $i$ .

$SCR^{m_k}$ , le capital requis pour chaque module  $m_k$ .

$\rho_{i,j}^{m_k}$ , le coefficient de corrélation linéaire entre les risques  $i$  et  $j$  du module  $k$ .

$\rho_{m_k,m_l}$ , le coefficient de corrélation linéaire entre les modules  $m_k$  et  $m_l$ .

Nous avons alors pour le premier niveau d'agrégation pour chaque module  $m_k$  :

$$SCR^{m_k} = \sqrt{\sum_{i,j} \rho_{i,j}^{m_k} \cdot SCR_i \cdot SCR_j}$$

A noter que pour le risque de taux (*interest rate* dans le module *market* sur la cartographie), une matrice de corrélation différente existe pour le choc à la hausse ou le choc à la baisse des taux. Le choc le plus sévère pour la compagnie est pris en compte avec la matrice correspondante.

Puis pour le second niveau d'agrégation, qui agrège chaque module  $m_k$  permettant d'obtenir le *Basis Solvency Capital Requirement* (BSCR), nous avons la formule suivante :

$$BSCR = \sqrt{\sum_{m_k,m_l} \rho_{m_k,m_l} \cdot SCR^{m_k} \cdot SCR^{m_l}}$$

La différence entre ce résultat et la simple somme de tous les SCR est donc l'effet de diversification.

Nous constatons en examinant les matrices de corrélations données en Annexe 1, que les actions sont les actifs se diversifiant le moins bien, c'est-à-dire avec les plus grands coefficients de corrélations entre risques de marché, alors que les taux sont les actifs se diversifiant le mieux. Et ce dans une optique de détenir en priorité des actifs moins risqués pour l'assureur, qui cherche à minimiser le capital réglementaire.

## SCR brut/net

La notion de brut et de net réside dans le fait que l'assureur peut changer sa politique de distribution des excédents et faire absorber le choc par les assurés en partageant une partie du choc subi.

La différence entre le SCR brut et le SCR net quantifie cette capacité d'absorption.

Dans le SCR brut on fait l'hypothèse que l'assureur ne peut pas modifier sa distribution d'excédents, c'est-à-dire la participation aux bénéfices.

Dans le SCR net, l'assureur peut moduler sa distribution et ajuster le SCR calculé précédemment par la formule standard pour absorber une partie du choc.

$$Adj_{TP} = -\max(\min(BSCR - nBSCR; FDB); 0)$$

Avec nBSCR le BSCR net et FDB (Futur Discretionary Benefits), la participation aux bénéfices discrétionnaire.

Dans la suite de ce mémoire nous calculerons directement le BSCR net, l'effet diversification étant inférieur aux participations aux bénéfices pour notre société.

## Impôts différés

Les spécifications techniques précisent que nous pouvons déduire du SCR les impôts sur les sociétés pour venir faire diminuer le capital.

Nous avons donc :

$$ID = -(BSCR + SCR_{op}) * Tx_{IS}$$

Avec  $Tx_{IS}$ , le taux d'imposition sur les sociétés.

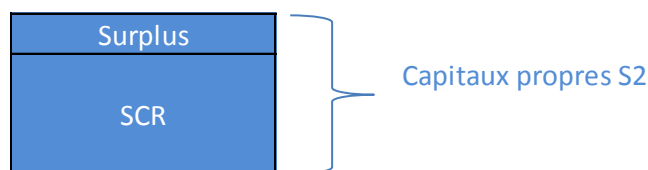
Cependant par mesure de prudence, nous limitons cet ajustement aux provisions pour impôts différés du bilan Solvabilité II. Pour les capitaux propres Solvabilité II, l'ajustement des impôts est effectué seulement sur la différence entre les capitaux propres Solvabilité I et les capitaux propres Solvabilité II. Cette méthode de prudence est une pratique courante utilisée par les différents acteurs du marché.

## Ratio Solvabilité II

Le but final du pilier 1, est de calculer un ratio de solvabilité pour la compagnie concernée, il s'agit de :

$$Ratio S2 = \frac{Capitaux\ propres\ S2}{SCR}$$

Ce ratio doit naturellement être supérieur à 100%, pour satisfaire aux exigences de solvabilité. Autrement dit, les capitaux propres doivent couvrir l'exigence de capital réglementaire.



D'un point de vue réglementaire le ratio Solvabilité II doit être calculé une fois par an, et être contrôlé par le régulateur. S'il n'est pas conforme aux exigences de solvabilité, c'est-à-dire inférieur à 100%, la compagnie dispose de deux mois pour proposer un plan de redressement, et ensuite de six mois pour rétablir son SCR au niveau requis avant intervention de l'autorité de contrôle.

## **D.Focus sur la problématique de l'ORSA et du calcul infra-annuel**

La problématique de notre mémoire s'insère dans le cadre de l'ORSA (Own Risk and Solvency Assessment) et en est une composante nécessaire. Nous allons tout d'abord présenter ce qu'est l'ORSA et ensuite comment est intégrée la composante infra-annuelle du SCR dans celui-ci ainsi que sa finalité.

# 1. Cadre général

## Définition

Comme présenté précédemment, l'ORSA fait partie du pilier 2 et repose principalement sur la gouvernance ainsi que la gestion de ses propres risques. Le SCR dans le pilier 1 étant calculé avec une probabilité risque neutre et en *run-off*, il ne capte pas les évolutions réelles auxquelles est confrontée la compagnie d'assurance. Le calcul du SCR étant standard il définit le minimum réglementaire mais n'est pas forcément en phase avec les risques propres à chaque entreprise, notamment en termes de stratégie et de politique commerciale.

L'ORSA repose sur 2 aspects :

- Un aspect quantitatif, il impose d'ajuster le SCR en fonction de ses propres risques et de projeter ce capital dans le temps en prenant en compte les aspects « monde réel ».
- Un aspect qualitatif, il impose que les risques soient contrôlés, gérés et intégrés dans le processus de pilotage de la compagnie.

L'ORSA est le point central du pilier 2, et même de la directive Solvabilité II dans son ensemble. Il fait la liaison entre les exigences quantitatives du pilier 1, avec les calculs de MCR et de SCR tout en ajustant ces besoins en capitaux avec le profil de la société, et avec les exigences plus qualitatives de communication et de culture du risque, avec un rapport à rendre périodiquement. Ces aspects qualitatifs servent de bases aux entreprises pour mettre en place le pilier 3 qui est basé sur la communication et le reporting au régulateur.

L'EIOPA donne certaines directives mais très générales, les précisions sur chaque point sont à apporter par la société elle-même en fonction de son profil. Pour ce qui est du pilier 1, les travaux peuvent être sous-traités pour la mise en place du capital économique réglementaire, s'agissant d'une procédure « standard ». La mise en place de l'ORSA quant à elle doit être supervisée dans son ensemble par la direction et être intégrée dans le pilotage et les prises de décisions majeures de la compagnie.

Le point tournant de cette mise en place de l'ORSA est la définition par l'entreprise de son profil de risque. Le profil de risque est l'appréhension par l'entreprise de tout ce qui a trait aux risques auxquels la compagnie est exposée (répertoire exhaustif des risques, type d'exposition, protection, etc.) et ce d'un point de vue qualitatif et quantitatif.

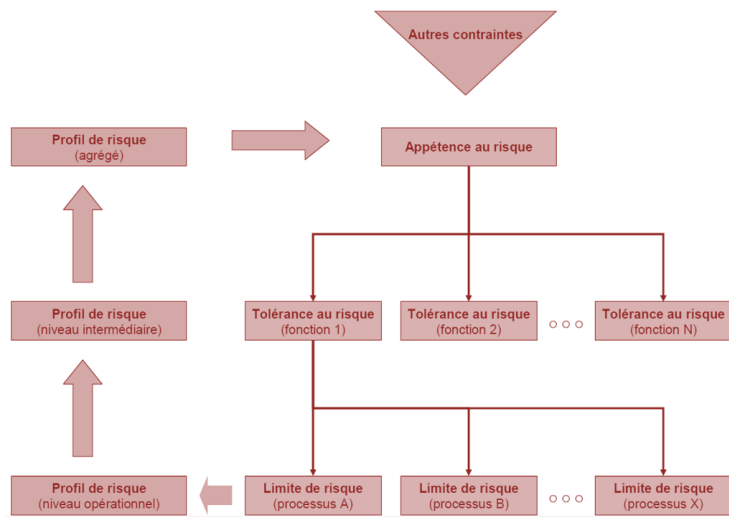


Figure 7 : Profil de risque et ORSA

L'institut des actuaires propose une définition des termes de base en rapport au profil de risque, comme suit :

- **Appétence au risque:** Niveau de risque agrégé qu'une entreprise accepte de prendre en vue de la poursuite de son activité et de son développement.
- **Tolérance aux risques:** niveau de risque que l'entreprise accepte de prendre en vue de poursuivre son activité et son développement pour un périmètre restreint. C'est une répartition à un niveau plus fin de l'appétence au risque.
- **Limites de risques:** traduction opérationnelle des tolérances aux risques. Ces limites sont spécifiques au processus auquel elles participent.

## Réglementation

Selon l'article 36 de la Directive Cadre Solvabilité II :

- chaque entreprise d'assurance et de réassurance doit procéder régulièrement à l'évaluation de son Besoin Global de Solvabilité, en tant que partie intégrante de sa stratégie commerciale et compte tenu de son profil de risque spécifique.
- cette évaluation ne requiert pas le développement d'un modèle interne, ni ne sert à calculer des exigences réglementaires en capital différentes du SCR (capital de solvabilité requis) ou du MCR (minimum de capital requis).
- les résultats de chaque évaluation doivent être communiqués à l'autorité de contrôle.

En ce qui concerne l'ORSA, contrairement au pilier 1 et à la formule standard où la méthodologie est donnée, l'EIOPA donne ici seulement des orientations pour la mise en place de l'ORSA.

Les principales notions de l'article 45 donnant les orientations pour la mise en place de l'ORSA sont les suivantes :

Dans le cadre de son système de gestion des risques, chaque entreprise d'assurance et de réassurance procède à une évaluation interne des risques et de la solvabilité. Cette évaluation porte au moins sur les éléments suivants:

1. Le besoin global de solvabilité, compte tenu du profil de risque spécifique, des limites approuvées de tolérance au risque et de la stratégie commerciale de l'entreprise.
2. Le respect permanent des exigences de capital et des exigences concernant les provisions techniques.
3. La mesure dans laquelle le profil de risque de l'entreprise s'écarte des hypothèses qui sous-tendent le capital de solvabilité requis, calculé à l'aide de la formule standard ou avec un modèle interne partiel ou intégral.
4. L'entreprise concernée met en place des procédures qui sont proportionnées à la nature, à l'ampleur et à la complexité des risques inhérents à son activité et qui lui permettent d'identifier et d'évaluer de manière adéquate les risques auxquels elle est exposée à court et long terme, ainsi que ceux auxquels elle est exposée, ou pourrait être exposée. L'entreprise démontre la pertinence des méthodes qu'elle utilise pour cette évaluation.
5. L'évaluation interne des risques et de la solvabilité fait partie intégrante de la stratégie commerciale et il en est tenu systématiquement compte dans les décisions stratégiques de l'entreprise.
6. Les entreprises d'assurance et de réassurance procèdent à l'évaluation sur une base régulière et immédiatement à la suite de toute évolution notable de leur profil de risque.
7. Les entreprises d'assurance et de réassurance informent les autorités de contrôle des conclusions de chaque évaluation interne des risques et de la solvabilité.

L'ORSA se matérialise par un rapport à la direction de l'entreprise qui reflète l'organisation et la gestion des risques par les éléments suivants:

- Description du processus d'élaboration du rapport : les différents éléments rassemblés et leur qualité, les différents niveaux de validation du rapport et des éléments, les comptes rendus de réunions de présentation et de discussion.
- La Gouvernance de l'entreprise, responsabilité, processus.
- Les éléments de solvabilité de l'entreprise.
- La stratégie des risques et l'appétence pour le risque.
- La tolérance au risque et l'application de limite.
- La description de la gestion des risques et des processus pour démontrer son efficacité et son intégration dans les processus de l'entreprise.
- Le SCR/MCR de l'entreprise et les hypothèses retenues pour son calcul.
- La position future de l'entreprise (plan à trois ans, plan du capital, stress tests).

## Processus nécessaires de l'ORSA

L'ORSA se compose de plusieurs processus eux-mêmes composés de sous-processus. Il s'agit :

- Du processus d'évaluation du profil de risque propre, démarche d'identification exhaustive des risques. Une mauvaise évaluation des risques est aussi importante qu'une mauvaise évaluation quantitative. L'ensemble des risques et les facteurs les composants doivent être identifiés et décrits.
- Du processus d'évaluation du besoin global de solvabilité, démarche anticipative de maîtrise de la solvabilité sur l'horizon de la planification stratégique. Les ambitions stratégiques doivent être réalisables, sans mettre l'entreprise en danger d'insolvabilité, y compris en cas de réalisation de scénarios de stress sur les principaux facteurs de risque.
- Du processus de surveillance continue, démarche permanente de maîtrise de la solvabilité entre deux dates annuelles d'arrêtés des comptes et de production du reporting complet aux autorités de contrôle.

Toutes ces mises en place sont centrées sur la culture du risque. En identifiant et évaluant le risque puis en mesurant l'ampleur de ce risque. Ces processus sont ensuite utiles au pilotage de la compagnie et au reporting auprès de la direction et du régulateur pour pouvoir lier une stratégie de l'entreprise en matière d'investissement, commerciale, etc., en testant différents scénarios et stress tests. Tout cela résume l'appétit au risque de la compagnie.

Tous ces processus se gèrent en continu, et sont centrés sur la culture du risque comme le montre la figure ci-dessous.

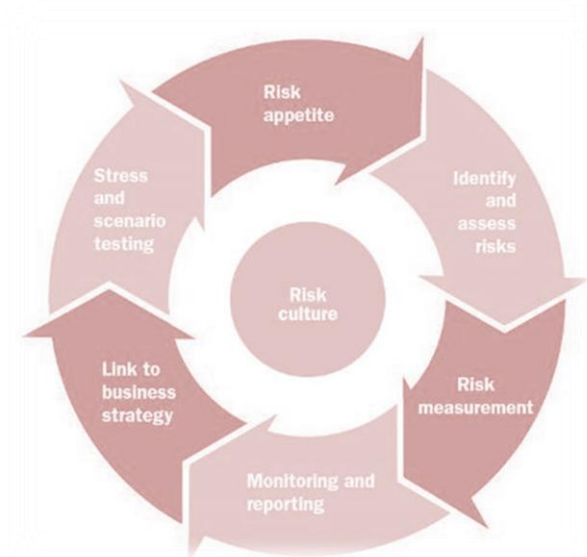


Figure 8 : Schématisation du processus ORSA et de son adaptation à la culture du risque.

## Autres risques

Dans l'ORSA tous les risques doivent être identifiés. Outre ceux du pilier 1, il existe d'autres risques non pris en compte dans le calcul du SCR standard. Par exemple nous pouvons citer le risque de réputation.

Ce risque est le résultat que pourrait avoir toute action, ou événement sur la réputation de l'entreprise et qui pourrait entraîner des pertes financières immédiates ou futures.

Pour notre compagnie d'assurance vie, cela pourrait être par exemple un scandale financier dû aux mauvaises pratiques sur les marchés d'un ou plusieurs employés. En conséquence, les assurés pourraient racheter leur contrats car ne faisant plus confiance à la société, nous aurions alors des rachats massifs, et la compagnie pour satisfaire ces rachats devrait vendre des titres sur les marchés, et pourrait opérer des moins-values sur ces titres.

Autre exemple, si le service client se dégrade durablement, l'image de la société deviendrait moins bonne, les nouvelles souscriptions diminueraient et la croissance future de la compagnie aussi.

Ce risque est qualitatif, et difficilement quantifiable, la gestion de ce risque doit être intégrée dans la gouvernance de l'entreprise et se fait sur le long terme. D'une part avec des efforts de prévention du risque aussi bien en interne auprès des employés, qu'à l'extérieur avec la communication de l'image donnée au grand public. D'autre part, cette gestion se fait aussi avec une réaction adéquate suite à l'atteinte à la réputation de l'entreprise, avec par exemple un changement de nom commercial.

Il existe d'autres risques qualitatifs comme les risques stratégiques, RH, etc.

Nous ne tiendrons pas compte de ces risques dans notre outil, qui sera orienté vers les risques plus quantitatifs, pris en compte dans la formule standard de calcul du SCR.

## 2. Approche infra-annuelle

L'ORSA impose la nécessité de pouvoir connaître à tout moment son besoin en marge de solvabilité, c'est-à-dire de faire des évaluations rapprochées de son besoin en capital réglementaire (tous les trimestres ou tous les mois) et d'intégrer cette mesure dans le pilotage stratégique de la compagnie. Compte tenu de la complexité des calculs effectués et du temps pris par la mise en place de calculs complets, des approximations, où proxies ainsi que des simplifications dans les calculs sont envisagés.

En effet le calibrage des bases, les divers ajustements et le temps de calcul sont trop fastidieux pour des résultats rapides et peuvent prendre plusieurs semaines.

Pour être capable de suivre ces exigences, des simulations infra-annuelles de taux de couverture sont donc nécessaires. Ces estimations auront forcément un degré d'exigence moindre avec une précision plus laxiste que lors des calculs officiels annuels. Ces estimations infra-annuelles seront faites en fonction de l'évolution des conditions des principaux facteurs de risque impactant la compagnie en cours d'année.

Cette exigence du pilier 2 de Solvabilité II impose d'être en mesure d'évaluer ses fonds propres S2 et son SCR à tout instant. L'exigence d'instantanéité impose une réactivité élevée pour réaliser très vite des mesures appropriées en cas de choc ou de décision importante impactant l'entreprise.

Plus la compagnie d'assurance a de portefeuilles ou d'activités différentes, plus il peut être difficile de recalculer l'intégralité du bilan, que ce soit pour caler le modèle de proxy, ou pour effectuer les simulations à moyen terme.

Il existe différentes méthodes sur le marché, plus ou moins réalistes, nous allons en présenter quelques-unes succinctement puis développer celle que nous retiendrons.

### a. Méthodes existantes

Il existe différentes méthodes pour évaluer le SCR de manière simplifiée, notamment des méthodes paramétriques et des méthodes de proxies qui sont les suivantes :

Les méthodes *Least Square Monte Carlo* et *Curve Fitting* partent du principe qu'en retenant un certain nombre de « bons » facteurs de risques (valeur de marché de l'actif, valeur de rachat, niveau des taux, ...), il est possible de prédire la dynamique des fonds propres économiques et ce grâce à un polynôme.

Autrement dit, ces deux méthodes consistent à approcher d'une manière analytique une espérance conditionnelle (à savoir les fonds propres économique à 1 ans, 2 ans, ...) sur la base d'une régression des moindres carrés effectuée sur un nombre fini de facteurs de risques (et non pas d'instruments financiers) et ce afin de répliquer l'aléa contenu dans les fonds propres économiques

Curve fitting : la méthode Curve fitting s'appuie sur un nombre limité de points, répartis au mieux dans l'univers des possibles. Elle a pour but de répliquer l'espérance des flux actualisés. Elle induit donc des calculs complets ; chaque simulation est prolongée par un ensemble de simulations sous l'univers risque neutre afin de pouvoir simuler l'espérance de la valeur actuelle des flux futurs de trésorerie.

Least-Square Monte Carlo : la méthode LSMC utilise un grand nombre de points, générés aléatoirement via une loi uniforme sur la zone que l'on souhaite explorer. Elle a pour but de répliquer la valeur actuelle des flux futurs. Aussi chaque trajectoire primaire (situations possibles à l'horizon d'estimation du proxy) est prolongée par très peu de trajectoires secondaires (trajectoires générées aléatoirement en monde risque neutre sur toute la durée des contrats), permettant ainsi de simuler la valeur actuelle des flux de trésorerie futurs.

Replicating Portfolios : le principe de la méthode des portefeuilles répliquants consiste à construire un portefeuille d'actifs financiers fictifs sur le marché qui a la même valeur de marché que le portefeuille de passif (ou que l'Actif Net Réévalué), ainsi que les mêmes sensibilités aux chocs financiers. Il est cependant à noter que la transposition de ce type d'approche aux passifs d'assurance demeure délicate. En effet, la méthode ne permet pas de valoriser les éléments du passif «non couvrables» par des instruments financiers comme par exemple le risque de mortalité, de dérive des frais, etc.

Méthode de proxies : Cette méthode consiste à faire des approximations de calculs "proxies", pour recalculer une partie du bilan. Il n'existe pas de méthodologie fixe, cela dépend des caractéristiques de l'entreprise et de l'impact de chaque élément sur le ratio de couverture. Les méthodes peuvent être plus ou moins complexes, du moment qu'elles minimisent la perte de précision sur le résultat.

Nous avons choisi la méthode utilisant des proxies, et non pas une des méthodes paramétriques pour plusieurs raisons. Tout d'abord, les méthodes paramétriques ne sont pas forcément adaptables aux modèles de projections de bilans de la compagnie et elles peuvent ne pas être acceptées par le management. De plus leurs précisions ne sont pas forcément adéquates selon les caractéristiques de la compagnie d'assurance. Enfin, elles sont très sensibles aux variations de l'actif et notamment à l'allocation, surtout en assurance vie, notre secteur d'étude.

Il nous a paru préférable d'utiliser la méthode de proxies pour l'adapter à notre compagnie et développer une méthodologie particulière et simple d'utilisation. Nous allons dans la partie suivante décrire de manière plus détaillée sa mise en place.

## *b. Méthode des proxies*

Pour cette méthode de proxies, il faut suivre une chronologie bien établie et la mettre en place pas à pas.

Il faut tout d'abord partir de la dernière situation connue, par exemple le 31/12/N-1, date à laquelle les calculs complets de SCR sont effectués et à partir de cela, mettre en place une série de proxies. Ces proxies pourront s'appuyer sur des méthodes plus ou moins sophistiquées, y compris des méthodes sommaires dès lors que leurs impacts sur le taux de couverture global reste marginal.

Il est nécessaire d'avoir une vision globale du calcul du ratio de couverture, ce que nous avons vu dans la théorie lors de la partie précédente, puis de faire l'inventaire du niveau d'impact de chaque

élément selon le secteur étudié et les caractéristiques de la compagnie, en s'appuyant sur des dires d'expert et au vu de l'historique de la société. Le fait de construire un SCR puis un ratio de solvabilité en « zoomant » sur les composantes nous semblant les plus importantes, permettra de voir quels sont les points d'attentions et quels sont ceux que l'on pourra omettre.

## Questionnaire préalable

On peut identifier quelques questions usuelles à se poser avant de se lancer dans la démarche de construction de *proxies* ou de la simplification de calcul :

- A quels risques est exposée l'entreprise à court-terme dans son évaluation du BE et de son risque?

- Evolution des actifs avec par exemple les variations de la courbe de taux, l'évolution du cours des actions, de la volatilité, ou des spreads?

*Notre compagnie comme toutes les compagnies d'assurance vie est sensible aux conditions de marché, ceux-ci impactant directement son résultat financier. Ce résultat financier qui impactera lui même la rémunération faite aux assurés. L'actif sera donc un point sensible, de même que le module de SCR traitant de cette sensibilité qui est le SCR de marché. Ces points seront développés par la suite.*

- Evolution des passifs avec par exemple les taux de rachats structurels ou conjoncturels, les changements commerciaux, évolution de la réglementation, sinistralité évoluant défavorablement?

*Les passifs évoluent dans une moindre mesure, la compagnie est développée et bien implantée, des changements commerciaux, de rachats ne seront pas significatifs, la sinistralité en assurance vie n'a pas vocation à changer au cours de l'année et la compagnie peut s'appuyer sur ses statistiques historiques.*

- Evolution des fonds propres?

*L'évolution des fonds propres allant de pair avec celle du BE, la compagnie y est sensible, l'impact des fonds propres étant majeur dans l'estimation du ratio de couverture, ces évolutions seront très importantes.*

Tous ces risques sont à prendre en compte au moment de créer des *proxies* ou des simplifications de calculs.

D'autres indicateurs, dont l'impact est non significatif au regard des premiers, pourront ne pas être mis à jour ou seront simplement basés sur une prévision antérieure dans le *proxy*. Il faut cependant être conscient que des facteurs de risque à faible impact dans une situation « centrale » peuvent devenir très importants en situation plus tendue.

- Quelle est l'intensité des risques que l'entreprise souhaite capter par son modèle de *proxy* et faut-il réactualiser les scénarios économiques projetés par un générateur de scénario économique ?

*La compagnie étant essentiellement impactée par les facteurs de risques liés aux marchés financiers, c'est ceux-ci que nous suivrons et avec lesquelles nous travaillerons. Il faut prendre en compte quelles sont les interactions entre les différents risques anticipés. Voir s'il y a des*

*compensations ou bien des effets cumulatifs. Cela permettra de définir un domaine de validité des proxies. Ces proxies doivent en particulier identifier les situations pour lesquelles nous sortons du domaine de validité et qu' il est impératif de procéder à un recalcul complet ou partiellement complet.*

- Quels sont les principaux indicateurs (drifts) entrant en jeu dans l'évolution de la solvabilité? L'entreprise a-t-elle de bons capteurs pour mesurer leur évolution ?

*La compagnie dispose d'un suivi mensuel de ces placements et gère ses actifs en direct, il est alors plus facile de suivre l'évolution de l'actif. Les différentes variables de marché inhérentes aux calculs seront recalculées et détaillées.*

Toutes ces questions aident à la mise en place de ce processus de *proxies*. Une fois que les bonnes questions sont posées il s'agit d'établir un plan de mise en œuvre et de le suivre pas à pas.

## Plan de mise en œuvre

Pour la mise en œuvre il faut donc bien distinguer dans cet ordre:

- Les éléments que l'on peut recalculer à chaque instant  $t$ , ceux nécessitant peu de ressources. Ces éléments permettront de gagner en précision et permettront une bonne visibilité du suivi actuel de la société et serviront d'indicateurs fiables. Dans notre cas nous avons le SCR de marché brut qui est l'élément majeur.
- Les éléments que l'on va estimer par formules simplifiées ou tables d'abaques. Ces éléments vont varier et ne seront pas recalculables entièrement mais devront être estimés de manière assez précise du fait de leurs impacts. Ce sera le point crucial de toute la méthodologie, du fait de l'incertitude a priori des estimations effectuées. Notre étude sera notamment faite sur les interactions entre l'actif et le passif inhérentes aux compagnies d'assurance vie et nécessitant l'utilisation d'un modèle épargne, utilisation dont nous voudrions nous affranchir.
- Les éléments que l'on utilise inchangé, c'est-à-dire en reprenant les résultats du calcul complet précédent le plus proche. Les variations de ces éléments sont peu ou pas significatives. Nous devons limiter leur nombre pour avoir un meilleur impact des évolutions infra-annuelles. Nous aurons dans cette catégorie, les éléments du passif notamment.

## Backtesting

L'objet de ces proxies est d'anticiper les évolutions de la situation de solvabilité, à moindre coût pour un niveau de sécurité satisfaisant. Le backtesting est indispensable pour intégrer dans ce modèle les facteurs dont l'impact aura été mal évalué, ou les évolutions qui conduisent à ne plus respecter les hypothèses qui sous-tendent le modèle, et donc les résultats qu'il génère. Nous procéderons donc à un backtesting de nos méthodes pour valider de leurs utilisations, à la fin du mémoire, en faisant un recalcul partiel avec le modèle épargne de projection de bilan, recalcul que nous expliquerons à ce moment.

Notre société étant donc sensible aux conditions de marchés, l'actif peut évoluer de manière très significative, le SCR de marché sera le module le plus impacté. Le calcul du SCR de marché brut ne

nécessitant pas de modèle épargne de projection de bilan, nous pouvons dans une première étape le recalculer complètement, en utilisant le *reporting* d'actifs que nous avons à disposition.

## II. Méthodologie de calcul du SCR de marché

Le SCR de marché représente environ les 2/3 du SCR brut dans notre cas, mais peut être plus important selon le profil de la société, et est le plus volatile dû notamment aux fluctuations des marchés financiers. Il est donc intéressant de l'étudier et de cerner les facteurs de variations pour mieux contrôler cette volatilité.

La première étape de notre processus de mise en place de *proxies*, consiste à réaliser un fichier permettant de calculer les SCR de marché bruts sur les actifs en ayant seulement la base d'actif à mettre à jour ainsi que les paramètres de marchés.

Nous avons choisi de calculer le SCR de marché ligne à ligne en faisant le moins de retraitement possible et d'ajustement sur la base d'actif brute, dans le but de simplifier sa mise en place pour les calculs futurs et de s'en servir pour la suite de nos travaux.

Dans un premier temps, nous décrivons les chocs concernés dans notre étude et les calculs effectués, puis nous comparerons ces résultats avec les SCR de marché calculés avec une base d'actifs retravaillée utilisée dans le calcul complet du SCR. Pour terminer nous verrons quels sont les principaux facteurs de variations de ce SCR de marché et comment les prendre en compte.

### A. Mise à jour des variables de marché

En vue du calcul d'un SCR de marché, certaines variables sont à mettre à jour avant chaque calcul. Il s'agit du dampener, de l'ajustement pour risque de crédit (CRA) ainsi que la prime contra-cyclique (CCP).

#### Dampener

Le Dampener actions correspond à l'atténuateur symétrique décrit dans le QIS 5. Il permet d'atténuer le choc action de manière contra cyclique. C'est-à-dire permettant d'atténuer les fluctuations des marchés financiers, pour réduire leur ampleur sur le montant du capital réglementaire concerné par les valeurs des indices boursiers.

La formule retenue dans les mesures de niveau 2 est la suivante :

$$\frac{1}{2} \left( \frac{I_t - \sum_{s=t-1}^{t-n} I_s}{\sum_{s=t-1}^{t-n} I_s} - 8\% \right)$$

Où  $I_t$  est l'indice MSCI Europe en euro, journalier.

Cet « amortisseur » dépend donc fortement du comportement des marchés financiers en Europe. Notons que l'ajustement symétrique ne peut pas sortir de l'intervalle  $[-10\%; 10\%]$ .

L'EIOPA propose d'utiliser cet ajustement pour le choc « actions globales » et pour le choc « actions autres ». Le choc devient alors :

$$Choc' = Choc + Dampener$$

## Courbe de taux

La courbe de taux utilisée pour tous les calculs inhérents à Solvabilité II est usuellement fournie par l'EIOPA mais une fois par an. Or, nous pouvons en avoir besoin à tout moment pour certains calculs, nous avons pour nos calculs infra-annuel une nécessité de la recalculer. Il convient donc de la construire par nous mêmes en essayant de retrouver la courbe fournie par l'EIOPA. Cette courbe des taux se base sur les taux *swap* zéro-coupon du marché.

Le mécanisme est le suivant :

Pour les maturités courtes, il convient d'utiliser les taux de *swap* réduits de l'ajustement pour le risque de crédit (CRA). Toutefois, à partir d'une maturité donnée (*Last Liquid Point* ou LLP), les données de marché sont ignorées et il convient d'extrapoler à l'aide de la méthode Smith-Wilson (voir Annexe 2), pour converger progressivement vers un taux à long terme (*Ultimate Forward Rate* ou UFR). Ce taux devrait être stable dans le temps et ne devrait changer que pour des attentes à long termes. Les facteurs majeurs expliquant ce taux sont l'inflation à long terme et le taux d'intérêt réel à long terme. Il a été fixé à 4.2% (2% pour l'inflation et 2.2% pour le taux de croissance). Ce procédé provient du QIS5. Et ce pour valoriser les engagements à très long terme. A noter que si il existe une prime contra-cyclique elle est ajoutée avant l'extrapolation de la courbe.

Dans le graphique suivant nous avons construit cette courbe, la courbe ACM au 31/12/2012, puis nous l'avons comparé à celle fournie par l'EIOPA, pour évaluer si notre courbe est utilisable.

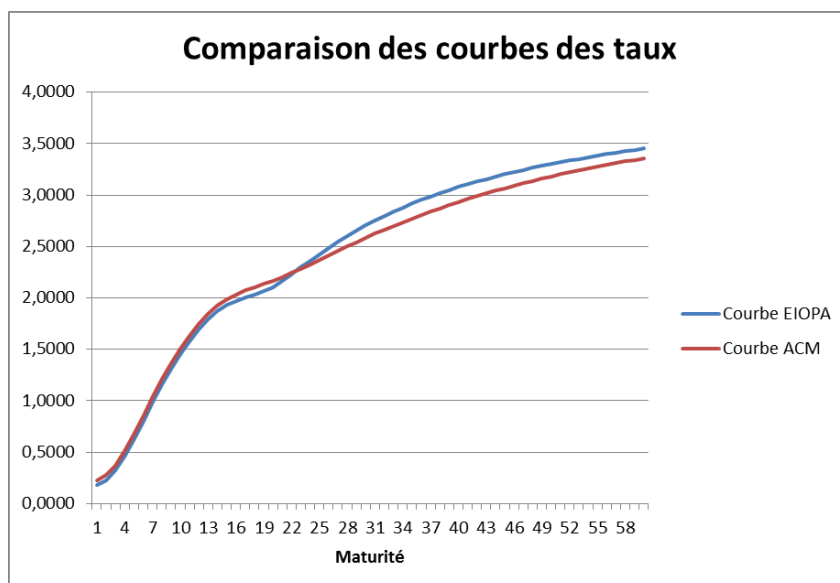


Figure 9 : comparaison courbes de taux.

Nous pouvons voir graphiquement que les courbes sont proches. Les différences proviennent du fait que le paramètre alpha de la méthode de Smith-Wilson est celui du QIS5 pour notre courbe de taux, c'est-à-dire une vitesse de convergence de 25 ans alors que l'EIOPA utilise une vitesse de convergence correspondant à 10 ans. C'est pour cette raison que leur courbe converge plus vite. L'autre différence est l'ajustement pour risque de crédit qui est de 15 bps pour l'EIOPA alors que nous avons pris 10 bps conformément au calcul du CRA. C'est pour cela que nous sommes au-dessus au début.

Les différences dans ces choix de paramètres sont dus au fait qu'au moment de l'estimation de cette courbe de taux, nous n'avons pas assez de lisibilité concernant la méthodologie et avons appliqué les paramètres de base du QIS5.

C'est cette courbe ACM que nous utiliserons pour nos calculs futurs.

## Ajustement pour risque de crédit (*Credit Risk Adjustment*)

L'ajustement pour risque de crédit est appliqué à toutes les maturités de la courbe des taux swap. Il est calculé selon la formule suivante :

$$Cr. Adj = Round_5 \left[ \frac{1}{2} * \frac{avg_{(j=1:T-1)}(S_j) + S_T}{2} \right]$$

Avec

$S_j$  le spread à la date j entre le taux Euribor 3 mois et le taux Overnight (Eonia). Les données ont été prises à partir d'avril 2001 et jusqu'à la date au moment du calcul.

$Round_5$  est la fonction qui arrondit au multiple de 5 supérieur.

## CCP (*Countercyclical premium*)

La CCP est une mesure de niveau 2 présentée en vue de remplacer la prime de liquidité du QIS5, jugée non satisfaisante par les acteurs du marché. Une des critiques était l'apparition de problèmes dans les générateurs de scénarios économiques avec des taux forward négatifs.

Cette CCP vise à atténuer les événements procycliques. Ces événements procycliques ont lieu par exemple lors de périodes de fortes baisses sur les marchés financiers, où la solvabilité des assureurs diminue, les rachats augmentent. Pour faire face à cette situation, les assureurs sont obligés de vendre des titres pour obtenir des liquidités rapidement (actions ou obligations), provoquant une nouvelle baisse des marchés, le mécanisme se perpétuant d'où la notion de cycle. La CCP intervient donc pour enrayer ce phénomène en supposant que ces périodes de baisses des marchés financiers ne sont que passagères. Les actifs correspondant aux passifs de durée longue ne sont pas détenus dans un but spéculatif mais pour garantir un niveau de prestations aux assurés, les variations des marchés financiers provoqueraient alors une volatilité des fonds propres trop pénalisante pour les compagnies d'assurances.

Le déclenchement de la CCP (trigger activation) c'est-à-dire la mise en place, est à la discrétion de l'EIOPA.

La CCP est appliquée avant l'extrapolation de la courbe des taux et fait l'objet d'un choc de marché que nous détaillerons par la suite.

La formule donnée par l'EIOPA est la suivante :

$$CCP = w_{gov} \cdot \max(S_{gov}; 0) + w_{corp} \cdot \max(S_{corp}; 0)$$

Avec comme proxies :

$$S_{gov} = x_{gov} \cdot (Spread_{gov} - y_{gov})$$

$$S_{corp} = x_{corp} \cdot (Spread_{corp} - y_{corp})$$

Les coefficients forfaitaires sont donnés pour l'exercice du LTGA sont les suivants et diffèrent selon les pays :

$x_{corp}$	50%
$y_{corp}$	49 bp <sup>7</sup>
$x_{gov}$	50%
$y_{gov}$	45 bp

<sup>7</sup> 100bp=1%

$w_{gov}$	29%
$w_{corp}$	40%

Les actifs sont séparés en deux types,  $w_{gov}$  représente la part des govies (emprunts d'Etat) par rapport au total des actifs,  $w_{corp}$  est la part des obligations d'entreprises.

$S_{gov}$  représente une part du Spread moyen des obligations govies.  $S_{corp}$  la part du Spread moyen des obligations entreprises.

$x$  est la part non liquide du spread et  $y$  les pertes à long terme.

$Spread = Y - ir_{rf}$ , est la différence entre le taux d'intérêt et le taux sans risque. L'EIOPA donne des indices de références que sont « Bank of America Merrill Lynch 7-10 Year All Euro Government Index » et « Bank of America Merrill Lynch EMU Corporates and pfandbriefe, 7-10 Year ». Ensuite il n'est pas précisé quel type de Spread utilisé et quel taux sans risque, c'est pour cela que chaque entreprise produit des résultats quelques peu différents.

Cette mesure a rencontré un certain nombre de critiques notamment à propos du choc de marché sur la CCP qui ne se justifie pas vraiment, du coefficient de corrélation dans la matrice d'agrégation qui n'est pas négatif, donc ne réduit pas le besoin en capital par diversification ainsi que le fait que l'activation de cette CCP ne soit pas prédictible, laissant les entreprises dans un flou.

Pour améliorer cette mesure l'EIOPA décide d'instaurer un Volatility Balancer, qui corrigerait les effets de la volatilité à court terme sur le capital requis. Le mode de calcul n'est pas très précis mais est toujours en discussion mi-2013. Il s'agirait de prendre 20% de la CCP et de le calculer sur un portefeuille moyen de l'industrie et non sur un indice. Cela serait plus compliqué de retrouver la méthode de calcul pour les compagnies souhaitant anticiper les publications de l'EIOPA et avancer dans sa mise en place de Solvabilité II. Il ne serait pas activé pour les chocs élémentaires et n'aurait pas de choc le concernant. Seulement un calcul serait fait en central avec ce Volatility Balancer et sans, la différence de capital serait ajoutée aux fonds propres. Il est également possible pour certains pays plus en difficulté d'ajouter une composante nationale à cet ajusteur, mais cela soulève la question de l'unicité de la mesure.

Dans ce mémoire nous restons sur une CCP, car c'est la mesure en vigueur fin 2012 à la date de référence de nos calculs.

## B. Calcul du SCR de marché brut

Chaque classe d'actif peut être concernée par aucun, un ou plusieurs chocs.

Nous avons volontairement pas pris en compte les produits de couverture de taux, les « caps », pour plus de simplicité, d'autant que ces produits sont non significatif dans le total de nos actifs. Les chocs présentés ici proviennent des mesures de niveau 2 ou à défaut du QIS5 si celles ci n'ont pas changé.

Le tableau suivant répertorie pour chaque classe d'actif de la société les chocs concernés, les cases valent 1 si le choc est concerné et 0 sinon.

	Taux	Actions "globales"	Actions "autres"	Immobilier	Spread (titres non EEE)
Immobilier physique	0	0	0	1	0
Immobilier coté	0	1	0	0	0
Actions	0	1	1	0	0
FCPR	0	0	1	0	0
Gestion Alternative	0	0	1	0	0
Participations	0	0	1	0	0
Monétaire	1	0	0	0	1
Oblig. TF	1	0	0	0	1
Oblig. TV	1	0	0	0	1
OATI	1	0	0	0	1
Oblig. R332-20 - TF	1	0	0	0	1
Convertibles	1	1	0	0	1
Structurés actions	0	0	1	0	0
OPCVM taux	1	0	0	0	1

Figure 10 : Tableau des chocs SCR de marché

## 1. Valorisation théorique des obligations

Avant de présenter les différents modules du SCR de marché, il est nécessaire de faire quelques précisions sur la valorisation initiale des produits de taux. Selon le type d'actif la valorisation théorique du produit est différente.

La valorisation théorique est la suivante selon le type d'actif :

### Obligations à taux fixe et convertibles

Nous valorisons les convertibles comme des obligations à taux fixe, les coupons sont versés à mi-année.

La valeur de marché des obligations à taux fixe et des convertibles est :

$$VM = C * \sum_{k=1}^n PZC_{k+\frac{1}{2}} + N * PZC_{n+\frac{1}{2}} - \frac{C}{2}$$

Avec  $PZC_i = \frac{1}{(1+R(i))^i}$  le prix du zéro coupon de maturité i

C le coupon

N le nominal

R(i) le taux d'intérêt de maturité i

VM la valeur de marché théorique de l'obligation

### Obligations à taux variable

La valeur de marché des obligations à taux variable est :

$$VM = N * \left( \sum_{k=1}^n (TC_{k+10}^k + m) * PZC_{k+\frac{1}{2}} + PZC_{n+\frac{1}{2}} - \frac{(TC_{k+10}^k + m)}{2} \right)$$

Où m est la marge actuarielle.

$TC'_k$  le taux couponné de maturité k

## OATi

La valeur de marché des OATi est donc:

$$VM = C * \sum_{k=1}^n PZC_{inf,k+\frac{1}{2}} + N * PZC_{inf,n+\frac{1}{2}} - \frac{C}{2}$$

## 2. Présentation et calcul pour chaque choc

Nous présentons les différentes spécificités des sous-modules du SCR de marché et leurs calculs.

### SCR de taux

Les classes d'actifs concernées par ces chocs sont les Obligations (taux fixes et taux variables), OATi, Convertibles. Le choc de hausse ou de baisse de taux est calculé en revalorisant la valeur de marché des obligations concernées avec la courbe de taux choquée.

L'EIOPA préconise de déformer la structure par terme des taux d'intérêt en utilisant des coefficients forfaitaires présentés en Annexe 3.

L'EIOPA fournit les coefficients entre 0,25 an et 20 ans. Par exemple, une hausse de 70% du taux 1 an à la hausse et -75% à la baisse. L'EIOPA fournit les coefficients pour une maturité de 90 ans. Entre 21 et 90 ans, il s'agit d'interpoler linéairement les coefficients de chocs, ce qui fournit par exemple un choc à la hausse de 25% et à la baisse de 28% pour une maturité de 30 ans.

Nous avons donc :

$$R'(t) = R(t)(1 + s(t))$$

Où  $R'(t)$  est le taux choqué de la maturité  $t$ ,  $R(t)$  est le taux initial de la maturité  $t$  et  $s(t)$  est le coefficient (de hausse ou baisse) à la maturité  $t$ .

D'après l'EIOPA, les chocs des taux à la baisse et à la hausse, doivent être d'au moins un point de pourcentage. Pour le choc à la baisse, si le taux initial est inférieur à 1%, le taux choqué est supposé égal à 0% afin de ne pas avoir de taux négatif.

Ainsi, on utilise la formule pour le choc de taux à la baisse:

$$R'(t)_{ccp} = \begin{cases} 0\% & \text{si } R(t)_{ccp} < 1\% \\ \text{Min}(R(t)_{ccp} - 1\% * R(t)(1 + s(t)) + R(t)_{ccp} - R(t)) & \text{sinon} \end{cases}$$

Une fois le taux d'intérêt choqué, on utilise la nouvelle courbe de taux pour valoriser les actifs, avec les formules vues dans la partie précédente.

Pour les OPCVM taux et les OPCVM monétaires, le choc est différent, nous avons pour la sensibilité (duration modifiée) de ces titres 5 et 0,5 respectivement qui sont des proxies cohérents avec les caractéristiques de notre portefeuille. Une fois cette sensibilité déterminée, on appliquera le choc de taux de la manière suivante :

$$VM' = (1 - D * (r'^D - r^D)) * VM$$

Où  $D$  est la sensibilité,  $r^D$  est le taux zéro coupon de maturité la sensibilité et  $r'^D$  le taux zéro coupon choqué.

## SCR Actions

### Actions Globales

Il s'agit d'appliquer le coefficient de choc à la valeur de marché actuelle de l'actif, ce coefficient est de 39% en ajoutant le dampener (déterminé dans le chapitre précédent (-0.5% fin 2012)). Ce choc concerne les actions et l'immobilier coté.

$$VM' = (1 - choc_{actions\ globales}) * VM$$

$VM'$  et  $VM$  étant les valeurs de marché choquées et initiales.

Pour les convertibles, on multiplie en plus la valeur de marché par un coefficient delta qui mesure la sensibilité des convertibles au prix de l'action.

$$VM' = (1 - \Delta * choc_{actions\ globales}) * VM$$

Nous notons une spécificité dans les recommandations de l'EIOPA qui est la distinction des OPCVM actions n'appartenant pas à des marchés de pays de l'OCDE ou de l'EEE. Ces types d'actifs seront choqués comme des actions autres.

### Actions Autres

Comme pour les actions globales, il s'agit d'appliquer le coefficient de choc de la valeur de marché actuelle de l'actif, ce coefficient est de 49% en ajoutant le dampener (déterminé dans le chapitre précédent (-0.5% en 2012))

Ce choc concerne les FCPR, la gestion alternative, et les structurés actions.

$$VM' = (1 - choc_{actions\ autres}) * VM$$

Concernant les participations stratégiques, elles sont choquées à 22%.

A noter que les actions sont les actifs qui coûtent le plus cher dans Solvabilité II.

D'une part le choc appliqué en lui-même est élevé et d'autre part l'impact sur le Best Estimate est important. Dans le calcul du Best Estimate, le rendement attendu des actions est celui du taux sans risque au même titre que le Monétaire alors que le rendement historique serait bien différent. La volatilité des actions quant à elle reste beaucoup plus élevée pour les actions.

Au global la classe d'actifs actions coûte beaucoup plus cher que les autres classes d'actifs en terme de capital exigible.

## SCR immobilier

Il s'agit d'appliquer simplement le coefficient de choc à la valeur de marché actuelle de l'actif, ce coefficient est de 25%.

On applique ce taux forfaitaire à la classe d'actif immobilier physique.

$$VM' = (1 - choc_{immobilier}) * VM$$

## SCR de Spread

Les actifs concernés par ce choc sont Oblig. TF, Oblig. TV, Oblig. R332-20 – TF, Oblig. R332-20 – TV, OATi, Convertibles. A noter que si l'actif bénéficie d'une garantie explicite d'un état de l'EEE, on ne calcule pas de choc de spread.

Pour chaque actif concerné par le choc de Spread, le choc est le produit de la valeur de marché avec sa sensibilité ainsi qu'avec un coefficient fonction du rating et de la durée d'exposition au risque.

$$VM' = (1 - F(R, D)) * VM$$

Avec  $F(R, D) = a(R, D)D + b(R, D)$  une fonction affine par morceaux, où D est la durée modifiée (ou sensibilité), R est le rating et  $a(R, D)$  et  $b(R, D)$ , les coefficients de cette fonction affine par morceaux, les tableaux des coefficients sont donnés en Annexe 3.

Dans le graphique ci-dessous, les durées modifiées sont limitées à 40 ans, mais les durées modifiées maximales données par l'EIOPA sont en réalité plus élevées. Nous pouvons voir dans ce graphique que plus le rating est mauvais, plus le choc augmente rapidement sur les 10 premières années, pour ensuite avoir une pente moindre et équivalente pour chaque rating.

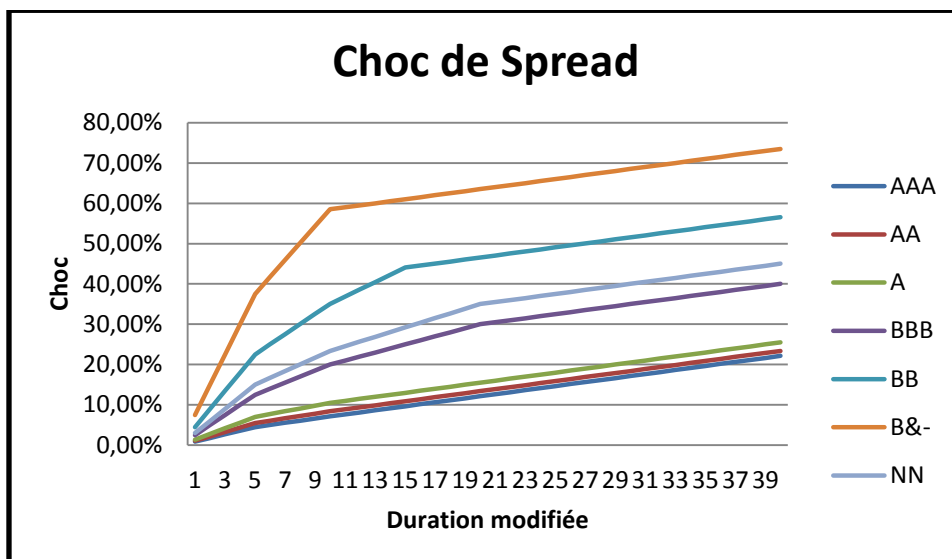


Figure 11: Evolution des chocs de spread en fonction de la sensibilité

Outre le rating, pour le choc de spread un facteur important et variable selon la méthode de calcul est la sensibilité des obligations.

## Calcul des sensibilités

Nous allons voir ici une méthodologie pour calculer les sensibilités en prenant en compte des maturités non entières.

Nous séparons les cas des taux fixes et des taux variables.

Pour ce qui est des obligations de type R332-20 dont le terme n'est pas connu, l'EIOPA recommande d'utiliser la première date de call comme maturité.

### Taux Fixe

Le cours de l'obligation de maturité non entière s'écrit :

$$\text{Cours} + \text{Cc} = \frac{\left( \text{Prix. remb} + \frac{\text{Tf}}{\text{Périodicité}} \times \left( \frac{\mathcal{X}^{(\text{Nb.pér.ent}+1)} - 1}{\mathcal{X} - 1} \right) \right)}{\mathcal{X}^N}$$

Avec  $\mathcal{X} = (1 + \text{Taux Rendement})^{\left(\frac{1}{\text{Périodicité}}\right)}$

**Cc** le coupon couru.

**Tf** le taux facial ou taux du coupon.

Le taux actuariel (taux Rendement) est calculé par dichotomie.

La sensibilité est calculée par différence finie :

$$S = \left( \frac{1}{\text{Cours} + \text{Cc}} \right) \times \frac{(\text{Cours} + \text{Cc})_{-0.01\%} - (\text{Cours} + \text{Cc})_{+0.01\%}}{2 \times 0.01\% \times \text{Périodicité}}$$

Cette méthode fonctionne aussi pour les maturités entières.

### Taux variable

Pour les taux variables, on fixe les taux de coupon égaux aux taux 10 ans Forward. La valeur d'une obligation avec échéancier de maturité non entière s'écrit :

$$\text{Cours} + \text{Cc}(\mathcal{X}) = \frac{\left( \sum_{p=1}^{p=\text{Nb.pér.ent}+1} \text{Montant}_{\text{Flux}} \times \mathcal{X}^{(\text{Nb.pér.ent}-(p-1))} \right)}{\mathcal{X}^N}$$

Ensuite nous calculons la sensibilité de la même façon que pour les taux fixe.

Plus la courbe est basse plus la sensibilité est élevée. Il est plus conservateur de prendre une courbe de taux sans CCP.

### SCR de concentration

Le risque de concentration correspond aux « risques supplémentaires supportés par l'entreprise d'assurance ou de réassurance du fait soit d'un manque de diversification de son portefeuille d'actif, soit d'une exposition importante au risque de défaut d'un seul émetteur de valeurs mobilières ou d'un groupe d'émetteurs liés.

Le calcul du risque de concentration est différent de celui des autres risques dans la mesure où il faut regrouper les titres par groupe d'émetteur. Puis réallouer le choc titre par titre.

L'exposition en excès est :

$$XS_i = \max \left( 0; \frac{E_i}{\text{Assets}_{xl}} - CT \right)$$

Où  $E_i$  est l'exposition à la contrepartie  $i$ ,  $\text{Assets}_{xl}$  est la totalité des valeurs des actifs considérés.  $CT$  est le seuil de concentration (concentration threshold) qui dépend du rating.

Notre société a un risque de concentration seulement sur les titres intragroupe et non significatif pour notre étude, nous allons donc négliger le choc de concentration.

## SCR de CCP

Ce choc a lieu quand une CCP est activée. Ce choc ne s'applique que sur les passifs, il ne modifie pas l'actif. Il est de 100%, c'est-à-dire que l'on calcule le BE avec CCP et sans, la différence est le capital requis pour ce choc élémentaire.

D'un point de vue pratique, la CCP est censé atténuer les chocs avec la prime ajoutée à la courbe des taux. Elle donne tout de même lieu à un choc, mais qui est atténué lors de l'agrégation des chocs élémentaires, avec des coefficients de corrélation nuls entre la CCP et les autres risques, donc une très forte diversification.

Etant donné que pour le moment cette CCP n'est pas activée et qu'elle n'affecte pas l'actif, nous n'en tiendrons pas compte lors de notre calcul de SCR de marché brut ici.

Pour ce qui est du risque de change la société n'est pas sujette à ce risque.

### 3. Comparaison entre le calcul ligne à ligne et par model points

Les calculs du SCR de marché officiels sont effectués usuellement pour un calcul complet avec une base d'actifs par model points, c'est-à-dire que les actifs similaires sont regroupés ensemble et ne forment plus qu'une ligne d'agrégat. C'est cette base qui sert ensuite aux projections de BE. Cette base requiert d'être construite avec des retraitements. Pour plus de simplicité nous avons utilisé ici une base d'actifs complète pour faire les calculs ligne à ligne et bruts. Les model points ne sont utiles que lors de simulations où le nombre de lignes conditionne le temps de calcul, ici nous pouvons donc utiliser une base brut sans perte majeure de temps et en limitant le nombre de simplifications.

Pour valider nos calculs sur la base ligne à ligne et être en mesure de l'utiliser par la suite, nous comparons les deux méthodes, aux dates du 31/12/2011 et 31/12/2012.

Pour la première année des écarts étaient dus à certains actifs classifiés différemment, pour le reste les écarts sont les mêmes que ceux présentés dans le tableau suivant à la date du 31/12/12.

Dans ce tableau nous avons les écarts globaux donnés en millions d'euros pour le SCR marché brut 2012. Rappelons que pour le moment nous ne prenons pas en compte le passif.

Choc ligne à ligne	Choc par model point	Ecart	Ecart en % de VM	Ecart après rationalisation	Ecart en % de VM après rationalisation
6030	5959	70,5	0,13%	11,5	0,02%

Nous voyons que l'écart est non significatif, il peut tout de même être rationalisé.

La rationalisation effectuée concerne le calcul des sensibilités pour le choc de spread pour la classe d'actif Monétaire. Un proxy de 0,5 est fait pour la sensibilité, pour le calcul ligne à ligne, cohérent avec les caractéristiques du portefeuille alors que sur la base retravaillée les sensibilités sont données directement en début d'année par les gérants des OPCVM Monétaire.

Nous avons au final un choc brut après rationalisation plus élevé de 0,02%, ce qui est négligeable et quand bien même est plus conservateur.

Nous considérons ce test de vérification satisfaisant et donc nous allons utiliser cette méthodologie de calcul du SCR de marché brut pour la suite de notre étude.

## 4. Variation d'une période à l'autre

Plusieurs facteurs sont susceptibles d'expliquer les variations du SCR de marché d'une. Dans cette partie nous essayerons de les caractériser afin d'analyser l'évolution du SCR de marché d'une période à une autre.

### Effet choc

L'effet choc recense à la fois les caractéristiques des actifs faisant varier les chocs et aussi les changements de spécifications techniques. Certaines caractéristiques peuvent être classées dans un autre effet, la distinction n'étant pas forcément aisée nous avons choisi de bien caractériser chaque choc. Par exemple, le dampener a un effet sur la variation du choc pour les actions mais est conditionné par la variation de valeur de marché.

### Chocs de taux

Le niveau de la courbe des taux initiale joue un rôle prépondérant dans le choc : si cette courbe est basse, l'écart entre la courbe choquée et la courbe initiale sera faible mais devant être d'au moins 1%. Il y aura dans ce cas peu de variation entre deux périodes. A noter que pour la baisse des taux la courbe choquée est « floorée » à 0 et ne peut donc pas être négative, ce qui réduit encore plus l'écart des 2 courbes, et de facto la différence des chocs entre deux périodes.

L'autre facteur est la maturité des actifs, plus la maturité est élevée plus le choc sera important.

### Choc Immobilier

Ce choc reste constant, pour toutes les conditions de marché.

### Choc action

La principale variation provient du dampener qui peut différer d'une période à l'autre et modifier les chocs. Ensuite pour les convertibles, si leur sensibilité aux actions diffère, le choc diffère aussi.

### Choc de Spread

Pour ce choc, les facteurs de variations sont la sensibilité et le rating.

Ces deux facteurs sont sujets à variations d'autant plus qu'ils peuvent être calculés de manières différentes

### Effet allocation

Une modification de la structure des placements engendre des variations du SCR de marché, une allocation plus importante en action verra plutôt le SCR augmenter car les actions sont plus pénalisantes au niveau du choc, alors qu'une hausse de l'allocation en obligation ou monétaire aura tendance à le faire diminuer. Cette variation en fonction de l'allocation est accentuée avec l'effet de diversification lors de l'agrégation des risques élémentaires entre eux. Les coefficients de corrélations donnés par l'EIOPA pénalisent encore plus les actions.

D'autres spécificités ayant trait à l'allocation sont à prendre en compte pour chaque type d'actif. Comme par exemple, si la part des OPCVM actions hors EEE-OCDE change pour le risque action, il y aura plus d'actifs choqués comme des « actions autres », donc le choc sera plus élevé. De même pour

la part des *covered bonds* (ou obligations sécurisées), qui est dans le risque de spread, un élément non négligeable du fait de coefficients de chocs différents et en général d'une meilleure notation.

### Effet variation de marché

Etant donné que dans Solvabilité II les actifs utilisés pour le calcul du capital réglementaire sont en valeur de marché, il faut donc prendre en compte l'évolution des marchés financiers.

La variation de marché étant la différence entre la valeur nette comptable et la valeur de marché, autrement dit cela correspond aux plus ou moins-values latentes.

La valeur nette comptable comprend le prix de revient, minoré de l'amortissement et la provision pour dépréciation durable éventuels.

La hausse des marchés actions, provoquant une hausse de la valeur de marché de nos actifs concernés, entraîne donc une augmentation de la valeur du SCR, une atténuation a toutefois lieu avec le dampener. La hausse des taux provoque une baisse des valeurs marché des actifs concernés, mais une hausse du choc, selon le niveau de taux du moment le SCR peut être plus ou moins important.

### Effet volume

L'effet volume se matérialise par la variation des valeurs nettes comptable d'une période à l'autre, c'est-à-dire aux variations du volume d'affaires.

Une augmentation du volume, donc des actifs gérés par la société, entraîne une augmentation du SCR.

Pour quantifier ces effets nous avons calculé les SCR de marché à fin 2011 puis appliqué chaque effet pour ensuite parvenir au SCR de fin 2012.

Ci-dessous, un graphique montrant l'évolution entre 2011 et 2012 du SCR de marché brut du fonds général de notre société étudiée, en M€. Les blocs en vert sont des facteurs de hausse et les blocs en rouge sont des facteurs de baisse.

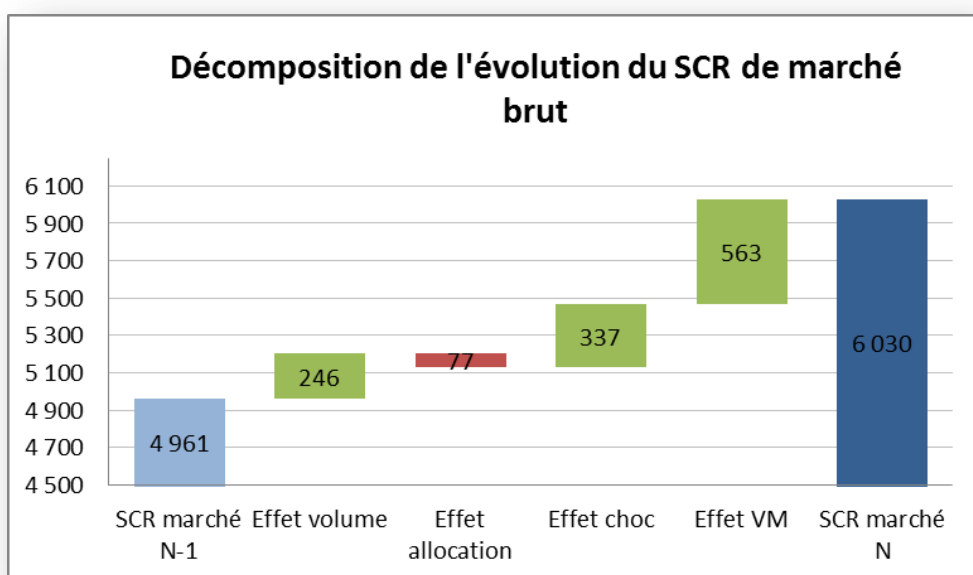


Figure 12 : Décomposition du SCR de marché brut

Nous pouvons constater que seule l'allocation fait baisser notre SCR, tous les autres facteurs sont des éléments le faisant augmenter.

- Effet volume : l'augmentation de la VNC (+4.96%) induit une hausse du SCR.
- Effet allocation : une allocation moindre en actions et plus importante en produits de taux, monétaire et en immobilier implique une baisse du choc.
- Effet choc : Le passage à une baisse du dampener qui atténue donc moins le choc actions, dû à la hausse des marchés financiers et une dégradation en termes de ratings impliquent une hausse du SCR, la variation de la courbe des taux à la baisse est négligeable du fait qu'elle soit « floorée » à 0.
- Effet valeur de marché : La hausse des marchés financiers augmente le choc qui prend en compte les plus-values latentes.

Nous avons vu dans cette sous-partie, comment le SCR de marché varie d'une année sur l'autre et quels sont les facteurs de variations. Certains facteurs sont maitrisables au départ tels que le type de produits dans lesquelles investir, ou la maturité en mettant par exemple des contraintes sur ces paramètres lors des achats de titres. Ensuite, les caractéristiques du stock peuvent évoluer comme le rating. D'autres facteurs comme la variation des marchés financiers et de la courbe des taux, l'assureur ne peut pas les maitriser, mais peut tout de même adopter un suivi, et identifier des zones à risques.

Le SCR de marché brut sur les actifs peut être recalculé complètement de manière infra-annuelle. Malgré le fait que ces calculs nous donnent un niveau de suivi, ils ne sont pas complets. Pour le moment nous n'avons pas pris en compte dans le mémoire les interactions avec le passif, nous avons seulement le SCR de marché brut calculé sur les actifs. Nous allons dans la prochaine partie nous intéresser au passage du SCR de marché brut au net, pour estimer si les absorptions du risque par les assurés d'une partie du choc, sont significatives, sensibles à certains facteurs et si nous pouvons les estimer sans avoir besoin d'utiliser le modèle de projection de bilan. Pour quantifier ces absorptions nous utiliserons un rapport dit taux de transfert du risque aux assurés, c'est ce taux que nous manipulerons par la suite et par lequel nous jaugerons de la simplification à apporter.

# III. Etude sur les taux de transfert du risque aux assurés

Cette étude est motivée par le fait que l'assureur a besoin, dans le cadre de l'ORSA de pouvoir suivre sa solvabilité en continu, par conséquent de cibler les facteurs influents sur celle-ci, et par le fait que des calculs complets de SCR réguliers ne sont pas envisageables.

Comme nous avons vu précédemment nous avons pu calculer le SCR de marché mais seulement en prenant en compte les variations à l'actif. Pour calculer un SCR global, nous avons besoin de prendre en compte la variation du BE liée aux interactions actif-passif, avec les rachats et les participations aux bénéficiaires, pour cela nous allons utiliser un modèle épargne, pour calculer des taux de transfert. Ces derniers représentent l'absorption par le passif des chocs.

La première approche la plus simpliste serait de laisser constants ces taux après évaluation de ceux-ci lors d'un calcul complet de début d'année. La problématique de cette partie est d'estimer si l'on peut quantifier la variation du BE à court terme, sans faire tourner le modèle épargne. Pour cela, nous allons étudier les sensibilités à l'aide de tables d'abaques des variations de taux de transfert. Pour capter ces sensibilités nous allons faire diverses simulations avec un modèle épargne, en fonction des variations des principaux facteurs de risques à court terme auxquels la compagnie est sujette.

Nous allons dans un premier temps définir le taux de transfert du risque aux assurés, puis décrire les principales spécificités du modèle épargne utilisé, et enfin présenter et analyser ces tables d'abaques.

## A. Notion de taux de transfert du risque aux assurés

### 1. Introduction des taux de transfert du risque aux assurés.

Nous allons tout d'abord apporter quelques précisions sur les taux de transfert du risque aux assurés, et expliquer leur fonctionnement.

#### Définition

Reprenons notre bilan économique simplifié avant et après choc.

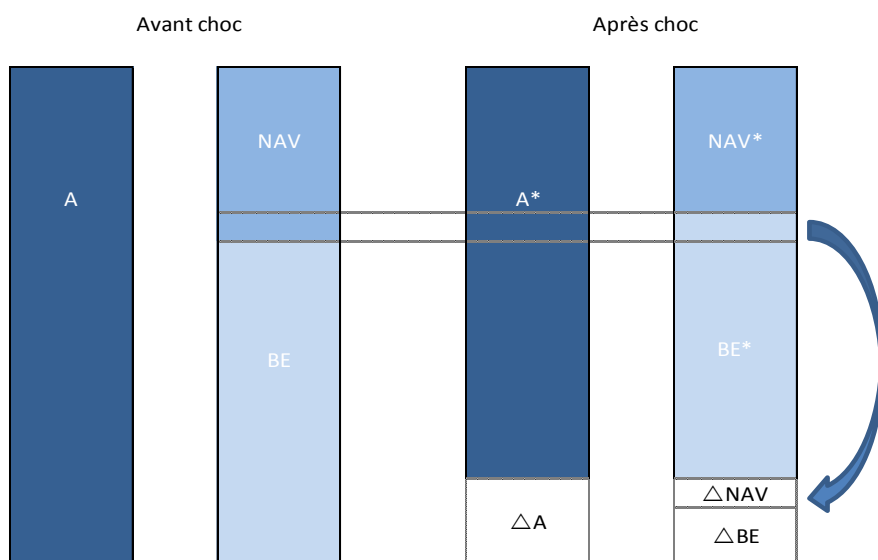


Figure 13 : explication graphique du taux de transfert

On a :

$$\Delta NAV = \Delta A - \Delta BE \text{ avec } \Delta A = A^* - A \text{ et } \Delta BE = BE^* - BE$$

On définit le taux de transfert du risque aux assurés comme suit :

$$\text{taux de transfert} = \frac{\Delta BE}{\Delta A}$$

C'est la part du choc qui est transféré aux assurés via l'ajustement de PB. Ces taux de transferts sont propres à chaque compagnie selon sa stratégie commerciale et son portefeuille.

Le but de l'étude sera de quantifier la sensibilité de ce taux de transfert en fonction de variations des principaux facteurs de risques auxquels la compagnie est exposée.

### Passage du brut au net

A titre d'exemple, dans le tableau suivant sont présentés les taux de transferts obtenus lors d'un calcul de SCR réalisé à fin 2012. Chaque SCR induit un taux de transfert différent.

modules SCR de marché	taux de transfert 2012
SCR Hausse des taux	103%
SCR Baisse des taux	126%
SCR actions	74%
SCR autres actions	79%
SCR Immobilier	73%
SCR spread	64%

Figure 14 : taux de transfert 2012 par SCR

Ces taux représentent la part de la variation d'actif à déduire du SCR.

On a pour chaque sous-module du SCR de marché :

$$SCR_{net} = \max(0; \Delta VM * (1 - \text{taux de transfert}))$$

Pour rappel :  $SCR_{brut} = \Delta VM = VM_{initiale} - VM_{choquée}$  .

Nous pouvons voir que ces taux de transfert réduisent considérablement les montants de choc brut et qu'il est nécessaire d'en tenir compte lors de calcul de SCR global. Plus le taux de transfert est élevé plus nous pouvons transférer aux assurés.

Nous pouvons constater que pour les SCR de taux, les taux de transfert sont supérieurs à 100%. Ils ne s'interprètent donc pas de la même façon, et plusieurs cas distincts existent. Pour rappel, le SCR de taux se calcule en prenant le maximum des deux SCR de hausse et baisse taux. Lors des SCR bruts le choc de taux à la hausse fait baisser la valeur de marché alors que le choc à la baisse la fait augmenter,  $\Delta VM$  auront donc des signes différents selon le SCR de taux.

## Illustration des différents cas pour les SCR de taux

Nous allons illustrer les différents cas dans des exemples, les notations seront les suivantes :

- Tx\_up : le taux de transfert pour le SCR hausse des taux.
- Tx\_down : le taux de transfert pour le SCR baisse des taux.
- $\Delta VM_{up} = 15$  : variation de la valeur de marché consécutive à l'application du SCR hausse des taux.
- $\Delta VM_{down} = -10$  : variation de la valeur de marché consécutive à l'application du SCR baisse des taux.

### Cas possibles :

- Si Tx\_up > 100% et Tx\_down > 100% :
  - Tx\_up = 110%,  $SCR_{net} = \max(0; 15 * (1 - 110\%)) = \max(0; -1,5) = 0$
  - Tx\_down = 120%,  $SCR_{net} = \max(0; (-10) * (1 - 120\%)) = \max(0; 2) = 2$

Nous serons dans un cas de baisse des taux, et plus Tx\_down est élevé moins on pourra transférer de risque aux assurés.

- Si Tx\_up < 100% et Tx\_down < 100% :
  - Tx\_up = 90%,  $SCR_{net} = \max(0; 15 * (1 - 90\%)) = \max(0; 1,5) = 1,5$
  - Tx\_down = 95%,  $SCR_{net} = \max(0; (-10) * (1 - 95\%)) = \max(0; -0,5) = 0$

Nous sommes dans un cas de hausse des taux, et plus Tx\_up se rapproche de 100%, plus on pourra transférer de risque aux assurés.

- Si Tx\_up < 100% et à Tx\_down > 100%
  - Tx\_up = 90%,  $SCR_{net} = \max(0; 15 * (1 - 90\%)) = \max(0; 1,5) = 1,5$
  - Tx\_down = 120%,  $SCR_{net} = \max(0; (-10) * (1 - 120\%)) = \max(0; 2) = 2$

Pour notre exemple nous sommes dans le cas d'une baisse des taux, cependant le choix du SCR n'est pas immédiat, car aucun des deux n'est négatif, cela dépendra d'une part de la valeur absolue du SCR brut ( $|\Delta VM|$ ), et d'autre part de la distance absolue entre les deux taux de transfert et 100% ( $|1 - \text{taux de transfert}|$ ).

Pour un SCR brut donné, dans les deux cas, plus on se rapproche de 100%, par valeur inférieure ( respectivement supérieure) pour Tx\_up (respectivement Tx\_down) plus on a un transfert de risque important.

- Si Tx\_up > 100% et à Tx\_down < 100%,

- Tx\_up = 110%,  $SCR_{net} = \max(0; 15 * (1 - 110\%)) = \max(0; -1,5) = 0$
- Tx\_down = 95%,  $SCR_{net} = \max(0; (-10) * (1 - 95\%)) = \max(0; -0,5) = 0$

Les deux SCR seront nuls donc le SCR de taux sera 0, cependant ce cas est un cas particulier, historiquement il n'est jamais apparu pour notre société.

## 2. Impact des taux de transfert

Dans le but de quantifier l'impact qu'a le taux de transfert lors du passage du SCR de marché brut au SCR de marché net, et la précision nécessaire à son évaluation pour déterminer quel degré de simplification utiliser lors du calcul du proxy, il semble nécessaire d'étudier les conséquences d'une variation de ce taux de transfert.

Nous avons fait varier le taux de transfert de 10% pour chaque choc dans le cas central, et indiqué les impacts dans le tableau suivant (montants en M€).

### Impact du taux de transfert

Scénario central 2012	$\Delta VM$ *	$\Delta$ capitaux propres** (taux de transfert central)	$\Delta$ capitaux propres (2)*** (taux de transfert modifié)	impact sur capitaux propres ****	proportion du SCR de marché*****
Choc Hausse des taux	-1 850	60	-125	-185	-11,6%
Choc Baisse des taux	1 643	-423	-259	164	10,3%
Choc actions	-1 739	-452	-626	-174	-10,9%
Choc autres actions	-444	-94	-139	-44	-2,8%
Choc Immobilier	-289	-78	-107	-29	-1,8%
Choc spread	-1 678	-607	-775	-168	-10,5%

\* variation de la valeur de marché des actifs induite par le choc.

\*\* variation des capitaux propres après passage des taux de transfert centraux.

\*\*\* variation des capitaux propres après passage des taux de transfert diminués de 10%.

\*\*\*\* différences de capitaux propres nécessaires dues à la variation des taux de transfert.

\*\*\*\*\* part dans la variation de capitaux propres du SCR de marché représenté par la variation de taux de transfert.

Figure 15 : Tableau d'analyse de l'impact du taux de transfert sur le SCR

Nous constatons que les chocs d'actifs actions autres et immobilier, du fait de leur faible importance dans le portefeuille sont négligeables avec de faibles montants relativement au total et donc en termes d'impact (<3%).

Nous pouvons nous focaliser sur les quatre plus importants chocs, que sont les chocs à la hausse et à la baisse des taux, actions et spreads, ceux-ci ont des montants importants donc une variation de leurs taux de transfert entrainera un plus gros impact sur le SCR de marché total. Nous constatons avec ce tableau que la variation d'un taux de transfert de 10% sur un des chocs cités précédemment, entraine une variation du SCR de marché de plus de 10%, ce qui est important. Autrement dit, cela nous montre que les taux de transfert ne peuvent pas être estimés arbitrairement, ou avec les valeurs des précédents chocs sans savoir s'ils ont une forte sensibilité aux différentes conditions de marché. Cela justifie alors notre étude sur ces taux dans l'estimation d'un SCR de marché net.

Nous allons donc focaliser notre étude sur les chocs de taux (hausse et baisse), actions et spread, en essayant d'estimer au mieux les taux de transfert pour limiter l'impact d'une erreur d'estimation sur le SCR.

Nous avons vu que la précision du taux de transfert est très impactante sur le résultat du calcul de SCR de marché net. Mais quels sont les effets potentiellement influents sur ces taux de transfert?

- Tout d'abord il y a un effet d'actualisation, si la courbe des taux varie, cet effet est différent entre l'actif et le passif entraînant une variation différente du BE et de l'actif.
- Ensuite, il y a un effet de rémunération des assurés, la participation aux bénéfices discrétionnaire ou FDB (Future Discretionary Benefits). C'est la part variable de PB que l'assureur donne à ces assurés selon ces résultats. Selon cette rémunération le BE varie différemment.
- Et enfin il existe un effet de rachats conjoncturels : si les assurés sont mécontents de la rémunération de leur produit en fonction de la conjoncture économique, ils ont tendance à racheter leur contrat et donc faire varier le BE de l'assureur.

Dans la suite de ce mémoire nous expliquerons quels sont les facteurs liés à ces effets et comment les quantifier. Mais avant cela nous allons présenter le modèle épargne utilisé pour calculer les sensibilités.

## B. Présentation du modèle Epargne

La Directive Solvabilité II précise que toutes les options et garanties contenues dans les contrats doivent être valorisées dans les provisions Best Estimate. En assurance vie, les options sont essentiellement liées aux rachats et les garanties à des garanties de taux minimum pour les contrats en euros (TMG ou TAG). Ces options et garanties sont donc étroitement liées à l'évolution des marchés financiers.

Comme les risques sous-jacents ne sont pas des risques répliquables, nous allons faire appel à des méthodes de Monte-Carlo pour valoriser le BE en tenant compte des options et garanties contenues dans les contrats euros. L'utilisation de modèles stochastiques va en effet nous permettre de générer un très grand nombre de scénarios économiques et de simuler, pour chacun de ces scénarios, les cash-flows issus du passif. La provision Best Estimate correspondra alors à la moyenne des cash-flows du passif actualisés avec le taux 1 an de la simulation.

Nous allons donc utiliser un modèle épargne permettant de calculer un BE stochastique. Chaque modèle a ses spécificités et cela influe sur le résultat final, nous allons donc présenter de manière succincte les principales caractéristiques de notre modèle. Une présentation exhaustive du modèle serait en effet longue alors que le modèle ne constitue pas l'objet de ce mémoire.

Le modèle interne de la société permet d'une part d'effectuer des calculs déterministes, l'utilisateur détermine lui-même les hypothèses économiques et financières et les projections sont basées sur le calcul des taux *Forward*. Il permet d'autre part des calculs stochastiques, les scénarios financiers sont alors générés par des modèles basés sur la théorie financière.

L'utilisation du modèle Epargne peut se résumer selon le schéma fonctionnel suivant :

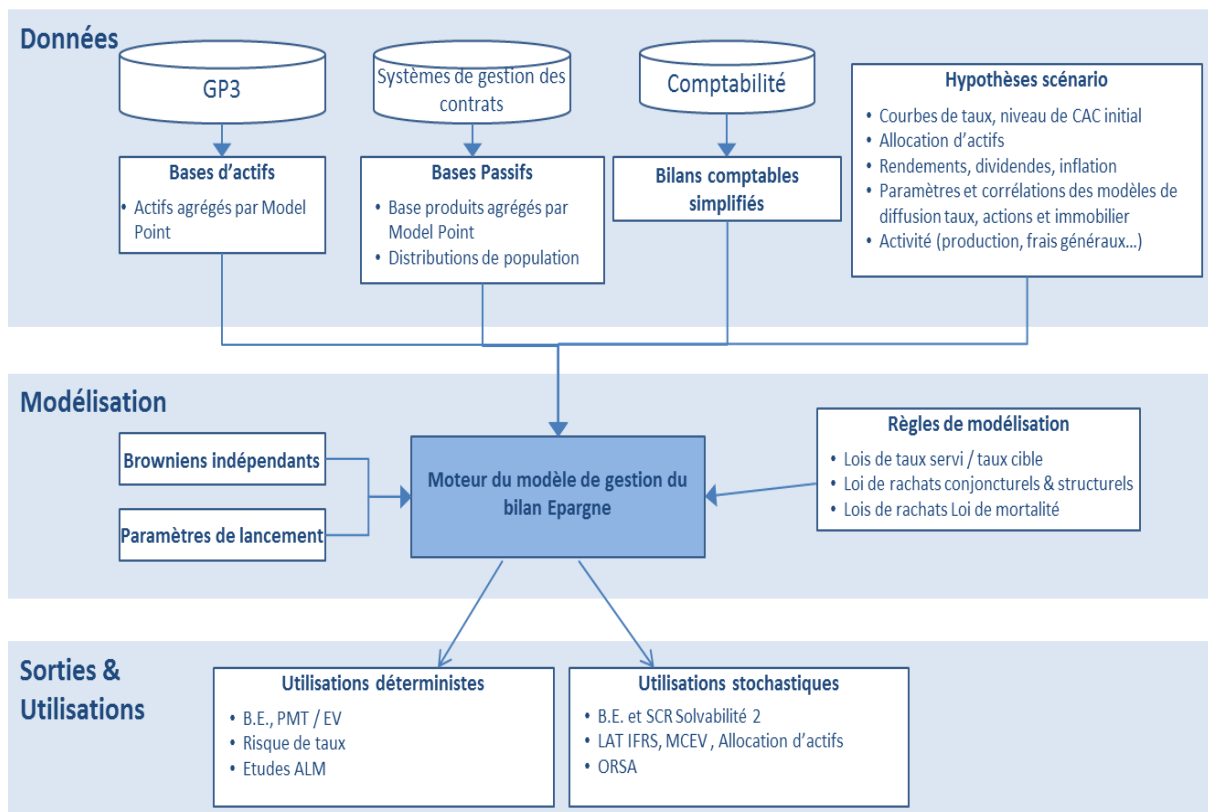


Figure 16 : Schématisation du modèle Epargne

Nous allons présenter comment sont traitées les données, ainsi que les règles de modélisations. Nous allons détailler les éléments qui seront utiles pour la compréhension futur de l'étude, les détails techniques seront précisé lorsqu'ils seront en annexes.

## Bases passifs

Le nombre de contrats épargne gérés étant très important, ils sont agrégés par model points. Plus le nombre de model points est faible, plus les temps de calcul du modèle sont réduits. Il faut trouver un juste équilibre dans le choix des regroupements de façon à optimiser le temps de calcul tout en conservant suffisamment de caractéristiques produits pour préserver la qualité de la modélisation. Nous avons pour notre base passif, 253 model points.

Dans la base de passif, les contrats ont été regroupés par type de produits, par garantie de taux, par génération de souscription, par réseau de distribution et par portefeuille d'actifs.

Le premier niveau de regroupement que nous avons retenu (le type de produits) nous permet de nous assurer d'une certaine homogénéité dans la population d'assurés. Le second critère d'agrégation (la garantie de taux) permet de gérer plus finement les engagements de l'assureur en matière de taux minimum. En effet, plusieurs TMG peuvent coexister sur un type de produit.

Le critère de l'année de souscription permet de calculer l'âge du contrat, ce qui permet de simuler finement le terme des garanties de taux. Cette information sert également à projeter les rachats historiques et conjoncturels.

Enfin, la distinction par banque (CM / CIC) est retenue, les lois de rachats ont mis en évidence un comportement des assurés assez différent selon le réseau de distribution.

## Bases actifs

La démarche adoptée lors de la construction de la base passif prévaut aussi pour la base d'actifs. Le nombre de titres en portefeuille est trop important pour pouvoir gérer la base d'actifs ligne à ligne. Tout comme la base passif, nous avons dû raisonner par model points, nous avons pour la base d'actifs 983 model points.

La société gère ses actifs de manière cantonnée. Nous avons conservé la notion de portefeuille.

A l'intérieur de chaque portefeuille en euros, les produits de taux sont regroupés selon les critères suivants :

- taux fixe / taux variable / indexées inflation / tier 1 / convertibles,
- Etat / privé,
- rating de l'émetteur,
- année d'échéance.

## Prestations

- Les rachats totaux et partiels ainsi que les décès suivent des lois construites à partir des données historiques des ACM ( Cf. Annexe 4 pour plus de précisions).
- Loi d'arbitrage

L'arbitrage n'est pas modélisé et cette option n'est donc pas estimée.

- Frais futurs

Pour simuler les frais futurs afférents à la gestion des contrats, nous distinguons les frais fixes des frais variables, et pour ces derniers nous utilisons un ratio moyen des frais rapportés à l'encours, que nous appliquons à l'encours projeté tout au long de la simulation. Les frais futurs vont donc décroître en même temps que les PM.

- Stratégie de taux servi

Le taux servi est une hypothèse déterminante dans le modèle interne, et plus particulièrement dans les calculs stochastiques. Dans le cadre de Solvabilité II, il est précisé que les choix de modélisations doivent être réalistes, refléter la stratégie de l'entreprise et être validés par le Management de l'entreprise. La loi de taux servi de la société s'articule selon le schéma suivant :

Etape 1 : Définition du taux cible en fonction de la situation financière du portefeuille (exprimé sous forme de taux comptable correspondant aux produits financiers générés par le portefeuille dans l'année sur l'assiette moyenne de PM) et de la situation de marché de l'année (taux OAT 10 ans).

Etape 2 : Si les produits financiers ne sont pas suffisants pour servir le taux cible, il est possible d'utiliser une partie des ressources disponibles dans l'ordre suivant :

1. Utilisation de la PPE ;
2. Extériorisation des plus-values latentes actions tout en conservant 15% en portefeuille.

Si ces ressources ne sont pas suffisantes, on diminue le taux servi, en puisant dans les marges futures sans pouvoir descendre en-dessous du TMG et du TAG.

Les rachats conjoncturels sont définis par la différence entre le taux attendu par les assurés qui est le taux cible et le taux effectivement servi par l'assureur. Ces deux taux ont donc un impact capital dans le fonctionnement de la compagnie (Cf. ANNEXE 4 pour plus de précisions).

- Compte de PB

Chaque année, les provisions mathématiques, après prise en compte des versements et des prestations, sont revalorisées des intérêts techniques et de la participation aux bénéfiques.

Les intérêts techniques sont calculés à partir du TMG du « model point » renseigné dans la base de passif et la PM moyenne de l'année.

Les revenus et charges pris en compte lors de l'établissement des comptes de PB sont les suivants :

- + Revenus financiers
- IT/PB sur prestations
- /+ dotation / reprise de PDD
- /+ dotation / reprise de la PRE du portefeuille imputable aux comptes de PB
- frais de placements

La part de la PRE imputable aux comptes de PB correspond au rapport entre la PM moyenne des contrats dont les conditions générales permettent d'impacter la PRE sur les comptes de PB (information contenue dans la base de passif) et la PM moyenne totale du fonds général.

Ces revenus sont alors rapportés à l'assiette de distribution (ou PM moyenne) des contrats présents à la date de clôture. Le taux obtenu est appelé taux comptable brut.

Les chargements sur encours sont calculés à partir du taux de chargement moyen du portefeuille et de la PM moyenne totale de l'année, c'est-à-dire de la PM moyenne des contrats en cours et des contrats sortis dans l'année.

Les commissions sur encours versées au réseau de distribution sont calculées à partir du taux de chargement et du taux de commission issus de la base de passifs sur la base de la PM moyenne des contrats en cours.

L'assiette des chargements sur produits financiers est la même que celle des chargements sur encours. Le taux de prélèvement correspond au taux de prélèvement moyen calculé d'après les informations de la base passifs.

Ces chargements sont susceptibles d'être modifiés en fin de simulation selon la loi de taux servi

## Partage en fin de simulation

Il n'est pas possible pour des raisons de temps de calcul de projeter jusqu'à extinction du dernier contrat, la durée de simulation est fixée à 30 ans. Il faut donc après simulation solder le portefeuille. On se doit de répartir les richesses (ou pertes) que sont les provisions et les plus ou moins-values latentes entre assureurs (marges futures) et assurés (BE). Les PM restantes en fin de simulation étant des prestations vont naturellement être intégrées au BE.

- Réserve de capitalisation

Les plus/moins-values générées par les ventes des obligations à taux fixe en portefeuille doivent être neutralisées par la dotation/reprise de cette provision. Cette provision est utile pour éviter que l'assureur ne réalise des plus-values dans le but d'améliorer le taux servi de ses contrats à court terme, et mettant en péril les rendements futurs. Cette provision se trouve au passif du bilan de la compagnie d'assurance.

Nous intégrons le montant de réserve de Capitalisation encore présent en fin de simulation dans les marges futures de l'assureur. Il y a donc partage de cette réserve entre assurés et assureur. S'il y a des moins-values obligataires de réalisées au cours de la simulation, cette réserve est bien reprise et les moins-values réalisées n'impactent ni comptes de PB ni le taux servi. La partie de la réserve de capitalisation consommée est donc implicitement intégrée dans la provision Best Estimate. La partie non consommée revient à l'assureur.

Ce choix est en accord avec les Orientations Nationales du QIS5 (« A la fin de l'horizon de simulation, le solde de la réserve de capitalisation n'est aucunement reversé aux assurés »).

- Plus ou moins-values latentes

Les plus ou moins-values latentes sont réparties en fin de la simulation en fonction du taux de participation aux bénéfices contractuels moyens de l'année. Si les actifs sont en moins-values latentes, les moins-values sont attribuées aux assurés dans la limite de l'absorption par la PPE restante, le reste revenant à l'assureur.

- Provision pour participation aux excédents (PPE)

Cette réserve correspond à la participation aux bénéfices des années passées non distribuées aux contrats en euros. Cette provision appartient aux assurés, mais l'assureur est libre de la reprendre ou de la doter comme il le souhaite, à condition toutefois de redistribuer la participation aux bénéfices dans les 8 ans qui suivent l'année où elle a été dotée. Il s'agit donc d'une réserve qui permet à l'assureur de lisser la performance des contrats. C'est une provision hautement stratégique pour l'assureur dans la mesure où elle va lui permettre de réduire son exposition aux risques financiers auxquels il est confronté.

En fin de simulation la PPE résiduelle est intégrée aux provisions Best Estimate.

## Provisions financières

- Provision pour dépréciation durable (PDD)

Cette provision est effective en cas de moins-value importante par rapport au prix de revient (20% ou 30% selon la volatilité des marchés financiers) et durable (6 mois en général). Cette provision se calcule ligne à ligne et vient diminuer le prix de revient du titre. Elle figure donc à l'actif du bilan et est signée négativement.

Il est à noter qu'une PDD peut aussi être dotée sur une obligation en cas de défaut avéré de l'émetteur.

La PDD vise à éviter, en cas de forte baisse des marchés financiers, une trop grande déconnexion entre le niveau des provisions mathématiques en euros et la valorisation des placements en représentation. En effet, les variations de PDD font partie des produits financiers générés par les placements R332-20 au même titre que les plus- ou moins-values réalisées, les dividendes et les loyers perçus et sont donc pris en compte dans le compte financier. Elles peuvent donc impacter significativement la revalorisation des contrats en euros.

Une PDD est dotée sur une nouvelle ligne si les deux conditions suivantes sont remplies :

- La valeur de marché de la ligne est inférieure à son prix de revient de plus de 20% ou 30% (selon le seuil retenu).

- Le cours moyen sur l'année est inférieur de plus de 20% ou 30% au prix de revient (modélisé comme la moyenne de la VM à l'ouverture et la VM à la clôture). Cette dernière contrainte vise à prendre en compte la règle du cours maximum sur les 6 derniers mois du calcul réel.

Une PDD est également dotée automatiquement si la ligne était déjà en PDD l'année précédente.

Une fois la PDD dotée sur une ligne, elle fluctue en fonction de la valeur de marché de la ligne. Elle n'est complètement reprise que quand le titre est en plus-value.

- Provision pour risque d'exigibilité (PRE)

La PRE est une provision globale calculée sur l'ensemble des actifs R332-20 sur les moins-values latentes après PDD calculée sur leur valeur de marché moyenne dans le mois précédent la clôture.

On dote chaque année le tiers des moins-values de clôture, sans que le stock de PRE puisse excéder ces moins-values.

En fin de simulation la compagnie prend à sa charge la part de variations qui n'est pas imputable aux assurés (certaines conditions générales).

## Les modèles financiers utilisés lors de simulations stochastiques

Le paramétrage des modèles est fait sous l'univers risque neutre et de manière à obtenir une valorisation des actifs cohérente avec le marché (*market consistent*).

- Modèle de taux et courbe des taux utilisée pour le calibrage.

La courbe des taux sans risque retenue est la courbe des taux SWAP extrapolée avec la méthode de Smith-Wilson au 31/12/2012.

Le modèle de taux utilisé est le modèle de Hull et White à un facteur. Il a été calibré sur la courbe des taux. Un point très important du modèle de Hull et White est qu'il permet de retrouver la courbe des taux spot.

Pour plus de précision sur la dynamique des modèles financiers se référer à l'Annexe 5.

- Calibrage du modèle actions

Le modèle utilisé pour les actions et l'immobilier utilisé est le modèle de Black et Scholes. La volatilité utilisée est une moyenne sur les 5 premières années de la volatilité implicite de la structure par terme, elle est de 21.42% au 31/12/2012.

Black et Scholes est le modèle classique pour modéliser le cours d'une action.

- Calibrage du modèle immobilier

Le modèle utilisé pour l'immobilier est le modèle de Black et Scholes. La volatilité utilisée est une volatilité historique. Elle est fixée à 10%.

- Hypothèses de corrélation

Les corrélations utilisées pour la suite des calculs sont issues des résultats obtenus sur un historique de 5 ans et réajustées si besoin, à dire d'expert.

- Nombre de simulations

Le nombre de simulations est de 5000. Seuls les scénarios économiques sont aléatoires. Il n'y a pas d'aléa ni sur les rachats structurels et partiels ni sur les décès.

## C. Facteurs de risques

Nous avons effectué avec le modèle Epargne, des tests de sensibilités les plus exhaustifs possible pour essayer de capter les effets des variations de facteurs exogènes sur les interactions actif-passif.

Le but étant de voir si les changements de conditions de marché ont un impact significatif sur l'absorption du choc par les assurés, via les taux de transfert. Ensuite de juger si une approximation est possible, dans le but de suivre régulièrement le niveau de capitaux propres économiques, et de SCR.

### 1. Présentation des facteurs de risques

Nous avons répertorié pour notre étude plusieurs facteurs de risques majeurs à court terme pour notre société. Ce sont des facteurs de risques liés aux marchés financiers, ils ont donc tendance à varier constamment, et ne sont pas prévisibles.

Les principaux facteurs de risques financiers pour les compagnies d'assurances sont les suivants : niveau des actions, volatilité implicite actions, courbe des taux, spreads, taux de change.

Nous avons choisi d'omettre le taux de change car nous n'avons pas d'actif significatif non coté en euros. La plupart des éléments tels que le risque de rachat conjoncturel, l'évolution des fonds propres, sont conditionnés par le risque de marché.

En ce qui concerne les risques indépendant du marché comme la longévité, la mortalité, ou les rachats structurels, nous ne mettrons pas de proxies en place pour ces risques. En effet, nous considérons qu'au vu de la taille importante de la société et du type de risque nous les supposons constants au cours de l'année.

Nous nous sommes limités dans les variations de ces facteurs de risques d'une part pour des raisons pratiques de temps de mise en place et d'autre part car nous souhaitons capter les sensibilités à court terme donc ne présentant à priori pas de très grandes amplitudes.

## Actions

La société comme toute compagnie d'assurance vie voit son résultat influencé par les marchés financiers. Nous avons donc utilisé ce facteur de risque qui est un élément central des performances d'une compagnie d'assurance. Notre indice de référence sera le CAC40 qui représente bien le niveau des actions de notre portefeuille. Une hausse instantanée du niveau des actions entrainera une hausse de la valeur de marché totale du portefeuille.

## Volatilité implicite des actions

On détermine la volatilité implicite du CAC40 en utilisant le prix des options sur l'indice CAC40 à différentes maturités, elle reflète le "prix du risque". L'inversion de la formule de Black-Scholes permet d'obtenir une structure par terme de volatilité implicite. Ces données peuvent être récupérées directement sur Bloomberg. Notre indice de référence est VCAC qui est un élément de la détermination du prix d'une option ou d'un warrant, mais qui représente également la mesure de la confiance des investisseurs sur le marché. Ainsi un cours de cet indice VCAC qui s'écarte à la hausse de la moyenne, traduit une hausse des incertitudes et de la crainte face au marché, et à l'inverse un cours qui s'écarte à la baisse de la moyenne traduit une hausse de la confiance.

## Courbe des taux

Un élément très influent sur le court terme est la courbe des taux. C'est cette courbe des taux qui est utilisée pour valoriser les obligations, part la plus importante de notre portefeuille. Notre indice de référence est le taux swap, taux utilisé pour les valorisations dans Solvabilité II.

Nous avons appliqué la sensibilité à chaque fois par translation c'est-à-dire la même pour chaque maturité. Une hausse instantanée du niveau des taux entrainera une baisse de la valeur de marché globale du portefeuille.

## Spreads

Le spread désigne l'écart entre les rendements des obligations émises par les entreprises et les emprunts d'état (sans risque) de mêmes caractéristiques. Les assureurs ayant une forte proportion d'obligations *corporate* sont donc exposés à ce risque.

Nous avons utilisé les spreads implicites du portefeuille de notre société.

En clair, nous avons d'un côté la valeur de marché des produits de taux et de l'autre la valorisation de ces produits avec la courbe des taux sans risque, en fonction de la maturité, du nominal, du revenu. (Cf. valorisation des produits de taux partie II.B.), ensuite pour trouver un spread implicite nous utilisons l'outil «valeur cible » dont la fonction est de chercher un montant de spread tel que l'écart entre la valeur de marché et la valeur de valorisation soit nulle.

Nous cherchons donc  $s$  tel que :

$$\sum_{i=1}^{mat} \frac{Flux_{i+1/2}}{(1 + r_t + s)^{i+1/2}} = VM + CC$$

Avec  $Flux_i$  les flux chaque année que sont les coupons et le nominal à maturité.

CC le coupon couru.

$r_t$  le taux swap de maturité t

Les classes d'actifs concernées sont les obligations (taux fixes et taux variables), les OATi et les convertibles.

Le tableau suivant présente les spreads moyens selon le rating.

ratings	spread société
AAA	0,27%
AA	-0,11%
A	1,03%
BBB	2,61%
BB	4,20%
B&-	9,01%
NN	2,35%

Figure 17 : spread par ratings de la société

Une augmentation instantanée des spreads entrainera une baisse de la valeur de marché globale du portefeuille. Nous avons choisi un indicateur synthétique global qui est la moyenne des spreads de chaque rating pondéré par la valeur de marché.

En faisant varier les spreads nous avons également anticipé une variation de la CCP, car celle-ci dépend uniquement des spreads.

Etant donné que la mise en place de la CCP n'est pas très bien définie dans les spécifications techniques et en partant du fait qu'en situation centrale actuelle elle est nulle, nous avons calculé un proxy de cette CCP par différenciation, en utilisant les coefficients donnés par l'EIOPA.

## 2. Choix du domaine de sensibilités

Pour les stress tests que nous allons effectuer, il est nécessaire de définir un intervalle sur lequel effectuer les sensibilités et ce pour chaque facteur de risque.

Nous avons évalué les comportements des indices références de nos facteurs de risques. Pour chaque indice, nous avons calculé la variation maximale en valeur absolue par rapport à chaque début d'année pour évaluer quel type de variation est susceptible d'avoir lieu sur une année, et quel est le comportement de ces indices. Pour les spreads, nous avons utilisé un indice « asset swap spread » de Merrill Lynch par rating mélangeant obligations « corporate » et « govies ». A noter que pour le CAC les variations sont des écarts relatifs alors que pour le reste ce sont des écarts absolus.

## Variation maximale par rapport au début d'année (en valeur absolue)

ANNEES\INDICES	CAC	VOL	TAUX	SPREAD		
				AAA	AA	A
2000	16,98%	11,42%	1,41%	0,18%	0,18%	0,21%
2001	37,01%	20,14%	1,60%	0,11%	0,10%	0,27%
2002	42,00%	35,06%	0,77%	0,06%	0,20%	0,32%
2003	24,79%	21,41%	0,86%	0,06%	0,20%	0,45%
2004	6,88%	8,06%	0,38%	0,07%	0,09%	0,08%
2005	23,79%	4,99%	0,52%	0,10%	0,11%	0,15%
2006	16,55%	13,82%	1,19%	0,05%	0,03%	0,06%
2007	9,80%	17,98%	0,81%	0,10%	0,45%	0,74%
2008	48,09%	55,91%	2,11%	1,48%	1,50%	2,92%
2009	24,79%	16,48%	1,51%	1,00%	0,93%	2,47%
2010	17,01%	22,12%	0,22%	0,22%	0,41%	0,26%
2011	28,69%	33,32%	0,72%	0,68%	1,02%	1,49%
2012	14,03%	13,48%	1,14%	0,50%	0,89%	1,55%
min	2403	9,24%	0,29%	-1,72%	-1,73%	-1,60%
max	6922	78,05%	5,45%	1,79%	2,14%	4,00%
variation max	48,09%	55,91%	2,11%	1,48%	1,50%	2,92%
variation min	6,88%	4,99%	0,22%	0,05%	0,03%	0,06%

Figure 18 : Tableau d'analyse des historiques pour les indices financiers.

Ce tableau nous montre historiquement les sensibilités des indices choisis pour chaque facteur de risque et permet de sélectionner un intervalle pour chaque indice dans lequel nous ferons les stress tests. Les situations extrêmes ont lieu lors des crises comme par exemple en 2008 avec une variation du CAC de 48,09% avec une volatilité actions qui a bondi de 55,91%. Ces situations sont exceptionnelles et dans un cas similaire un recalcul s'avère nécessaire. Nous constatons également que si au 31/12/2012 nous sommes dans une situation avec un CAC et une volatilité actions « moyennes », nous sommes également dans une situation de taux très bas. Pour ce qui est des spreads, c'est sensiblement différent étant donné que ces indices ne reflètent pas forcément les spreads de la société, mais nous pouvons constater une forte hausse lors des crises alors que par contre des variations très faibles en périodes « normales ».

L'observation de ces comportements nous guide dans le choix des intervalles et nous permet de retenir pour chaque choc les domaines présentés ci-dessous.

### Actions

Nous avons choisi de faire varier instantanément le niveau des actions par pas de 10% sur l'intervalle [-30% ; +30%] en partant d'une situation centrale avec un CAC à 3641 points, valeur au 31/12/2012. Cet intervalle est assez large pour capter la sensibilité à un choc action dans sa globalité.

### Volatilité implicite actions

Nous avons calculé des sensibilités sur l'intervalle [15% ; 35%] par pas de 5% et avec une situation centrale de 21,42%.

Ici l'intervalle est plus restreint, la volatilité peut varier rapidement dans de fortes proportions mais sur de très courtes périodes. Sur une période plus longue et en moyenne cet intervalle couvre les possibilités en période dite normale.

## Taux

Nous avons utilisé une courbe des taux swap, avec des taux 10 ans compris dans l'intervalle [1,01%; 3,01%] par pas de 50 bp et en partant d'une situation initiale avec un taux 10 ans de 1,51%. Les variations sont effectuées par rapport à la courbe des taux extrapolée, donc sensiblement différente de celle du marché. Sur les 13 dernières années, c'est seulement en 2008 au moment de la crise que la variation a été de plus de 200 bps, donc cette amplitude est assez fiable en temps normal. De plus les taux actuels étant déjà très bas, ils auront plus tendance à augmenter au courant de l'année.

## Spread

Nous avons calculé des sensibilités sur l'intervalle [0,76% ; 2,26%] par pas de 50 bp.

Etant donné que nous utilisons les spreads implicites de notre portefeuille comme référence, l'indice ne reflète pas exactement les variations mais nous donne une tendance.

Pour chacune des variations des spreads implicites nous avons approximé la CCP en utilisant la formule de l'EIOPA.

Reprenons la formule :

$$CCP = w_{gov} \cdot \max(S_{gov}; 0) + w_{corp} \cdot \max(S_{corp}; 0)$$

Etant donné que la CCP n'est pas prise en compte lors de notre calcul central, donc nulle, nous avons adapté la formule ci-dessus. Les variables de ce calcul sont  $S_{gov}$  et  $S_{corp}$ , nous avons fait l'hypothèse qu'elles étaient nulles pour que l'on ait une CCP nulle. Les autres composantes sont des constantes.

Lors des sensibilités, nous avons donc remplacé  $S_{gov}$  et  $S_{corp}$  par les valeurs des différents pas, c'est-à-dire, 50, 100 et 150 bp. Cela nous donne des CCP de 34.5, 69 et 103.5 bp respectivement.

Nous avons choisi ici de faire une grosse approximation, car d'une part au moment de l'étude, un flou entoure cette CCP et d'autre part, car les proxies diffèrent selon les acteurs du marché. Nous avons donc choisi une approximation très simple mais qui devrait tout de même répercuter les effets d'une CCP sur nos résultats futurs.

# D. Construction d'abaques avec stress tests

Comme nous l'avons vu précédemment nous allons nous concentrer sur les chocs Solvabilité II de taux, actions et spread, les plus importants dans notre portefeuille. Nous avons réalisé un certain nombre de « stress tests » pour construire des tables d'abaques sur les taux de transfert, dans le but d'évaluer leurs sensibilités et estimer le degré de simplification à apporter au calcul du SCR de marché net.

## 1. Mise en œuvre

Les calculs ont été faits en « spot » c'est-à-dire en  $t=0$ , avec le modèle Epargne, nous permettant de calculer les BE.

Les différentes données économiques variables pour un calcul de BE stochastique ont été modifiées en entrée, en fonction des différents facteurs (dampener inhérent à une variation de CAC, courbe de taux, volatilité actions, CCP).

La base d'actifs initiale, agrégée par model point a été modifiée avec les différents stress que nous avons décrit précédemment, à l'aide d'un outil créé pour modifier cette base, modélisant un stress instantané au moment du calcul, dans le but de reproduire des conditions de marché différentes.

## Actions

Les produits actions ont leur valeur de marché modifié comme ceci :

$$VM_{modifiée} = VM_{initiale} * (1 + \Delta actions)$$

#### Taux

La valeur de marché des produits de taux a été revalorisée avec la nouvelle courbe de taux, en gardant les autres caractéristiques inchangées. (Cf. valorisation des produits de taux partie II.B.)

#### Spreads implicites

Les produits de taux ont leur spread implicite modifié comme ceci :

$$SI_{modifié} = SI_{initial} + \Delta spread_{rating}$$

Pour les stress tests nous avons appliqué le même coefficient pour chaque rating. Lors de modifications de spread, la valeur de marché change aussi. Quand le spread augmente la valeur de marché diminue.

Ensuite cette base a été recalibrée, pour qu'elle soit pseudo risque-neutre. En effet, le risque de défaut n'est pas simulé dans le modèle épargne. Pour obtenir des résultats *market-consistent*, nous devons donc utiliser la base d'actifs retraitée des spreads. Cette approche correspond à une approche du risque crédit en moyenne, ce qui nous semble acceptable étant donné le nombre d'émetteurs présents dans le portefeuille obligataire de la société.

Pour que les simulations soient «pseudo risque-neutres», tous les actifs doivent rapporter le taux sans risque. Nous devons donc retraiter la base d'actifs pour supprimer les spreads de crédit sur les actifs concernés (obligations). Les spreads sont censés refléter les défauts futurs attendus par le marché. La sur-rémunération attendue par les investisseurs sert à compenser un risque de défaut supérieur. Nous diminuons donc chaque cash-flow de l'obligation de la part de défaut anticipé par les marchés financiers au moment du calcul.

Pour ce faire, nous supposons que la différence entre la valeur de marché observée pour une obligation, et la valeur actualisée des revenus de cette obligation, provient uniquement du risque de défaut de l'émetteur anticipé par les marchés financiers.

Nous avons pour le nouveau revenu et nominal :

$$Revenu_{PRN} = \frac{(VM + CC)}{Valorisation\ théorique} * Revenu$$

$$Nominal_{PRN} = \frac{(VM + CC)}{Valorisation\ théorique} * Nominal$$

Nous estimons donc une probabilité de défaut pour chaque « model point » des principales classes obligataires afin que les flux futurs ainsi ajustés permettent de retrouver la valeur de marché observée. Nous avons donc l'ajustement pour la probabilité de défaut  $A_{PD} = \frac{(VM+CC)}{Valorisation\ théorique}$

Le schéma suivant récapitule les diverses transformations et quels éléments de la base sont affectés :

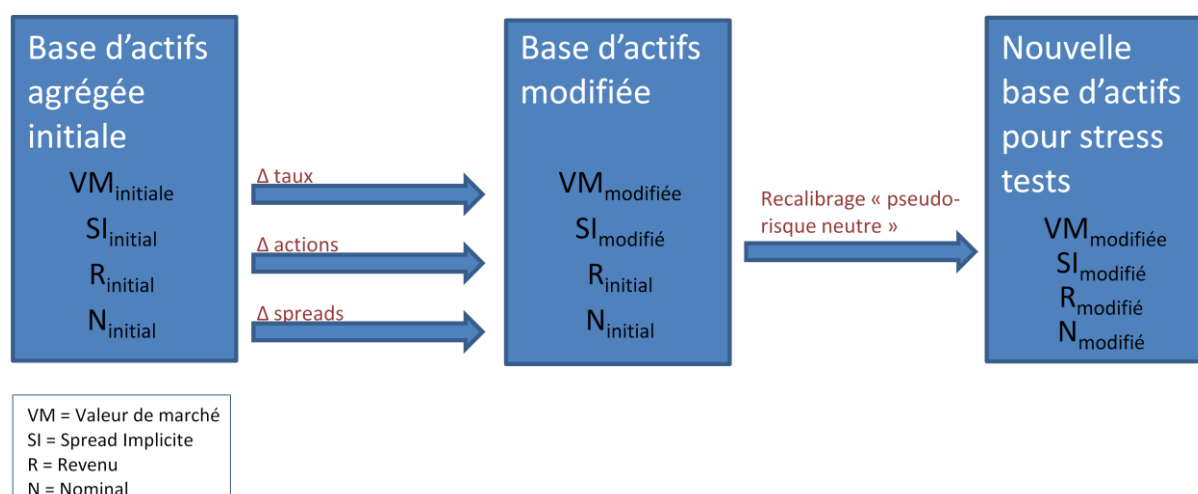


Figure 19 : schéma de la modification de la base d'actif

Une fois les lancements des BE effectués avec le modèle puis exploités, une méthode devra être choisie après analyse pour estimer quel taux de transfert utiliser pour chaque choc Solvabilité II.

Nous allons commencer par faire des stress tests sur un facteur de risque, toute chose égale par ailleurs, sur les intervalles donnés précédemment pour avoir des tendances sur les sensibilités de chaque facteur. Nous allons voir si des tendances se dégagent, c'est-à-dire voir si des facteurs sont prépondérants, ou si d'autres sont sans influence. Ensuite étant donné que dans la réalité, un facteur ne varie jamais seul, nous allons faire des stress combinés, avec la variation de deux facteurs simultanément et par la suite déterminer si l'on peut classer ces facteurs selon leur importance. Avec quatre facteurs de risques, les possibilités sont multiples, voire infinies. Cependant nous allons voir dans la partie suivante les corrélations entre les différents facteurs pour éliminer des scénarios si possible.

Notre but étant de capter les grandes tendances, une combinaison entre deux chocs semble adéquate. De plus d'un point de vue mise en pratique ce choix paraît le plus réaliste.

## 2. Stress simples

Nous avons tout d'abord commencé par effectuer des variations simples, un facteur à la fois selon différents niveaux initiaux des facteurs de risques décrits précédemment, toutes choses égales par ailleurs, et nous allons les expliquer en plusieurs étapes.

### a. Analyse générale par sensibilité

La première partie de l'analyse consiste pour chaque variation de facteurs de risques à expliquer les causes de variations de la rémunération de l'assureur et des assurés, ce qui par la suite nous aidera à comprendre pourquoi varient les taux de transfert.

### Niveau des actions

De manière générale, une baisse des actions limite la performance du portefeuille d'actifs, cependant étant donné la part réduite d'actions dans le portefeuille d'une compagnie d'assurance, lors d'une faible baisse, le résultat peut être lissé sans grand impact, mais lors d'une baisse plus importante l'assureur voit son résultat financier diminuer de manière significative.

Lorsque le niveau de CAC baisse, les actifs des compagnies sont en moins-value-latentes et la compagnie doit provisionner en PDD et/ou PRE ces moins-values. De ce fait le résultat net de la compagnie qui est composé des produits financiers retraités des PDD et PRE se verra diminué. Malgré cela, le taux cible attendu par les assurés sera inchangé, en effet celui-ci dépend essentiellement des taux des années précédentes et d'un taux d'intérêts des emprunts d'Etats.

De ce fait, il sera plus difficile de rémunérer les assurés. Après avoir utilisé le résultat financier, puisé dans la PPE et extériorisé les plus-values latentes éventuelles dans les limites de la politique de taux servi, il faudra donc puiser plus dans les fonds propres, et une baisse des marges futures en résultera. De plus si l'écart entre le taux attendu par les assurés et le taux servi dépasse un certain seuil, des rachats conjoncturels vont se déclencher.

Ensuite si le CAC monte, le résultat financier va s'améliorer grâce à des extériorisations de plus-values latentes, avec aussi des reprises sur PDD et PRE précédentes éventuelles. Il en résultera donc une augmentation des PM avec plus de PB distribuée.

## Niveau des taux

Les assureurs ont leurs placements majoritairement alloués en produits obligataires, ils sont donc très exposés au risque de taux, que ça soit la hausse où la baisse.

Lorsque le niveau des taux monte, nous aurons plus de produit financier mais avec une certaine inertie dans le portefeuille, la hausse ne sera pas instantanée, les anciennes obligations ne verront pas leur taux de rendement actuariel (TRA) augmenter. Cependant le taux cible attendu par les assurés lui va augmenter, il va plus augmenter que le taux comptable net de la compagnie et sera donc plus difficile à satisfaire.

L'assureur subira plus de rachats, les assurés vont vouloir profiter de la hausse des taux pour aller chercher un meilleur placement ailleurs. L'assureur devra vendre une partie de ses actifs obligataires qui, avec la hausse des taux, auront perdu en valeur et il réalisera des moins-values pour satisfaire son engagement envers l'assuré, à qui il a garanti la valeur de rachat de son contrat. Ces moins values vont venir diminuer son résultat.

Ensuite dans le cas d'une baisse des taux, ce contexte va limiter les possibilités d'investissements des assureurs, lors des arrivées à maturité des produits obligataires, l'assureur va se retrouver avec des liquidités qu'il va investir dans des produits qui lui donneront des rendements plus faibles. Mais en tenant compte d'une certaine inertie du portefeuille et en admettant que les nouveaux investissements n'auront pas un impact instantané, la baisse de la rémunération sera plus faible que la baisse du taux cible et donc il sera moins difficile de le satisfaire. Cependant, les TMG sur certains produits peuvent causer problèmes et être supérieurs au taux cible car ils restent fixes quelques soit le niveau de taux, et l'assureur a obligation de les satisfaire.

## Niveaux des spreads

Une augmentation des spreads, induit une hausse du risque de crédit et donc implique une baisse de marché des actifs, l'assureur aura des moins-values latentes sur les produits obligataires. Il verra donc son rendement baisser et aura plus de mal à servir le taux attendu par les assurés sans devoir puiser dans ses fonds propres. De la même façon, si le taux servi s'écarte trop du taux cible, des rachats conjoncturels vont avoir lieu. Les rachats seront moins importants que lors d'une variation de taux car le taux cible restera inchangé mais lors de rachats le même mécanisme aura lieu que pour une hausse des taux et accentuera encore la baisse du résultat.

## Niveau de la volatilité implicite

La variation de la volatilité implicite impacte la valorisation des actions dans le modèle de Black&Scholes. Les niveaux des rendements des actions dans les scénarios économiques simulés auront une plus grande amplitude. Ces amplitudes élargies n'auront pas des effets symétriques. Assurément, les pertes seront plus importantes alors que le taux attendu par les assurés sera inchangé, et le lissage de ces pertes est limité selon la loi de taux servi qui permet d'utiliser qu'une partie des richesses. La variation de la volatilité implicite rend les résultats plus instables.

## Conclusion

De manière générale, le fait d'avoir plus de mal à rémunérer les assurés du fait de conditions de marché pénalisantes, et donc de devoir puiser plus dans ses fonds propres, induira une plus grande variation de ces fonds propres par rapport au BE lors de chaque SCR. Cela conduira à une baisse du taux de transfert. Alors qu'avec une meilleure rémunération, l'assureur distribuera plus de PB qui viendront augmenter le BE et feront donc croître les taux de transfert.

Ces problématiques de rémunération impactent donc spécifiquement les compagnies d'assurance vie, qui sont obligées d'utiliser les mécanismes liés à Solvabilité I pour lisser leurs résultats avec notamment les diverses provisions (PRE, PPE) servant à piloter leurs résultats, pour être en mesure de servir les prestations aux assurés quel que soit le contexte financier. Alors que dans le cadre Solvabilité II, le *Best Estimate* est évalué en valeur de marché et les provisions à l'actif disparaissent.

### *b. Effet des SCR sur les sensibilités*

La seconde partie de l'analyse consiste à expliquer les effets que provoquent les différents SCR en fonction des sensibilités testées. Chacun des SCR aura un impact différent qui va venir accentuer ou compenser l'effet dû à la variation des facteurs de risques, décrit précédemment.

## Niveau des actions

Dans le tableau suivant nous avons l'évolution des taux de transfert selon chaque SCR en fonction de l'évolution du CAC. La colonne « amplitude » désigne l'écart entre le taux de transfert le plus petit et le plus grand.

Niveau de CAC	-30%	-20%	-10%	central	+10%	+20%	+30%	amplitude	
SCR Actions	62,9%	69,8%	72,6%	74,0%	74,8%	75,6%	76,8%	13,9%	
SCR Spread	55,3%	59,4%	62,1%	63,8%	65,3%	67,2%	69,1%	13,8%	
SCR Taux	hausse	104,6%	103,8%	103,3%	103,2%	103,4%	104,0%	104,5%	1,3%
	baisse	125,8%	125,0%	125,0%	125,7%	127,0%	128,1%	129,0%	4,1%

Figure 20 : taux de transfert en fonction du CAC

Concernant le SCR actions, il se calcule par une baisse instantanée des actions, la rémunération des assurés sera plus facile si le CAC initial est plus élevé, le niveau général de l'actif plus haut au départ, permet de moins puiser dans les fonds propres pour rémunérer les assurés en conséquence du choc S2 subi. De ce fait nous pourrions mieux transférer le risque aux assurés, en puisant notamment plus dans la PPE.

Pour ce qui est du SCR de Spread, il se calcule par un coefficient de baisse en fonction de la sensibilité et du rating des produits obligataires. Avec un CAC initial plus élevé, il sera plus facile de lisser le

résultat en reprenant sur la PPE ou en extériorisant des plus-values latentes et donc de moins puiser dans les fonds propres.

Globalement, une variation de CAC, ne fera pas changer le choix du SCR de taux, nous serons toujours dans le cas de baisse des taux.

Pour le SCR de baisse des taux, on transfère moins de risque malgré le fait que le CAC soit plus élevé. Etant donné que le résultat financier sera meilleur avec un CAC plus élevé, cela n'est pas forcément un problème si l'on transfère moins de risque, cela veut dire que le SCR a légèrement plus d'impact si on a plus de richesse.

## Niveau des taux

Niveau des taux swap 10 ans		-50 bp	central	+ 50 bp	+ 100 bp	+ 150 bp	amplitude
SCR Actions		73,7%	74,0%	74,3%	74,4%	74,5%	0,8%
SCR Spread		61,9%	63,8%	65,1%	66,2%	66,9%	5,0%
SCR Taux	hausse	110,3%	103,2%	98,5%	95,4%	94,3%	-16,0%
	baisse	173,3%	125,7%	110,5%	103,7%	100,0%	-73,3%

Figure 21 : taux de transfert en fonction des taux swap 10 ans

Concernant le SCR actions, le taux de transfert est quasiment constant, ce SCR a un impact négligeable quelque soit le niveau de taux initial.

Pour le SCR de spread, une hausse du niveau initial de taux va dégrader la facilité de rémunération, mais le choc de spread qui est appliqué sur les produits de taux, se fera sur une VM moins importante donc le choc sera plus faible en montant. Le taux cible restera inchangé et donc l'effet d'une hausse de taux est compensé et permettra d'augmenter légèrement le taux de transfert .

Et pour le SCR de taux, en ce qui concerne le SCR hausse des taux, l'impact est accentué si le niveau des taux augmente, cela est équivalent à une double hausse de taux, avec donc des effets plus importants du fait que le taux cible augmente donc deux fois.

Pour le SCR de baisse de taux le mécanisme est inverse, si on craint la baisse des taux donc, avec un taux initial plus élevé cela va améliorer la situation et donc il sera plus facile de transférer le risque aux assurés.

## Niveaux des spreads

Nous pouvons constater dans le tableau ci-dessous que globalement le niveau des spreads impacte chaque SCR de manière significative, dans une moindre mesure pour la hausse des taux. Pour cette analyse nous ne tenons pas compte de la CCP , elle n'est pas appliquée sur les données ci-dessous, nous voulons expliquer seulement l'effet du niveau de spread ici, nous traiterons de la CCP plus tard dans cette partie.

Niveau des Spread implicites		central	+ 50 bp	+ 100 bp	+ 150 bp	amplitude
SCR Actions		74,0%	69,6%	63,4%	56,7%	-17,3%
SCR Spread		63,8%	56,8%	48,4%	40,0%	-23,8%
SCR Taux	hausse	103,2%	105,5%	108,2%	111,9%	8,7%
	baisse	125,7%	129,3%	134,3%	140,6%	14,9%

Figure 22 : taux de transfert en fonction des spreads implicites

Pour le SCR actions, nous avons les effets de la hausse du niveau de spread et du SCR actions qui se combinent pour dégrader l'absorption du risque aux assurés et avoir un impact fort sur le taux de transfert.

L'impact est le plus fort pour le SCR de spread, ce qui semble logique à priori. Le SCR de spread est appliqué sur les mêmes actifs que la hausse du niveau de spread initial, cela nous conduira à un « double impact » du spread et donc baissera significativement le taux de transfert.

Concernant les SCR de taux, les taux de transferts sont supérieurs à 100%, nous sommes donc dans le cas de baisse des taux.

Pour le SCR de baisse de taux c'est l'inverse, avec des spreads initiaux plus élevés il sera plus difficile de rémunérer les assurés et du fait de TMG, il sera donc plus difficile de transférer le risque .

### Niveau de la volatilité implicite

La volatilité implicite est un élément qui impact tous les taux de transfert des SCR, bien qu'elle n'ait pas d'impact direct sur l'actif.

Niveau de la volatilité implicite actions		15%	20%	25%	30%	35%	amplitude
SCR Actions		72,4%	73,7%	74,7%	75,6%	76,6%	4,3%
SCR Spread		66,4%	64,5%	62,0%	59,5%	57,2%	-9,1%
SCR Taux	hausse	100,4%	102,7%	104,5%	106,0%	107,4%	7,0%
	baisse	121,1%	124,8%	128,1%	131,1%	133,5%	12,4%

Figure 23 : taux de transfert en fonction de la volatilité implicite actions

Pour le SCR actions, lors de volatilité implicite faible, les résultats sont plus stables et il est plus facile de servir le taux attendu par les assurés même lors de l'application du SCR, pour une volatilité plus grande, nous avons besoin d'utiliser toute l'absorption possible par le BE, donc le faire varier plus et en résulte une augmentation du taux de transfert.

Lors du SCR de spread, le choc induit est appliqué sur les produits de taux, représentant la proportion la plus importante du portefeuille, l'application de ce SCR même pour des volatilités implicites basses va nous obliger à puiser dans les fonds propres pour essayer de servir le taux cible, cela sera encore plus important lors d'une volatilité élevée, faisant diminuer le taux de transfert.

Nous sommes ici dans le cas d'une baisse des taux.

Pour le SCR de baisse des taux, le transfert est moins bon, lors d'une volatilité plus élevée il sera encore plus difficile de servir les TMG et les taux cibles attendus par les assurés.

### *c. Analyse descriptive par SCR pour la construction de tables d'abaques*

La troisième partie de notre analyse consiste à regrouper les sensibilités testées pour chaque SCR et de classer les facteurs selon leurs influences pour nous aider à construire des tables d'abaques.

Nous allons représenter graphiquement des évolutions de taux de transfert en fonction des différents facteurs de risques.

## SCR actions

Globalement les facteurs de risques ont des impacts assez différents sur le SCR actions.

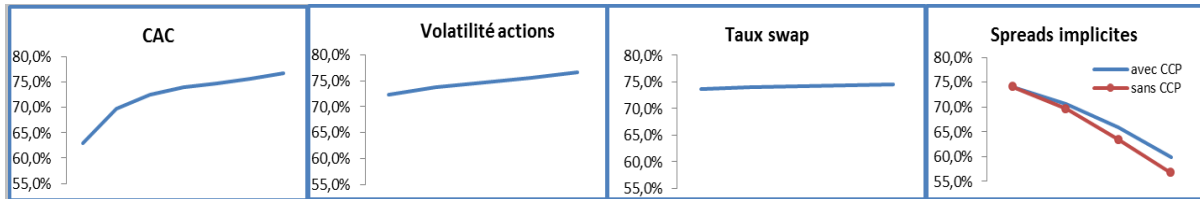


Figure 24 : graphique taux de transfert SCR actions

Nous constatons que le CAC et les Spreads implicites sont les facteurs les plus influents lors d'un SCR actions.

Nous pouvons noter que l'application d'une CCP permet d'atténuer la baisse des taux de transfert, en effet la CCP induit une hausse de taux donc une meilleure rémunération qui va venir atténuer la baisse du taux de transfert.

La volatilité implicite engendre des variations non négligeables mais assez faibles au regard de notre étude. Quant au facteur taux, la variation est non significative.

## SCR spread

Nous avons pour le SCR de spread, des impacts significatifs pour chaque facteur de risque.

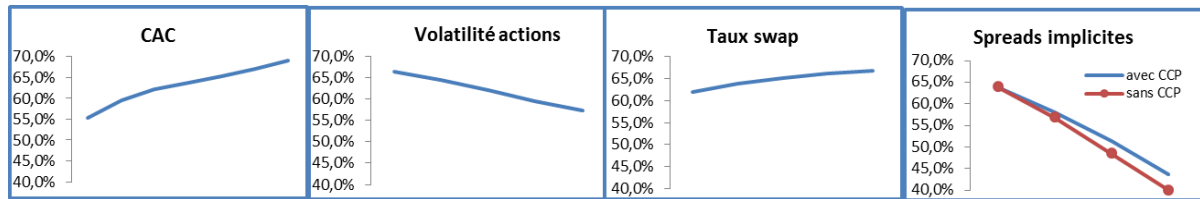


Figure 25: : graphique taux de transfert SCR spread

Nous constatons que pour ce choc tous les effets sont non négligeables, hormis peut-être le facteur taux avec 5% de variation sur le domaine considéré. Le facteur spread induit la pente la plus forte de la fonction taux de transfert malgré l'atténuation ici aussi de la CCP. Pour ce qui concerne les facteurs volatilité implicite et CAC les deux ont un impact important et avec des simples sensibilités nous ne pouvons pas déterminer lequel choisir.

## SCR taux

Globalement les facteurs de risques associés au SCR de taux ont des impacts assez différents.

Nous avons représenté le SCR de hausse et celui de baisse des taux sur le même graphique d'un point de vue pratique et aussi car les tendances de variations sont les mêmes.

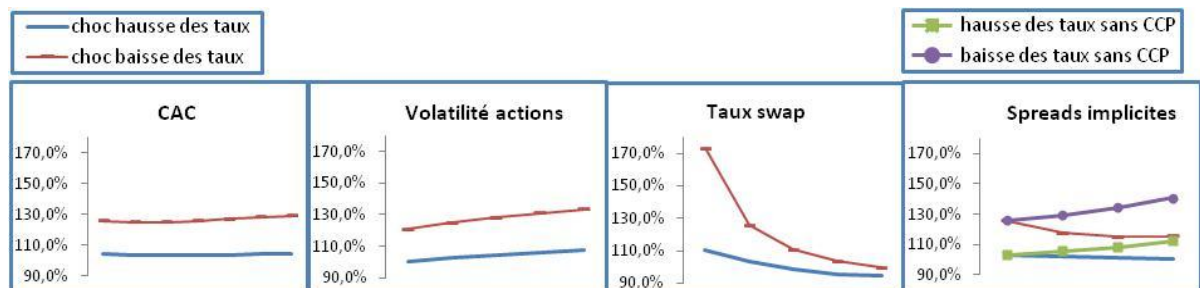


Figure 26 : : graphique taux de transfert SCR taux

Nous voyons clairement que le facteur taux est le plus impactant, ce qui semble logique pour un SCR de taux. Nous voyons aussi que le facteur CAC est quasiment constant et donc négligeable, nous pouvons l'omettre. Cependant pour les facteurs volatilité et spreads implicites, les deux facteurs ont un impact non négligeable et nous ne pouvons pas conclure avec seulement des sensibilités simples. A noter qu'ici la CCP a toujours un effet d'atténuation (les taux de transfert sont supérieurs à 100%, donc une baisse induit un meilleur transfert).

## Conclusion

Après avoir analysé les stress simples, nous avons pu constater des tendances monotones des fonctions de taux de transfert et avons classé par importance d'impact pour chaque SCR les effets de chaque facteur de risque, cependant certains sont difficilement départageables.

Pour la suite nous avons choisi de ne garder que deux facteurs explicatifs par SCR, les autres restants figés à leur valeur du calcul complet précédent. Ci-dessous un tableau récapitulatif des résultats après les stress simples.

	Facteurs de risques			
	CAC	Volatilité implicite	Taux	Spreads implicite
SCR Hausse et Baisse de taux				
SCR Actions				
SCR Spreads				

	Facteurs sélectionnés pour les stress combinés
	Stress combinés nécessaires à la selection
	Facteurs omis avant stress combinés

Figure 27 : classification facteurs de risques/stress simples

Nous allons voir si les stress combinés confortent ces choix et nous aident à affiner le classement ou si des compensations s'effectuent et nous amènent à revoir ces choix.

Nous avons effectué toute une batterie de stress combinés, les montrer dans la totalité ici serait fastidieux et risquerait d'être redondant, nous allons donc présenter seulement ceux que nous avons choisi de garder pour la suite de l'étude.

Les résultats de stress tests non présentés ici se trouvent en Annexe 6.

## 3. Stress combinés

Dans le but de réduire le nombre de scénarios possibles en croisant nos facteurs deux par deux nous avons regardé les corrélations entre chacun d'entre eux.

Concernant les spreads cela est moins évident à comparer avec les autres indices du fait du grand nombre d'indices existants sur Bloomberg relatifs aux spreads et sur les dates de cotations non concordantes avec les autres indices. D'autant plus que d'un point de vue historique et à dire d'expert, il n'y a pas de tendance qui se dégage, la corrélation peut être parfois positive, parfois négative, cela dépend de la situation économique.

Pour la corrélation aux taux par exemple, si on est dans une phase de risque systémique, les spreads augmentent et les taux baissent comme pendant l'année 2012 jusqu'à juillet, si on est dans un crash obligataire : les taux augmentent trop vite et les spreads augmentent aussi.

Pour la corrélation aux actions, une baisse des spreads et une baisse du CAC, ne sont pas forcément envisageables, en effet les spreads représentent en quelque sorte la santé des entreprises, si le CAC baisse cela veut dire que les entreprises ne sont pas en bonne santé, donc les spreads auront plutôt tendance à augmenter.

Concernant la volatilité implicite, les actions et les taux, nous avons calculé les coefficients de corrélation avec un historique de 13 ans du 01/10/2000 au 31/12/2012.

La matrice de corrélation est la suivante :

	CAC	VCAC	SWAP
CAC	1,00	-0,44	0,77
VCAC	-0,44	1,00	-0,03
SWAP	0,77	-0,03	1,00

Figure 28 : matrice de corrélation facteurs de risques

Nous pouvons constater que les taux et les actions sont plutôt corrélés positivement c'est-à-dire qu'ils ont tendance à évoluer dans le même sens, quand les actions augmentent les taux augmentent. Les actions et la volatilité actions sont sensiblement corrélées négativement donc quand l'un augmente l'autre baisse, ce qui est le cas en général quand les actions augmentent, les investisseurs ont plus confiance et il y a donc moins de volatilité. Et pour ce qui est des taux et de la volatilité actions leur corrélation n'est pas significative.

Pour conclure ces corrélations ne nous permettent pas d'omettre des scénarios avec une grande confiance, elles nous donnent seulement des indications sur les tendances de variations des facteurs les uns en fonction des autres.

Nous nous sommes tout de même limités en terme de nombre de scénarios, les stress simples nous ayant montré des tendances, nous avons réduits les intervalles des domaines de sensibilité.

## SCR actions & spread

Evolution des spreads (avec CCP)		central	+50 bp	+100 bp	amplitude
CAC + 20%	SCRactions	75,6%	72,7%	69,3%	-6,3%
	SCR spread	67,2%	61,7%	56,6%	-10,6%
CAC "central"	SCRactions	74,0%	70,6%	65,8%	-8,2%
	SCR spread	63,8%	58,1%	51,3%	-12,5%
CAC - 20%	SCRactions	69,8%	63,0%	55,6%	-14,1%
	SCR spread	59,4%	51,5%	42,6%	-16,8%

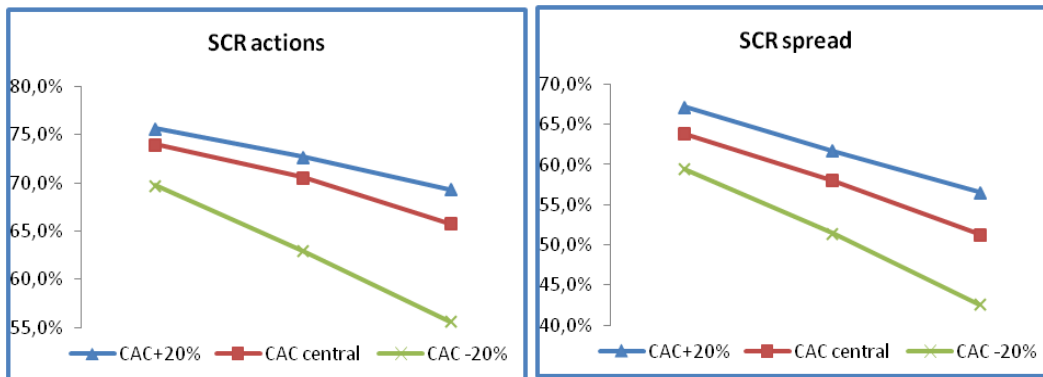


Figure 29 : table abaques et graphiques SCR actions & spread

Nous avons ici la sensibilité des taux de transfert en fonction des spreads et selon trois niveaux de CAC. La hausse la plus extrême de spread (2,26%) a été omise car elle s'avère être une hausse trop importante pour une variation infra-annuelle. Les variations de CAC ont été limitées à -20% et +20%, car les tendances restent les mêmes et un intervalle plus petit donnera de meilleures précisions d'estimations.

Nous constatons que la sensibilité des taux de transfert, c'est-à-dire l'amplitude par table d'abaques augmente quand le niveau de CAC baisse, cela signifie que l'impact d'une variation de spread est compensé à mesure que le CAC augmente. La tendance donnée par les stress simples est conservée, avec le niveau des taux de transfert décroissants quand les spread augmentent. Ces fonctions de taux de transfert ont une pente assez forte et les trois niveaux de CAC sont assez représentatifs des variations infra-annuelles possibles. Nous avons une constance et une monotonie quasiment linéaire dans cette combinaison qui faciliteront la mise en place d'une méthode pour déterminer le taux de transfert adéquat.

A noter que la combinaison entre les facteurs volatilité implicite actions et spread bien que non négligeables donnent de moins bon résultats, les sensibilités sont moins élevées, sur un domaine plus restreint, les tables d'abaques se trouvent en Annexe 6. Nous avons donc préféré choisir la combinaison des facteurs spread et CAC.

## SCR de taux

Nous avons dans le tableau suivant les sensibilités des taux de transfert en fonction de la volatilité actions et selon trois niveaux de taux différents :

Evolution de la volatilité actions		15%	20%	21%	25%	30%	35%	amplitude
taux + 100 bp	SCR Hausse des taux	93,8%	95,2%	95,4%	96,1%	96,9%	97,4%	3,7%
	SCR Baisse des taux	100,8%	103,1%	103,7%	105,0%	106,7%	108,1%	7,3%
taux "central"	SCR Hausse des taux	100,4%	102,7%	103,2%	104,5%	106,0%	107,4%	7,0%
	SCR Baisse des taux	121,1%	124,8%	125,7%	128,1%	131,1%	133,5%	12,4%
taux - 50 bp	SCR Hausse des taux	107,0%	109,7%	110,3%	112,0%	114,0%	115,7%	8,7%
	SCR Baisse des taux	166,2%	171,8%	173,3%	177,0%	181,8%	186,1%	19,8%

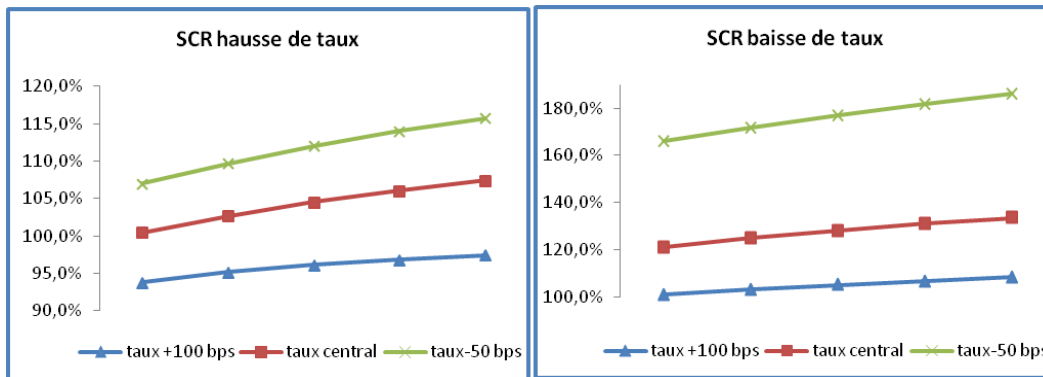


Figure 30 : Figure 29 : table abaqués et graphiques SCR taux

Nous pouvons constater que plus le niveau de taux est élevé moins les taux de transferts sont sensibles, donc que la hausse des taux initiaux combinés à la hausse de la volatilité actions ont des effets qui se compensent. Néanmoins, les variations restent significatives et les niveaux extrêmes des taux de transfert couvrent un domaine assez vaste pour notre étude, c'est-à-dire pour une volatilité très basse et des taux très haut, nous avons 93,8% de transfert et pour une volatilité très haute et des taux très bas nous avons 186,1%. De plus les tendances des évolutions des taux de transfert sont linéaires et les mêmes pour les deux SCR de taux, ce qui facilitera la mise en place future d'une méthodologie pour estimer les taux de transfert adéquates.

A noter que la combinaison entre les facteurs taux et spread bien que non négligeables donnent de moins bon résultats, les sensibilités sont moins élevées, sur un domaine plus restreint, les tables d'abaqués se trouvent en Annexe 6. Nous avons donc préféré choisir la combinaison des facteurs volatilité implicite et taux.

### Justification du domaine de sensibilité

Nous avons avec ces tables d'abaqués croisées, réduit le domaine possible pour les résultats des taux de transfert.

Nous allons voir quel est l'impact de cette réduction et si elle est justifiée. Nous montrons ici l'exemple pour le SCR actions, il est le plus impacté par cette réduction de domaine, les autres SCR sont moins ou pas impactés par cette réduction.

Dans le graphique ci-dessous nous avons les résultats de toutes les sensibilités en fonction des spreads implicites. A noter que nous avons plus de points à gauche du graphique, avec des spreads "centraux" car nous avons fait des combinaisons de facteurs deux par deux, de ce fait nous avons plus de résultats avec des spreads centraux. Les deux droites représentent la limite du nouveau domaine (délimité par les tables d'abaqués croisées considérées), les résultats des estimations se situeront donc entre ces deux droites.

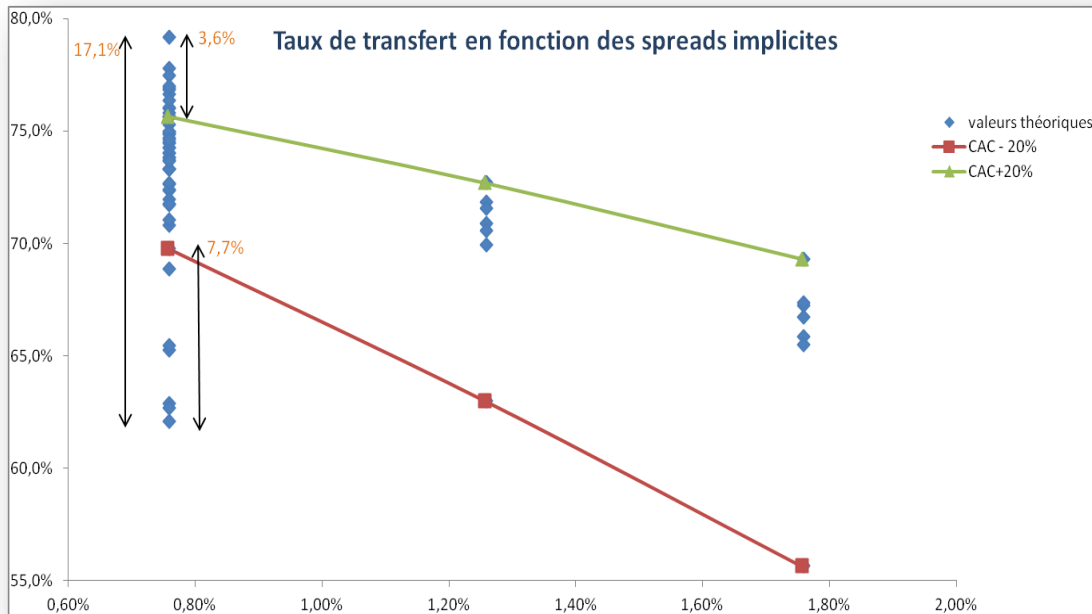


Figure 31 : graphique des taux de transfert en fonction des spreads implicites

Notre constatons que notre réduction couvre tout le domaine pour les spreads non centraux. Ce qui nous intéresse ici est plus du coté gauche du graphique. L'amplitude totale est de 17,1% ce qui n'est pas négligeable au vu de l'importance de ce SCR (1/4 du total des modules du SCR de marché sans diversification). Cependant nous constatons que les résultats extrêmes par rapport à notre domaine réduit, par valeur supérieure (+3,6%) et par valeur inférieure (-7,7%) sont moins importants.

Par exemple en reprenant le montant du SCR brut de la partie sur l'impact des taux de transfert (III.A.2.), qui est de 1739 pour le SCR actions, et en prenant le plus grand écart absolu possible entre les sensibilités effectuées et le domaine retenu, qui est de 7,7%, nous avons un écart en montant de  $1739 * 7,7\% = 134$ . Si nous rapportons cet écart à la somme de tous les modules de cette même partie III.A.2., cela nous donne une proportion d'environ 2% du total, ce qui est négligeable. Nous pouvons donc utiliser ces nouveaux domaines de sensibilités sans perte d'information significative.

## Conclusion

Les stress combinés confirment les tendances des stress simples, et nous ont permis de départager les facteurs avec une influence similaire pour les SCR de taux et de spreads. Malgré quelques compensations et arbitrages, en effet certaines combinaisons omises sont significatives mais nous avons choisi les plus explicatives. Cela est sans grand impact sur l'aspect global. Nous allons donc pour la suite de l'étude, garder cette segmentation.

Pour ce qui est des SCR moins significatifs que sont les actions autres et immobilier, nous avons procédé à un arbitrage. Le SCR actions autres suit globalement la tendance du SCR actions, donc nous utiliserons les mêmes facteurs de risques. Pour ce qui est du SCR immobilier, étant donné sa faible ampleur et pour plus de simplicité nous avons décidé de le placer dans l'un ou l'autre des deux groupes constitués. En analysant ses taux de transfert, une tendance se dégage pour les facteurs CAC et spread.

Au global nous avons donc deux groupes distincts de SCR, le premier groupe celui des hausse et baisse de taux sont conditionnés par les facteurs volatilité implicite et taux. Le second groupe avec les SCR actions, actions autres, immobilier et spread, sont conditionnés par les facteurs spreads et niveau de CAC. Les autres facteurs restant figés à leur valeur du dernier calcul complet.

Nous avons choisi de nous limiter à 2 facteurs explicatifs, en utilisant les facteurs provoquant le plus de volatilité pour nos taux de transfert. Ce choix est assez simplificateur mais semble raisonnable au vu de la complexité engendré avec l'utilisation de facteurs supplémentaires, de plus les choix effectués couvrent l'amplitude de variation de ces taux.

A priori il n'était pas évident d'arriver à une telle classification, en effet quantifier l'impact de facteurs exogènes sur les interactions actif-passif est complexe, l'étude des taux de transfert sur ces différents facteurs nous a donc permis d'arriver à des conclusions empiriques intéressantes. Ci-dessous le tableau récapitulatif des choix effectués.

	Facteurs de risques			
	CAC	Volatilité	Taux	Spreads
SCR Hausse taux				
SCR Baisse de taux				
SCR Actions				
SCR Actions autres				
SCR immobilier				
SCR Spreads				



	Facteurs sélectionnés pour les tables d'abaques
	Facteurs constant par rapport au dernier calcul complet

Figure 32 : classification facteurs de risques / stress combinés

Nous avons donc présenté les résultats de nos stress tests et après analyse nous avons réalisé une première étape du processus d'estimation des taux de transfert, en limitant le nombre de tables d'abaques. Il s'agit maintenant de continuer ce processus en proposant une méthodologie plus fine d'estimation de ces taux à partir des tables d'abaques sélectionnées. Mais avant cela nous allons regarder quel est l'impact de la CCP et si il est nécessaire de la garder.

## Impact de la CCP

La CCP est un point épineux du SCR de marché, du fait d'un certain flou entourant cette composante, c'est aussi un sujet d'actualité dans les discussions pour la mise en place de Solvabilité II. Elle a une importance cruciale car son application change la courbe des taux et par conséquent change la valorisation des actifs ainsi que des passifs.

Nous avons à l'aide de quelques stress tests évalué l'impact global que cette CCP peut avoir sur le SCR de marché global. Les facteurs stressés sont donnés en variations par rapport au scénario central. Pour information les valeurs des facteurs de risques en « central » sont :

CAC	3641
TAUX	1,51%
VOL	21,42%
SPREAD	0,76%

Figure 33 : données facteurs de risques "central"

Le but de cette étude est de vérifier si une application de la CCP fait diminuer le montant du SCR de marché. Dans un premier temps nous avons pour chacun de nos stress tests calculé la somme de tous les chocs du SCR de marché (actions, actions autres, taux, spread, immobilier, CCP) d'abord

avec une CCP appliquée puis sans. Le but étant de voir l'impact de la CCP sur tous les chocs indépendamment les uns des autres.

Ensuite dans un second temps nous avons agrégé ces précédents chocs pour obtenir le SCR de marché et vérifier si le cas où la CCP est appliquée permettait de réduire le montant du SCR par diversification (en effet, le choc de CCP se diversifie bien avec les autres chocs étant donné que les coefficients de corrélations sont nuls).

Les résultats pour quelques stress tests significatifs sont présentés dans le tableau ci-dessous.

### Impact ccp

	module SCR CCP	somme de tous les modules du SCR de marché sans CCP appliquée	somme de tous les modules du SCR de marché avec CCP appliquée	écart avec/sans CCP	SCR de marché sans CCP	SCR de marché avec CCP	écart avec/sans CCP	impact CCP
SPREAD +50bp	317	1865	2005	140	1589	1490	-99	-6,23%
SPREAD +100bp	742	2178	2588	410	1856	1767	-89	-4,80%
SPREAD +150bp	1274	2523	3385	862	2149	2232	83	3,86%
TAUX -50 bp & SPREAD +150 bp	1517	3005	3813	808	2535	2484	-51	-2,01%
VOL -6% & SPREAD +100 bp	647	2017	2302	285	1730	1585	-145	-8,38%
CAC+20% & SPREAD +50 bp	293	2054	2154	100	1762	1644	-118	-6,70%

Figure 34 : Tableau d'analyse de l'impact de la CCP

Nous avons réalisé des stress tests avec dans l'intitulé des lignes le ou les paramètres ayant varié.

Nous constatons que pour tous les stress tests réalisés, l'ajout de la CCP augmente la somme totale, de tous les modules du SCR de marché, mais cependant cette augmentation est inférieure à la valeur du choc de CCP, ce qui veut dire que l'application de la CCP induit une baisse des autres chocs. En effet l'application d'une CCP à la courbe des taux engendre une baisse de la valeur de marché des actifs concernés par ce choc, et une meilleure rémunération, nous aurons donc un choc plus faible.

Les colonnes "SCR de marché avec/sans CCP" représentent le SCR de marché agrégé, prenant donc en compte les effets de diversification, nous constatons ici qu'avec une CCP dans 5 de nos cas sur 6 le SCR de marché est inférieur hormis pour le cas où nous avons un spread augmentant de 150 bps. Ce cas est un cas extrême et nous indique que la CCP appliquée ici (104 bps) n'est pas adaptée, il montre également que cette mesure n'a pas forcément l'effet escompté.

Nous pouvons voir par exemple que pour un spread très élevé (+150 bp) si le taux est très bas (-50 bp) l'application de la CCP diminue le capital de 51 alors que si le taux est plus haut (central) l'application de la CCP augmente le capital de 83.

La dernière colonne représente l'impact en termes de proportions que représente la CCP sur le SCR de marché.

$$Impact\ CCP = \frac{SCR_{avec\ CCP} - SCR_{sans\ CCP}}{SCR_{sans\ CCP}}$$

Nous constatons que l'impact est faible sans être négligeable et qu'il peut varier du simple au quadruple (-2% pour une baisse de taux et hausse de spread et jusqu'à -8.4% pour une baisse de la volatilité et une hausse de spread). Au global nous pouvons conclure que selon la sensibilité des facteurs de risques la CCP n'aura pas le même impact et peut même avoir un impact négatif pour l'entreprise avec un SCR de marché plus élevé, c'est pourquoi elle est au cœur des discussions actuelles sur l'adaptation de sa mise en place ou sur l'application d'autres effets permettant la satisfaction des acteurs du marché.

Nous avons décidé de prendre en compte la CCP dans nos stress tests, car cette mesure était d'actualité au moment du début de l'étude. Elle était nulle à fin 2012.

## E. Méthodologie d'estimation du taux de transfert

La première étape d'estimation des taux de transfert a été effectuée précédemment, en limitant le nombre de tables d'abaques, la seconde est de déterminer la méthodologie nécessaire à l'évaluation des taux de transfert avec les abaques restantes.

Nous avons décidé d'utiliser une méthode simple de mise en place, nous avons choisi de faire une double interpolation linéaire dans ces tables d'abaques, une première avec le premier facteur puis une seconde avec le second facteur. Pour cela nous avons fait l'hypothèse de considérer que les fonctions de transfert étaient linéaires par morceaux. Au vu des graphiques précédents cela semble une hypothèse valide, validité que nous vérifierons dans une partie *backtesting*, dans la suite de ce mémoire.

Une autre méthode possible aurait été de faire une régression linéaire sur les points des différentes fonctions taux de transfert. Etant donné le nombre de points présents et la tendance des fonctions taux de transfert, une interpolation semble plus précise et n'est pas plus couteuse à mettre en place.

La formule d'interpolation utilisée est la suivante :

$$y = y_d + (x - x_d) \cdot \frac{y_u - y_d}{x_u - x_d}$$

Avec  $x$  la valeur de notre variable sélectionnée et  $y$  la valeur du taux de transfert approximée.  
 $x_d$  et  $x_u$  les variables inférieure et supérieure respectivement des tables d'abaques encadrant  $x$ ,  
et  $y_d$ ,  $y_u$  leurs taux de transfert respectifs.

Pour illustrer cette méthodologie nous allons l'appliquer sur l'exemple ci-dessous sur le SCR hausse de taux.

Nous avons trois tables d'abaques reflétant des sensibilités croisées entre deux facteurs de variations. Nous avons les taux de transferts selon les chocs en lignes et les différentes volatilités actions en colonnes. Chaque table utilise un taux 10 ans swap différent.

	Volatilité actions	15%	20%	21%	25%	30%	35%
taux 10 ans=2,51%	Choc S2 Hausse des taux	93,8%	95,2%	95,4%	96,1%	96,9%	97,4%
taux 10 ans=1,51%	Choc S2 Hausse des taux	100,4%	102,7%	103,2%	104,5%	106,0%	107,4%
taux 10 ans=1,01%	Choc S2 Hausse des taux	107,0%	109,7%	110,3%	112,0%	114,0%	115,7%

Figure 35 : Exemple tables d'abaques

Dans cet exemple le but est de trouver le taux de transfert approximé du SCR hausse de taux , avec comme volatilité actions 28% et comme taux swap 10 ans 1,2%.

Il s'agit tout d'abord de se placer de manière adéquate dans ces tables. Pour cet exemple nous faisons une première interpolation linéaire avec le facteur de variation volatilité actions, entre les colonnes 25% - 30 % des tables « taux 10 ans = 1,51% » et « taux 10 ans = 1,01% ».

Nous obtenons pour la première table 105,4% et 113,2% pour la seconde.

Ensuite nous réalisons une seconde interpolation linéaire avec le second facteur de variation, les taux swap et les valeurs résultantes de la première interpolation.

Nous obtenons finalement un taux de transfert final approximé de 110,2% pour le choc hausse de taux.

Nous pouvons voir ci-dessous graphiquement les taux de transfert en fonction de la volatilité et selon un certain niveau de taux, pour notre exemple.

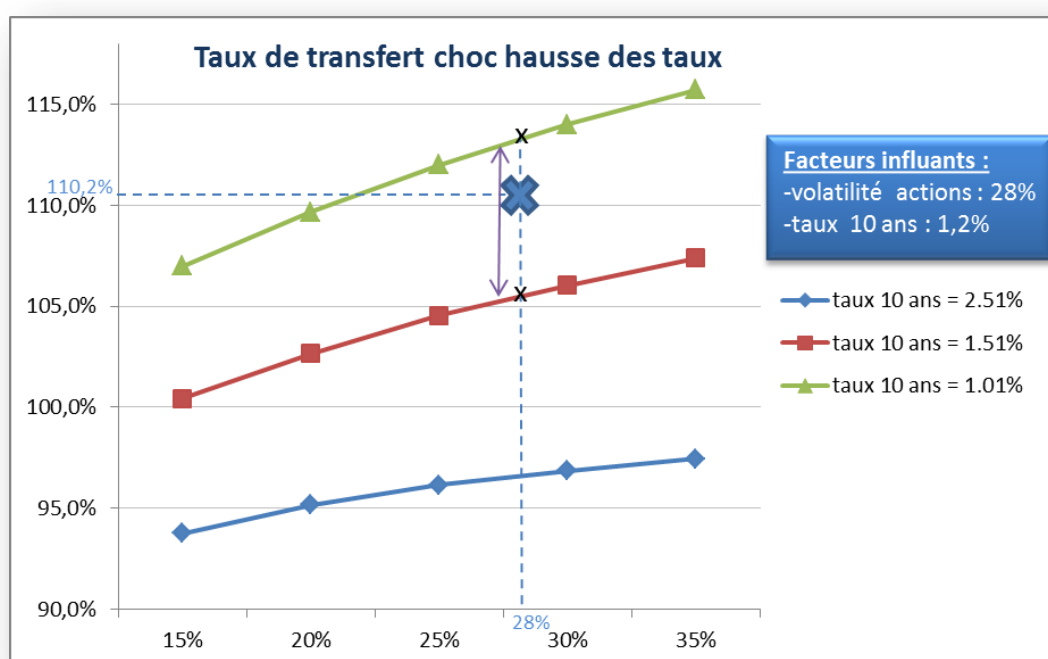


Figure 36 : Graphique détermination taux de transfert

Lors d'une estimation il conviendra de faire la même chose pour tous les chocs Solvabilité II en utilisant les tables d'abaques adéquates.

### Cas particulier

Dans le cas où la valeur du facteur de risque n'est pas extrême, ce jugement est fait à dire d'expert, mais sortant du domaine de sensibilité testé, comme par exemple un niveau de spreads plus faibles, le principe de la méthode reste le même. Sauf qu'il s'agira de faire une extrapolation linéaire, par exemple, si la valeur du facteur de risque est inférieure à la plus petite valeur de notre domaine d'étude. Nous utiliserons alors la même « pente » que lors de l'interpolation entre les deux premiers points, que nous appliquerons à la distance entre la valeur dudit facteur et la plus petite valeur de notre domaine de définition. Ce cas particulier est susceptible de se produire si les domaines de sensibilités ont été mal définis au début d'année.

Il y a deux cas :

- le premier est lors d'une hausse soudaine mais éphémère d'un facteur explicatif, il sort alors du domaine, cela n'étant pas prévisible au début de l'année.
- Le second cas est plus susceptible de se produire en fin d'année, comme par exemple une hausse lente mais constante d'un facteur tout au long de l'année et qui à un moment donné dépasse le domaine.

Dans cette partie nous avons estimé par des tables d'abaques, les éléments nécessaires au calcul du SCR de marché net, le module le plus important et le plus volatil pour notre société. Nous avons effectué cela avec une méthode simple et fine aussi bien dans la théorie que dans la pratique.

Cependant, cette méthode reste approximative, le SCR de marché est influencé par seulement deux facteurs à la fois, si les facteurs les moins explicatifs varient de manière significative, l'estimation peut être biaisée.

De plus, d'autres éléments du SCR global et du ratio de solvabilité sont influencés par ces facteurs de risques de marché, nous allons dans la partie suivante traiter de ces éléments et les estimer au mieux selon les conditions de marché.

## IV. Estimation du ratio S2 de couverture

Nous allons dans cette partie nous intéresser à l'agrégation du ratio S2. Dans un premier temps, dans le SCR global, d'autres éléments que le SCR de marché sont à prendre en compte et il est important d'en voir les points clés lors d'une évaluation infra-annuelle. Ensuite dans un second temps, nous allons détailler les capitaux propres économiques et évaluer les éléments sensibles, à savoir, la marge pour risque, les marges futures et les impôts différés.

### A. SCR global

Nous allons dans cette sous-partie traiter des autres modules du SCR global, à savoir les SCR de souscription vie, opérationnel.

#### 1. SCR souscription vie

Ce module qui est le deuxième module de SCR nous impactant après le SCR de marché, possède des éléments que l'on peut estimer et d'autres que l'on peut laisser constants.

##### *a. Eléments figés*

Concernant ce risque de souscription, un certain nombre d'éléments ont été laissés constants c'est-à-dire avec les valeurs des derniers calculs complets. Pour deux raisons, soit l'impossibilité de trouver une approximation valable, soit du fait que cet élément est négligeable ou ne varie pas durant l'exercice. Ces éléments sont les suivant :

- SCR de mortalité (hausse de 15% du taux de mortalité)
- SCR de longévité (hausse de 20% de longévité ou une baisse de 20% de mortalité)
- SCR catastrophe (augmentation de 1,5‰ du taux de décès la 1ère année)

Les données concernant les tables de mortalité n'ont pas vocation à être actualisées plusieurs fois par an et l'on peut raisonnablement supposer que les changements en termes de taux de mortalité sont négligeables au cours de l'année. Nous allons donc laisser constants ces éléments lors de notre étude.

- SCR frais

Il s'agit d'augmenter de 10% les frais futurs sur l'anticipation du BE et 1% le taux d'inflation des frais. Le ratio des frais d'administration et de règlement de sinistres par rapport à l'encours total est très faible (< 1%), nous ne tiendrons pas compte des variations de cette composante dans notre étude par souci de simplicité.

##### *b. Eléments estimés*

Ce sous module ne dépend pas directement des conditions de marché mais en est fortement influencé.

Le SCR de rachat du fonds général est le principal module du SCR de souscription nous impactant.

La variation des taux de rachats et de résiliation implique une hausse des provisions techniques. Le choc est appliqué aux rachats historiques (totaux et partiels) uniquement et pas aux rachats conjoncturels dans le cadre de cette étude, car on considère ici que les rachats conjoncturels sont déjà pris en compte implicitement lors du choc.

## Rappel méthode de calcul du SCR de rachat

- SCR de hausse des rachats ( $SCR_{up}$ )

Augmentation permanente du taux de rachat de 50% (limité à un plafond absolu de 100%).

- SCR de baisse des rachats ( $SCR_{down}$ )

Diminution permanente du taux de rachat de 50%, (limité à une baisse de 20%).

- SCR de rachat massif ( $SCR_{mass}$ )

Prise en compte du taux de rachat massif de 40%.

Le calcul du choc de rachat est comme suit :

$$SCR_{rachat} = \max(SCR_{up}; SCR_{down}; SCR_{mass})$$

Ce calcul du SCR de rachat serait dans l'idéal appliqué à chaque police pour coller au plus près de la réalité, d'un point de vue pratique cela est difficilement envisageable, c'est pourquoi des simplifications sont admises, en regroupant les contrats similaires. Nous calculons donc chacun des trois SCR de rachat pour chaque gamme de produits puis ensuite nous sélectionnons le maximum des trois chocs pour chaque gamme, le SCR de rachat étant la somme des maxima par gamme.

Dans le but d'analyser les sensibilités de ce SCR de rachat, nous avons effectué les mêmes stress tests que pour les taux de transfert.

## Stress simples

Dans ces tableaux un coefficient multiplicateur a été appliqué aux montants du SCR de rachat.

CAC	-30%	-20%	-10%	central	+10%	+20%	+30%	amplitude
SCR rachat	126	135	145	161	187	214	244	94,2%

Volatilité actions	15%	20%	25%	30%	35%	amplitude
SCR rachat	150	156	176	198	218	45,9%

Taux swap 10 ans	-50 bp	central	+ 50 bp	+ 100 bp	+ 150 bp	amplitude
SCR rachat	229	161	118	129	193	93,0%

Spread implicites	central	+ 50 bp	+ 100 bp	+ 150 bp	amplitude
SCR rachat	161	107	106	152	52,2%

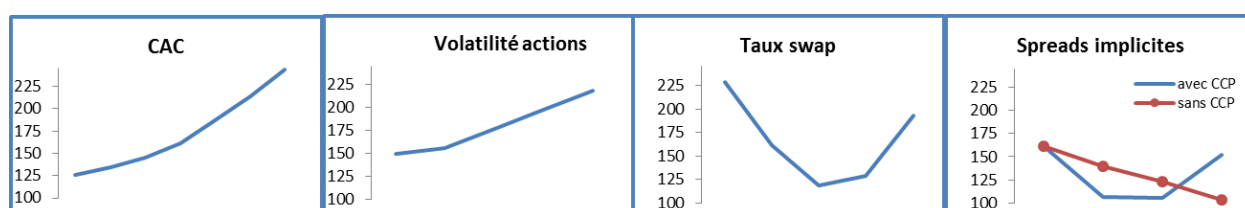


Figure 37 : tables abaqués simple et graphiques SCR rachat

Nous constatons globalement que le SCR de rachat est sensible aux conditions de marché, ce qui était intuitif au départ, la cause principale est la variation des PM due aux variations de rémunérations des assurés selon les différentes évolutions des facteurs de risques.

Le SCR de rachat augmente avec une hausse de CAC : le BE sera plus élevé et il en résultera donc un montant de SCR de rachats plus important.

Le SCR de rachat augmente avec la volatilité actions, ce n'était pas un résultat intuitif à priori, les différentes gammes avec leurs caractéristiques se compensent, mais son importance est moindre comparativement aux taux ou au CAC.

Concernant les taux cela est moins évident à analyser, selon le niveau de taux cela donnera une fonction SCR de rachat non linéaire :

Il y a une compensation des 3 sous SCR de rachats selon le niveau de taux et ce dans chaque gamme de produits possédant ses propres caractéristiques. Pour une gamme de produits en particulier, par exemple des contrats avec des TMG élevés, lors de taux très bas, c'est le SCR de baisse de rachat qui l'emporte, pour un montant X, car le rachat serait préférable pour l'assureur. Mais lors de taux plus haut de 150 bps, c'est le SCR de rachats massifs qui l'emporte mais avec un montant Y inférieur à X, le rachat poserait problème à l'assureur. Ensuite pour une autre gamme de produits, sans TMG par exemple, lors de taux très bas, c'est le SCR hausse rachats qui l'emporte pour un montant V, et lors de taux plus haut de 150 bps, c'est toujours le SCR hausse des taux qui l'emporte mais pour un montant W supérieur à V. De ce fait X+V et Y+W se compensent pour donner un SCR de rachat final sensiblement équivalent. D'où le fait d'avoir une fonction SCR de rachat en forme de parabole. Nous pouvons noter ici que pour un certain niveau de taux swap 10 ans, entre 2.01% et 2.51%, le montant de SCR de rachat est minimum.

Concernant les spreads, sans CCP nous avons une décroissance du SCR de rachat selon le niveau de spreads implicites initial. Un spread initial plus élevé entraîne des PM moins élevées sur l'horizon de projection donc un SCR de rachat moindre.

Ensuite avec une CCP nous avons sensiblement la même tendance que pour le facteur taux, et donc les mêmes explications. Une observation intéressante est de constater qu'à partir d'un certain niveau de spreads, la CCP ne permet plus d'atténuer le SCR de rachat, comparativement à si l'on n'utilisait pas de CCP, donc son utilité et/ou ajustement n'est pas adéquate dans certains cas de conditions défavorables.

Cette méthodologie de calcul du SCR de rachat en utilisant le maximum par gamme, est contraignante et difficile à analyser avec les compensations entre chaque gamme. Une méthodologie plus simple pourrait être mise en place en utilisant par exemple simplement le maximum de chaque sous SCR de rachat, sans faire la distinction entre gammes. Nous avons testé cette méthodologie pour voir si cette simplification était envisageable, cependant le fait de ne pas prendre le maximum par gammes sous-estime trop le montant du SCR de rachat. Si nous prenons le cas central de nos sensibilités comme illustration nous avons :

Méthode simplifiée :

$$SCR_{up} = 40$$

$$SCR_{down} = -41$$

$$SCR_{mass} = -394$$

$$SCR_{rachat} = \max(40; -41; -394) = 40$$

Méthode des maxima par gammes :

$$SCR_{up} = 89$$

$$SCR_{down} = 72$$

$$SCR_{mass} = 0$$

$$SCR_{rachat} = 89 + 72 + 0 = 161$$

Nous avons ici un SCR quatre fois inférieur avec la méthode simplifiée, nous avons donc préféré garder la méthode des maxima par gammes.

Après ces premières sensibilités, le niveau de CAC et de taux semblent être les plus importants facteurs explicatifs avec un SCR de rachat qui a quasiment doublé dans notre intervalle d'étude. De même que pour les taux de transfert nous allons analyser les sensibilités croisées deux par deux entre ces facteurs et évaluer si les choix des facteurs après les stress simples restent valables.

## Stress combinés

	Niveau de CAC	-30%	-20%	-10%	central	+10%	+20%	+30%	amplitude
taux +100 bp	SCR rachat	190	133	128	129	138	165	198	54,8%
taux central	SCR rachat	126	135	145	161	187	214	244	94,2%
taux -50 bp	SCR rachat	188	198	209	229	250	277	304	61,7%

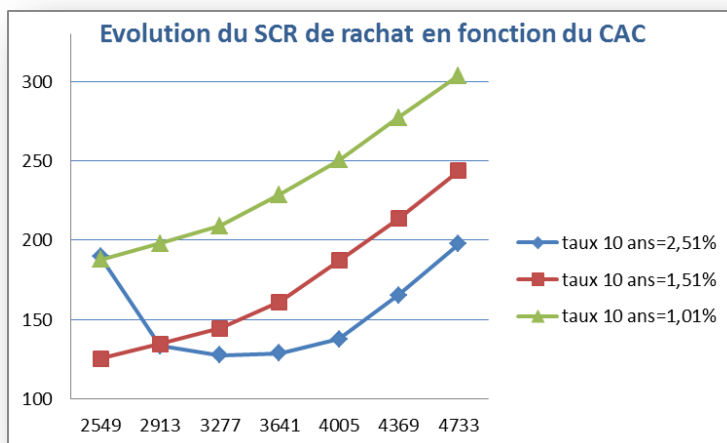


Figure 38 : tables abaques combinées et graphique SCR de rachat

Nous constatons que le SCR de rachat a une tendance différente selon le niveau de taux, pour des taux élevés il forme une parabole alors que pour des taux plus faible il a plutôt une tendance monotone, ceci étant dû aux effets croisés des deux facteurs de risques.

Cette combinaison de facteurs de risques capte bien l'amplitude de variation du SCR de rachat et permet de prendre en compte des effets non monotones, en faisant l'hypothèse que la distance entre chaque point des courbes est linéaire, au vu du nombre d'observations que nous avons, et de la tendance des courbes nous pouvons supposer que cette approximation est fiable.

Les autres combinaisons peuvent aussi être légitimes, mais un arbitrage pour choisir les facteurs qui en rythme de croisière seraient les plus à même d'estimer le SCR de rachat ont été choisis.

Ensuite la même méthodologie que pour le taux de transfert a été appliquée aux trois tables d'abaques ci-dessus pour évaluer un SCR de rachat infra-annuel. Nous ferons un backtesting dans la dernière partie.

## 2. SCR opérationnel

Le risque opérationnel est le risque de pertes dues aux erreurs internes provenant du personnel, des systèmes, mais aussi d'éléments extérieurs. Il inclut les risques juridiques mais pas les risques de réputation ou les risques résultant de mauvaises décisions stratégiques.

Le module Risque opérationnel tient ainsi compte des risques opérationnels non explicitement couverts dans d'autres modules de risque.

Le SCR du Risque opérationnel est calculé comme suit :

$$SCR_{opé} = \text{Min}(30\% \cdot BSCR ; CAP_{non-uc}) + 25\% \cdot GEST_{uc}$$

Avec :

$CAP_{non-uc}$  , chargement en capital du risque opérationnel lié aux activités autres que celles des unités de compte.

$CAP_{non-uc} = \text{Max}(\text{taux\_primes} ; \text{taux\_provisions})$

$\text{taux\_primes} = 4\%$  des primes Vie hors UC + 3% des primes Non vie

$\text{taux\_provisions} = 4,5\%$  des provisions Vie hors UC + 3% des provisions Non vie

$GEST_{uc} =$  Montant des frais de gestion annuels relatifs à l'activité en unités de compte.

Ce besoin en capital est forfaitaire et ne dépend que des provisions et des primes que l'on ne ré-estime pas à un rythme régulier, et qui n'ont pas forcément tendance à varier dans des proportions significatives durant l'année. En effet historiquement, ce SCR est quasiment stable dans le temps, nous reprendrons donc le montant de ce SCR avec la valeur du calcul complet de début d'année.

## B. Capitaux propres économiques

Outre le SCR, la deuxième partie du ratio de solvabilité qui est tout aussi importante, les capitaux propres économiques, ont des éléments pouvant être mis à jour et étant dépendants des conditions de marchés de manière plus ou moins directe.

Le tableau ci-dessous présente de manière simplifiée le passage des capitaux propres Solvabilité I aux capitaux propres Solvabilité II.

Composition des Capitaux Propres
Capitaux propres Solvabilité 1
(+) PVL sur l'actif
(+) Réserve de capitalisation
(+) Retraitements sur divers provisions
(+) Marges épargne € et UC
(+) Gain autres branches
(-) Marge pour risque
(-) Impôts différés
Capitaux propres Solvabilité 2

Eléments réestimés en calculs infra-annuel

Figure 39 : décomposition capitaux propres Solvabilité II

Les plus-values latentes éventuelles sur l'actif sont celles sur le portefeuille de fonds propres et seront directement récupérées lors du calcul du SCR de marché infra-annuel, elles ne nécessitent pas de calculs particuliers simplement d'avoir une base d'actifs brut à jour.

L'ajustement pour impôts différés se fait mécaniquement avec la variation des autres composantes. En ce qui concerne les autres éléments nous allons les traiter dans la suite de cette partie.

## 1. Marge pour risque

La marge pour risque est la partie qui s'ajoute au BE pour former les provisions techniques. Théoriquement le calcul de la marge pour risques nécessiterait de calculer tous les SCR sur la durée de projection. Il paraît peu réaliste et trop compliqué à réaliser, c'est pourquoi l'EIOPA propose différentes méthodes, elles sont classées selon le niveau de simplification et sont au nombre de 5.

Lors de notre calcul infra-annuel nous allons utiliser la simplification numéro 3 proposées par l'EIOPA, c'est celle que l'on utilise pour les calculs officiels, en gardant le moins de composantes constantes. Cette méthode consiste à calculer les SCR futurs proportionnellement à l'écoulement du BE.

Nous allons résumer cette méthode en quelques étapes :

- Calculer les BE futurs en actualisant les flux du BE pour chaque année jusqu'à la dernière année de projection, ici 30 ans avec les prix des zéro-coupon *forward*.

$$BE_i = \sum_{k=1}^{30} Flux_k \cdot PZC_{i,k}$$

Avec

- i l'année de projection de 1 à 30

-  $Flux_k$  le flux du BE pour l'année k.

-  $PZC_{i,k}$  le coefficient d'actualisation mi-année avec les prix zéro coupon forward l'année i et dans k ans (Cf. Annexe 7 pour méthode de calcul).

- Approximer les futurs SCR proportionnellement à l'écoulement des flux de BE calculés précédemment. A noter que le SCR de marché est exclu du SCR mentionné ici.

$$SCR_i = BE_i \cdot \frac{SCR_0}{BE_0}$$

- Calculer le coût du capital pour chaque année en utilisant le coefficient de coût du capital forfaitaire et la courbe des taux swap.

$$COC_i = \frac{\alpha \cdot SCR_i}{(1 + r_i)^i}$$

Avec

- $\alpha = 6\%$ , le coefficient de coût du capital
- $r_i$  le taux swap de maturité  $i$

Nous avons finalement que la marge pour risque est :  $COCM = \sum_{i=1}^{30} COC_i$

Pour conclure sur cette approximation les points que l'on met à jour sont le SCR, étant donné que le SCR de marché n'est pas pris en compte dans le calcul de la marge pour risque, il n'y a que le SCR de souscription, donc le SCR de rachat qui est mis à jour, ainsi que la nouvelle courbe des taux swap.

Concernant l'hypothèse principale de cette approximation, nous avons admis que les flux non actualisés du BE restaient figés au dernier calcul complet, étant donné que c'est l'écoulement du BE qui nous intéresse et non son montant cette approximation est plausible. Nous verrons dans la *backtesting* de la partie finale, la validité de cette méthode.

## 2. Marges futures

Les marges futures ou VIF (*Value of in-force*) correspondent à l'ensemble des polices d'assurance pour lesquelles les primes sont déjà reçues. C'est donc le portefeuille des polices en cours. Aucune affaire nouvellement acquise n'est prise en compte.

La VIF représente la valeur actuelle du portefeuille en prenant en compte son évolution sur l'horizon de projection.

### Analyse des dépendances aux facteurs de risques

Ces marges futures sont très sensibles aux conditions de marché. Dans le graphique ci-dessous nous avons représenté les évolutions de ces marges en fonction des différents facteurs de risques. Les montants ont été multipliés par un coefficient pour des raisons de confidentialité mais les tendances restent les mêmes et cela n'affecte pas notre étude.

Niveau de CAC	-30%	-20%	-10%	central	+10%	+20%	+30%	amplitude
Marges Futures	662	809	944	1074	1199	1314	1422	114,9%

Volatilité actions	15%	20%	25%	30%	35%	amplitude
Marges Futures	1200	1105	990	862	727	-39,5%

Taux swap 10 ans	-50 bp	central	+ 50 bp	+ 100 bp	+ 150 bp	amplitude
Marges Futures	900	1 074	1 168	1 202	1 200	33,3%

Spread implicites	central	+ 50 bp	+ 100 bp	+ 150 bp	amplitude
Marges Futures	1074	803	502	166	-84,5%

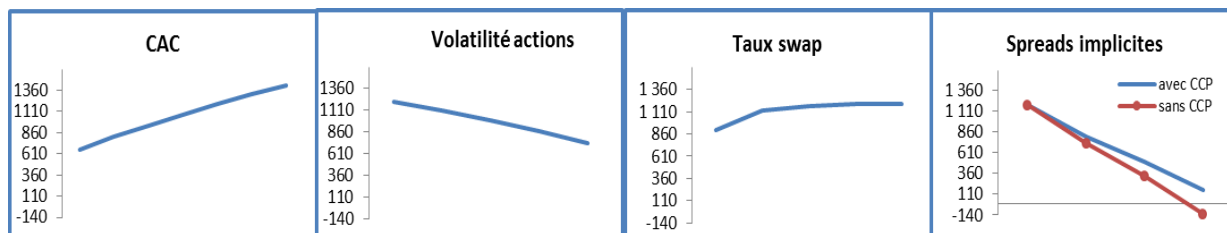


Figure 40 : tableaux et graphiques taux de transfert marges futures

Les amplitudes de variations sont importantes d'autant plus que les montants ici sont plus élevés que pour les SCR, et il n'y a pas d'effet diversification pour atténuer les écarts. Le montant se répercute directement sur le ratio de solvabilité. Il se répercute doublement, d'une part sur le numérateur du ratio et d'autre part sur le SCR net en modifiant la limite d'impôts différés.

Les explications des tendances de variations sont les mêmes que celles expliquées dans la partie III.D.2.a. sur l'analyse générale de l'évolution des taux de transfert. Leurs évolutions sont liées aux taux de transfert, moins on peut transférer de risques aux assurés, plus on devra puiser dans les fonds propres pour rémunérer les assurés et les marges futures diminueront.

Pour ce qui est du CAC nous voyons que les marges  $\gamma$  sont très sensibles et que plus le CAC est élevé plus les marges futures seront hautes. Avec une amplitude de 760 entre les deux bornes de notre intervalle. Avec un CAC élevé, nous n'avons pas besoin de puiser dans les fonds propres pour rémunérer les assurés et la compagnie réalise des bénéfices financiers, donc les marges augmentent.

Ensuite pour la volatilité, nous avons une baisse des marges lorsque celle-ci est croissante. De même que pour les taux de transfert, une volatilité élevée induit une instabilité et des marges moindres. L'amplitude est moins élevée, 473 mais n'est pas négligeable.

Pour les taux, les marges sont croissantes quand les taux augmentent, l'amplitude est la plus faible 300 et les marges stagnent à partir d'un certain seuil, car contrairement aux autres facteurs les taux bas comme les taux hauts peuvent poser problème pour un assureur vie et diminuer la rentabilité de l'assureur.

Concernant les spreads, les résultats se dégradent quand les spreads augmentent, nous constatons que l'application de la CCP permet de limiter la baisse de marges futures et permet de ne pas avoir de marges négatives ce qui serait très critique dans le cas contraire. Parmi les quatre facteurs de risque l'amplitude est la plus grande ici elle est de 908. Des spreads qui augmentent sont signes de mauvaise santé des entreprises et donc cela se répercute directement sur le résultat de l'assureur.

## Estimation

Nous avons donc les facteurs CAC et spread implicites qui sont les facteurs les plus influents sur le domaine étudié. De la même manière que pour les taux de transfert nous ne retiendrons donc que les deux plus gros facteurs de risques. Nous allons créer une table d'abaques à partir de ceux-ci et les estimer.

Evolution des spreads (avec CCP)		central	+50 bp	+100 bp	Ecart absolu	Ecart relatif
CAC + 20%	Marges futures	1255	1026	759	-496	-39,5%
CAC "central"	Marges futures	1025	767	480	-546	-53,2%
CAC - 20%	Marges futures	772	492	167	-605	-78,3%

Figure 41 : table abaquas taux de transfert marges futures/ stress combinés

Nous constatons que plus le CAC est bas plus l'écart de marges est important. Les effets des deux facteurs se cumulent.

Sur le même principe que pour les taux de transfert nous allons appliquer une double interpolation linéaire et estimer un montant de marges futures.

### Justification du domaine pour les tables d'abaques

L'amplitude de variation selon les facteurs de risques est très grande et les marges futures sont les éléments les plus volatils de notre étude. Notre table d'abaques ne couvre pas tous les possibles, et couvre un domaine plus restreint que les autres éléments, comme les taux de transfert ou le SCR de rachat, les observations hors du domaine de notre table d'abaques combinées ne sont pas négligeables. Notre méthodologie consiste à choisir seulement deux facteurs de risques, certaines observations non prises en compte peuvent donc poser problème en étant hors du domaine. Nous allons les caractériser ici, et voir si notre table d'abaques peut être valide.

Le graphique ci-dessous représente l'évolution des marges en fonction du niveau de spreads implicites initial, avec les points de nos différentes observations.

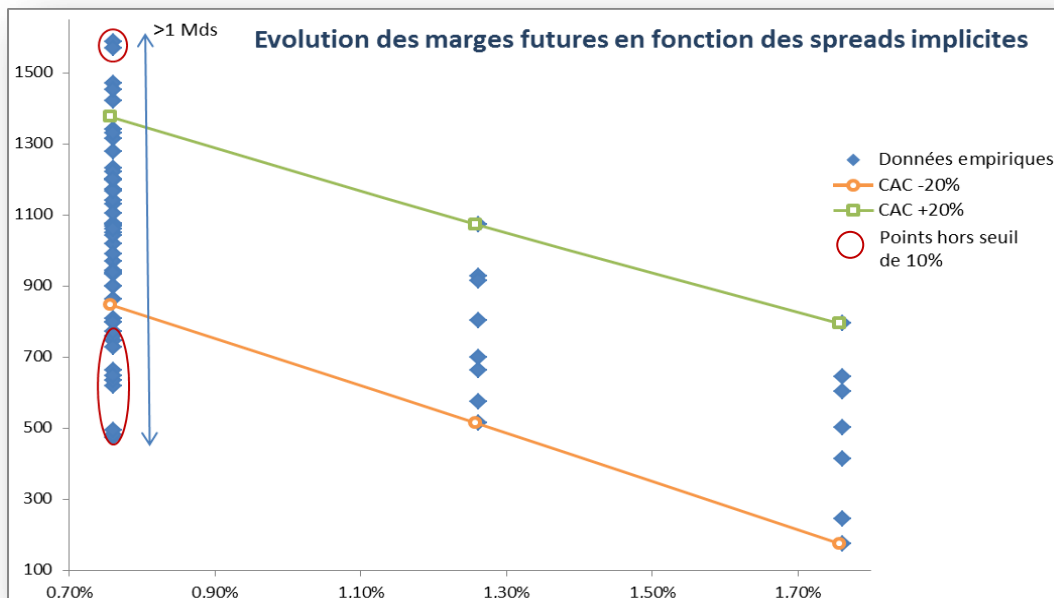


Figure 42 : graphique du domaine de validité des table d'abaques marges futures

Pour rappel, nous avons plus de points avec des spreads en niveau « central », donc à gauche du graphique, car nous avons fait varier les facteurs par deux seulement, et nous avons toutes les

observations affichées ici. Si nous avons fait d'autres stress tests avec des spreads initiaux plus élevés nous aurions de plus grandes amplitudes pour les autres niveaux de spreads

Les deux droites représentent les variations du CAC entre -20% et +20%, elles constituent les « bornes » de notre table d'abaques en ordonnée. Pour ce qui est des spreads implicites en abscisse nous pourrions toujours extrapoler si nécessaire.

Les points entourés représentent les observations en dehors d'un certain seuil de tolérance par rapport à nos droites servant de bornes.

Au vu du proxy effectué et de la volatilité de ces marges, il faut s'attendre à des erreurs d'approximations plus élevées que pour les autres éléments estimés. Pour rappel, le plus grand écart concernant les taux de transfert était de 7,7% pour le SCR actions.

Le seuil de tolérance sera donc plus laxiste ici, et nous avons choisi un niveau de 10%, au-delà nous n'acceptons plus les erreurs car les écarts sont trop importants et impacteront trop le résultat.

Les points hors seuil ont été observés pour les combinaisons de facteurs dans les cas suivants, ils sont colorés en bleu :

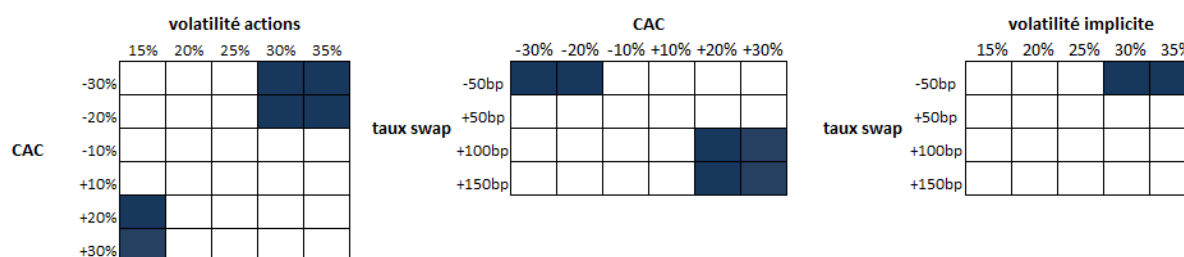


Figure 43 : combinaisons de facteurs hors seuil

Ces points sont ceux qui ne seront pas captés par notre *proxy*, étant donné qu'ils sont assez extrêmes, et que nous voulons réduire l'amplitude du domaine de sensibilité, pour créer la table d'abaques, en effet plus elle sera sur un domaine restreint et maîtrisable plus elle sera précise. C'est pourquoi nous avons choisi un seuil de 10%. Nous pouvons donc conclure que cette table est correcte sous réserve du backtesting de la dernière partie.

### Limites

Il est possible de constater que pour un spread "central" lors de nos sensibilités l'amplitude de variation des marges se situe entre 474 (CAC et spreads respectivement au plus bas et au plus haut de l'intervalle considéré) et 1588 (CAC et Volatilité respectivement au plus haut et au plus bas de l'intervalle considéré) soit 1114 de différence ce qui est beaucoup au niveau de la société et il est plutôt logique que les effets du CAC et de la volatilité implicite actions combinés ensemble se cumulent. Lorsqu'on se restreint aux nouvelles bornes pour les tables d'abaques l'amplitude diminue à 505, mais reste très élevée.

Les points extrêmes sont issus de croisements entre deux facteurs qui cumulent leurs effets, si l'on avait croisé avec plus de facteurs les effets seraient encore plus importants. Ceci montre donc une limite certaine de notre étude, le fait d'être limité à deux facteurs explicatifs n'est pas assez en terme de réalisme.

### Autre méthode

Une autre méthode pourrait être envisagée ici, étant donné que tous les facteurs varient de manière significative, nous pourrions faire une régression polynomiale multiple, cependant il y a plusieurs inconvénients à utiliser cette méthode. Nous ne disposons pas d'un nombre de points suffisants pour estimer correctement le montant de marges futures, en effet avec quatre facteurs explicatifs, si nous

voulons utiliser un polynôme de degré 2 et prendre en compte les interactions entre facteurs, il faudrait plus d'une dizaine de variables explicatives. Nous disposons d'une cinquantaine de points ici, cela est trop peu et la régression sera trop dépendante des points influents et des points aberrants. De plus, nous aurons encore moins de points lors de l'utilisation opérationnelle pour remettre à jour le polynôme, que pour cette étude, ici nous avons faits plus de stress tests pour étudier l'impact de facteurs exogènes. Nous allons donc rester sur la méthode de *proxies* et garder une certaine homogénéité dans la méthode d'estimation.

Après avoir estimé les éléments affectés indirectement par les conditions de marché, nous allons maintenant construire un ratio de solvabilité à proprement parler, puis réaliser un backtesting du calcul.

## V. Application pratique et backtesting

Nous allons appliquer les méthodologies présentées tout au long du mémoire à la date du 30/06/2013 et comparer avec un calcul à l'aide du modèle Epargne pour attester de la validité et de la précision de notre outil.

### A. Evolution des conditions de marché

Les conditions de marché ont évolué durant les 6 premiers mois de l'année, cependant les variations restent faibles et ne vont pas pousser notre méthode dans ses retranchements. Ci-dessous un tableau récapitulatif de l'évolution entre le 31/12/2012 et le 30/06/2013.

	31/12/2012	30/06/2013	Variation absolue
<b>Marché actions</b>			
Niveau de CAC 40	3641	3739	98
Volatilité actions	21,4%	20,2%	-1,2%
Dampener actions	-0,5%	-0,9%	-0,4%
<b>Marché de taux</b>			
Niveau de taux swap 1 an	0,33%	0,44%	0,11%
Niveau de taux swap 10 ans	1,57%	2,02%	0,45%
Ajustement pour risque de crédit (en bps)	10	10	0
Spread implicite moyen	0,76%	0,32%	-0,44%

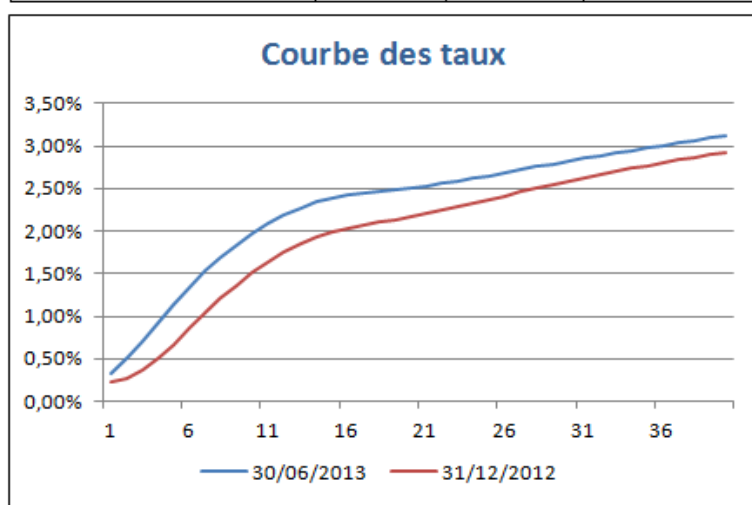


Figure 44 : évolution des conditions de marché

Concernant la partie marché des actions, les variations sont très faibles. Les marchés actions ont pris 2,7% en 6 mois, l'ajustement du choc action diminue légèrement. La volatilité action diminue faiblement.

Concernant la partie marché de taux, les variations sont donc plus importantes sans être extrêmes. Les taux swap ont légèrement augmenté durant la période. L'ajustement pour risque de crédit qui est un indicateur de la santé du secteur bancaire reste stable à 10 bps. Les spreads implicites du portefeuille ont baissé et constituent la variation majeure ici.

## B. Construction du ratio infra-annuel au 30/06/2013 et *backtesting*

Il s'agit ici de collecter chaque composante du SCR selon qu'elle est recalculée, estimée ou laissée constante, puis de les agréger en appliquant la formule standard. Ensuite découle le calcul du ratio de solvabilité. Nous allons comparer composante par composante en expliquant la raison des écarts potentiels entre le calcul avec notre outil que l'on nommera « Proxies » et le calcul partiel à l'aide d'un modèle ALM que l'on notera « Run ».

### 1. Calcul partiel

Pour des raisons opérationnelles, le backtesting ne sera pas tout à fait parfait dans le sens où il aurait fallu le réaliser par rapport à un calcul similaire au calcul officiel et complet de début d'année, certains éléments ne seront pas remis à jour lors de ce calcul partiel par manque de données et de temps. Cependant nous considérons que ce calcul partiel constitue une bonne estimation du calcul complet dans le sens où il nous permettra tout de même de vérifier de la validité des éléments estimés sans modèle. Nous avons appliqué la méthodologie décrite ci-dessous.

Le calcul en soi est le même mais certains éléments de fin 2012 ont été conservés.

- Base passif : Nous avons repris la base de fin 2012. D'une part car une mise à jour complète avec des retraitements et la réalisation de model points n'est pas forcément envisageable en pratique, pour une question de temps, et d'autre part car nous avons considéré que durant l'année les éléments de cette base étaient peu susceptibles de varier de manière significative. L'élément le plus enclin à varier est la production, avec de nouveaux contrats, mais la base de passif est difficilement modifiable pour répercuter cette variation. Il peut aussi y avoir les sinistres mais dans une moindre mesure.
- Base actif : Pour des raisons pratiques nous avons utilisé la base d'actifs de fin 2012 modifiée en appliquant les conditions de marchés au 30/06/2013 puis en la recalibrant des nouveaux spreads.  
Pour vérifier la cohérence entre nos deux bases nous avons comparé deux indicateurs pour valider son utilisation.

	Base brut ligne à ligne 30/06/2013	Base agrégée modifiée 31/12/2012	Ecart
Valeur de marché	57 440	55 782	-2,97%
ratio*	7,58%	8,26%	0,69%

Figure 45 : cohérence base d'actif modifiée

$$*\text{ratio} = \frac{+/-\text{values latentes}}{\text{prix de revient}}$$

Nous avons dans le tableau ci-dessus la base d'actif modifiée inférieure de 2,97% par rapport à la base mise à jour. Ceci est notamment du aux nouveaux investissements. Au regard de la société dans sa globalité cette différence est faible.

En ce qui concerne le ratio, l'écart est en absolu, il est plutôt faible et la base modifiée capte bien les variations de marché au global. Nous allons donc utiliser cette base modifiée pour le calcul stochastique.

Cette validation est donc partielle dans le sens où tout ne sera pas validé dans sa globalité mais les éléments estimés eux seront bien recalculés et comparés pour attester de leurs validités.

## 2. Comparaison

Nous avons comparé les résultats entre notre calcul partiel et les proxies effectués. Dans le tableau de comparaisons nous avons exprimé les variations des résultats de la méthode de proxies par rapport au calcul partiel sans donner les montants, d'une part car ceux-ci peuvent s'avérer confidentiels, et d'autre part car ce ne sont pas les montants en eux-mêmes qui nous intéressent ici mais l'écart dû aux simplifications engendrées par nos estimations. Nous présentons les résultats, composante par composante pour arriver au ratio final à la fin de la comparaison.

Nous commençons par l'élément principal le SCR de marché :

Au niveau du **SCR de marché**, l'écart est faible (+1,8%), mais le *proxy* surestime légèrement le montant, il y a deux causes à cette variation, d'une part les variations de valeur de marché qui sont différentes et d'autre part les taux de transfert.

		Proxies	Run	Variations
Δ VM	SCR hausse des taux	2146	1837	+16,8%
	SCR baisse des taux	-2245	-1865	+20,4%
	SCR actions	1723	1767	-2,5%
	SCR autres actions	563	449	+25,5%
	SCR immobilier	448	289	+54,9%
	SCR spread	1809	1693	+6,8%

Figure 46 : comparaison run/proxies

- Concernant les variations de **valeur de marché**, les variations par SCR sont en relatif, nous avons deux causes quant à cette variation :
  - Le recalibrage de cette base induit un biais, les variations de conditions de marché ne sont pas appliquées pour chaque ligne selon son évolution sur la base modifiée à fin 2012 mais de manière uniforme pour chaque ligne alors que la base pour le proxy est à jour du 30/06/2013.
  - Ensuite au 30/06, il y a des évolutions sur la base en elle-même, comme par exemple des nouveaux investissements, des caractéristiques (maturité, spread) différentes et n'impactant que certains actifs.

Nous constatons que les écarts les plus forts sont pour les SCR actions autres (+25,5%) et immobiliers (+54,9%), ces différences sont notamment dues à des nouveaux investissements lors du premier semestre, mais les montants de ces deux chocs sont négligeables comparativement aux autres. Pour ce qui est de chocs SCR actions (-2,5%) et spread (+6,8%), les écarts sont assez faibles. L'écart principal provient des chocs de taux hausse (+16,8%) et baisse (+20,4%), la modification de la base titre pour le calcul partiel donne pour ces chocs une approximation non négligeable, du fait d'une modification uniforme pour chaque ligne d'actifs.

		Proxies	Run	Variations
Taux de transfert	SCR hausse des taux	98,9%	99,2%	-0,3%
	SCR baisse des taux	113,9%	114,1%	-0,1%
	SCR actions	77,1%	75,9%	+1,2%
	SCR autres actions	80,8%	79,2%	+1,5%
	SCR immobilier	76,8%	76,6%	+0,3%
	SCR spread	69,2%	70,5%	-1,3%

- Ensuite, il y a aussi un écart des **taux de transfert**, estimés avec notre méthodologie, l'écart est en absolu et est plutôt faible au global. Concernant ces taux, nous constatons que les écarts ne dépassent pas 1,5% en absolu pour chaque choc S2, ce qui reste négligeable et atteste d'une bonne estimation de ces taux de transfert dans ce cas présent.

L'écart global du **SCR de marché** est faible (+1,8%) car d'une part sont ajoutés au fonds général les autres portefeuilles et d'autre part l'effet de diversification atténue ces écarts. Le SCR de marché du portefeuille du fonds général étudié représente environ 85% du SCR de marché total donc nous pouvons considérer qu'il est représentatif de la société.

Ensuite, pour le **SCR de souscription** nous avons :

SCR Souscription	-1,8%
SCR rachat	-12,0%

L'écart est faible (-1,8%), ceci est dû à la sous-estimation du SCR de rachat (-12%) par notre méthodologie, cet écart est atténué dans la masse totale en comprenant les autres portefeuilles de la société. Nous pouvons considérer que cette approximation est valide au regard de cet écart négligeable.

Ici, la proportion du fonds général dans le total du SCR de souscription est plus faible (environ 30%) mais est le plus à même de varier en fonction de la conjoncture.

Pour le **SCR global** net d'impôts différés, nous avons un faible écart (+0,6%), cet écart est le cumul des écarts des différents modules mais est atténué par l'effet de diversification.

Ensuite pour la deuxième partie du ratio les capitaux propres économiques nous avons :

Capitaux propres économiques	-2,3%
Marge pour risques	-4,2%
Marges futures	-8,5%

Pour les **marges futures**, l'écart est non négligeable (-8,5%), la volatilité de ces marges, s'avère aussi importante que suggéré précédemment. C'est la composante avec le plus grand écart.

Pour la **marge pour risque** nous avons un écart assez faible (-4,2%), cela provient de la sous-estimation du SCR de rachat (Cf. SCR de souscription), par notre méthode de proxies ainsi que du fait que nous ayons figé les flux de BE au 31/12 pour le calcul de la marge pour risques infra-annuelle.

Pour les **capitaux propres économiques** nets d'impôts différés, l'écart se compense entre les différents éléments et est atténué par les éléments restés figés au calcul complet de début d'année.

Et enfin au niveau du **ratio Solvabilité II** nous avons un écart absolu de -9,5%, cet écart est en absolu et rend compte de l'accumulation des écarts du SCR et des capitaux propres Solvabilité II, ces derniers étant la cause d'un tel écart.

Cet exercice de backtesting nous a permis de tester la précision des éléments estimés par notre méthodologie, dans le cas présent nous pouvons conclure que les estimations sont assez bonnes avec peu d'erreurs de précisions, sur le SCR global mais avec plus d'écarts pour les capitaux propres, notamment les marges futures. Tout en gardant à l'esprit que la vérification n'est que partielle d'une part et que d'autre part les variations des conditions de marché ne nous ont pas placé dans un cas poussant notre méthodologie dans ses limites.

### 3. Limites de la méthode et préconisations

Le backtesting effectué permet de tirer certaines conclusions positives, mais notre méthode possède des limites, que nous allons préciser dans cette sous-partie.

Cette méthode d'approximation du SCR puis du ratio de solvabilité possède certaines limites. Nous pouvons les classer en deux catégories, les limites dues aux facteurs exogènes et les limites internes dues à notre outil.

#### Contraintes exogènes

- Les conditions de marché sont un élément exogène pouvant mettre en exergue les limites de notre outil, en effet si nous avons un ou plusieurs facteurs de risque variant de manière extrême, et sortant ainsi de notre domaine de sensibilité, les estimations n'auront que très peu de crédit, ou si plus de deux facteurs varient de manière significative, là aussi les limites de l'outil apparaissent.
- Ensuite, concernant les marges futures, élément majeur des capitaux propres économiques, cette partie étant difficilement estimable, du fait qu'elle soit fortement sensible à tous les facteurs de risques, l'estimation peut rapidement se trouver hors du seuil de tolérance. Ces marges ont un impact direct sur les capitaux propres économiques et de fait sur l'ajustement pour impôts différés. La volatilité de cet élément est une limite à prendre en compte.
- Une autre contrainte exogène pourrait être d'ordre politique, avec par exemple un changement de la fiscalité de l'assurance vie. Si celle-ci devenait moins avantageuse, cela pourrait induire un rachat massif de la part des assurés ne trouvant plus assez avantageux ce placement. Notre méthode de proxies n'est pas en mesure de prendre en compte une telle modification des rachats conjoncturels, et ne répond pas à cette problématique. Si un tel risque fiscal se présentait, une étude spécifique serait effectuée pour analyser le comportement des assurés, et en déduire un taux de rachats massifs anticipé à prendre en compte dans les projections futures. Ces rachats massifs seraient ensuite pris en compte dans un run du modèle, similaire au calcul partiel cité plus haut, réalisé au 30/06.

#### Contraintes internes

- Pour ce qui concerne la mise en place, il faut définir quand et comment actualiser les tables d'abaques. D'une année sur l'autre selon l'évolution du passif et de l'actif, elles peuvent

devenir obsolètes. Il faudra alors refaire des sensibilités, pour déterminer les tables d'abaques à utiliser, tout en faisant moins de scénarios de stress tests que lors de notre étude. En effet, étant donné qu'ici nous avons réalisé une étude spécifique sur le comportement des taux de transfert, et que nous avons capté les tendances, il ne sera pas nécessaire d'avoir des intervalles de sensibilité aussi fins pour une utilité purement opérationnelle. Il faudra aussi redéfinir le domaine de sensibilités selon les conditions de marché. Cela est conditionné par des contraintes opérationnelles de temps de calcul pour les tables d'abaques et de disponibilités des données concernant la base d'actif brute.

- Pour attester de la validité de ces proxies, nous avons fait une vérification par rapport à un run partiel, elle n'atteste donc pas complètement de la validité de notre méthodologie, cela constitue donc une limite actuelle de notre estimation. En effet nous n'avons pu tester que les éléments modélisés, sans vérifier que ceux laissés constants avaient effectivement peu tendance à varier. Cette limite pourra être repoussée lors d'une comparaison en fin d'année avec un calcul complet. De plus la modification de la base d'actif, si elle répercute dans l'ensemble bien les évolutions des conditions de marché données, à un niveau plus précis ce n'est pas le forcément le cas selon les caractéristiques de chaque type d'actif, les nouveaux investissements, etc., et cela engendre des écarts.

### Améliorations possibles

Cette étude étant à caractère opérationnel, des améliorations peuvent être apportées avec plus de temps. Par exemple en utilisant une partie prospective pour se projeter dans 1 an, et de ce fait pouvoir ajuster les données liées au scénario commercial ou à la stratégie financière, et ce avec les différentes données ALM.

Une suite possible serait la généralisation aux autres sociétés du groupe et d'analyser les différences de cette étude sur le type de société (Mutuelle, SA, société étrangère).

# Conclusion

Nous avons d'abord dans une première partie détaillé tout le processus de mise en place du calcul de SCR et présenté la méthode de proxies que nous utilisons pour l'estimer de manière infra-annuelle.

Puis notre étude nous a permis de calculer le SCR de marché brut sur les actifs financiers, module le plus significatif de notre portefeuille et d'analyser les causes de sa volatilité.

Par la suite, le cœur de l'étude, consistait au calcul des sensibilités des taux de transfert du risque aux assurés, ceux-ci permettant le passage du SCR de marché brut au SCR de marché net. Ces sensibilités ont été calculées en fonction des principaux facteurs de risques liés aux marchés financiers nous impactant que sont les taux, les actions, la volatilité implicite des actions et les spreads implicites. Ces sensibilités nous ont permis de quantifier l'évolution des taux de transferts et de repérer selon les types de choc S2 quels facteurs étaient les plus influents.

Ensuite, à l'aide de ces résultats et de tables d'abaques, nous avons pu développer une méthodologie pour estimer ces taux de transfert et de ce fait ne plus avoir besoin d'un modèle épargne pour les calculs infra-annuels de SCR.

Pour terminer nous avons réestimé certains éléments des capitaux propres économiques que sont les marges futures et la marge pour risque, pour ensuite estimer un ratio de solvabilité infra-annuel.

Du fait de la taille de la société et de ces caractéristiques nous n'avons pas réestimé toutes les composantes, seulement les plus significatives. Les variations dues à notre méthodologie sont atténuées dans la masse totale et lors des agrégations des différents modules de SCR. Cependant en zoomant sur les différentes parties, nous obtenons des résultats satisfaisants concernant l'estimation du SCR global, et le SCR de marché qui peut être recalculé intégralement est un bon indicateur de l'évolution globale du capital requis pour la société. Concernant les fonds propres il est moins évident d'avoir une estimation précise des marges futures, la tolérance est plus laxiste mais la tendance globale de variations est captée, et donne des indications au management.

Cette étude permet de satisfaire une des exigences de l'ORSA, et pourra par la suite être utilisée pour créer des indicateurs de risques en fonction du contexte financier. Cela pourra servir pour avertir lorsqu'un calcul complet s'avère nécessaire, en cas de forte variation d'un ou plusieurs facteurs de risque par exemple.

# Bibliographie

CFO Forum, CRO Forum (2010) : *QIS 5 Technical Specification Risk-free interest rates*

EIOPA : -*Draft Implementing Measures Solvency II, (2011)*

-*Technical Specification on the Long Term Guarantee Assessment, (2013)*

-*Determination of the risk free interest rate term structure for Solvency II*

GERBER G. (2010) : *Allocation d'actifs sous Solvabilité II : cas de l'assurance vie épargne*, mémoire d'actuariat.

HAGUET E. (2012) : *Calibrage d'un modèle de taux gaussien à 2 facteurs*. Rapport de stage.

INSTITUT DES ACTUAIRES, Groupe de travail ORSA (2013) : *Construction du plan stratégique et déclinaison au niveau de la gouvernance, des méthodes actuarielles et du reporting*.

JEAN-LOUIS C. (2010) : *Construction d'un bilan Solvabilité II d'une compagnie d'assurance vie*, mémoire d'actuariat.

LUU F. (2011) : *Etude sur la projection du capital requis sous Solvabilité II*, mémoire d'actuariat.

OPTIMIND (2011), les dossiers techniques : *épargne individuelle: contexte et perspectives face aux évolutions du marché et de l'environnement réglementaire*.

SUNGARD (2005) : *Indicateurs de risque sur instruments de taux*, Documentation CALACT, Global Portfolio 3.

VALADE P. (2010): *Point d'avancement du groupe de travail de l'Institut des Actuaire sur l'ORSA*.

# Table des figures

Figure 1 : Comparaison des performances des contrats UC et euros .....	9
Figure 2: Décomposition du taux servi.....	11
Figure 3 : Bilan économique simplifié .....	16
Figure 4 : La VaR à 99.5% pour une distribution de fonction de perte. ....	17
Figure 5 : Cartographie des risques selon la directive Solvabilité II. ....	20
Figure 6 : Application d'un choc élémentaire sur le bilan économique.....	21
Figure 7 : Profil de risque et ORSA .....	25
Figure 8 : Schématisation du processus ORSA et de son adaptation à la culture du risque. ....	27
Figure 9 : comparaison courbes de taux. ....	34
Figure 10 : Tableau des chocs SCR de marché .....	37
Figure 11: Evolution des chocs de spread en fonction de la sensibilité.....	40
Figure 12 : Décomposition du SCR de marché brut .....	44
Figure 13 : explication graphique du taux de transfert.....	47
Figure 14 : taux de transfert 2012 par SCR .....	47
Figure 15 : Tableau d'analyse de l'impact du taux de transfert sur le SCR .....	49
Figure 16 : Schématisation du modèle Epargne.....	51
Figure 17 : spread par ratings de la société .....	57
Figure 18 : Tableau d'analyse des historiques pour les indices financiers.....	58
Figure 19 : schéma de la modification de la base d'actif .....	61
Figure 20 : taux de transfert en fonction du CAC.....	63
Figure 21 : taux de transfert en fonction des taux swap 10 ans .....	64
Figure 22 : taux de transfert en fonction des spreads implicites .....	64
Figure 23 : taux de transfert en fonction de la volatilité implicite actions .....	65
Figure 24 : graphique taux de transfert SCR actions .....	66
Figure 25: : graphique taux de transfert SCR spread.....	66
Figure 26 : : graphique taux de transfert SCR taux.....	66
Figure 27 : classification facteurs de risques/stress simples.....	67
Figure 28 : matrice de corrélation facteurs de risques .....	68
Figure 29 : table abaques et graphiques SCR actions & spread .....	69
Figure 30 : Figure 29 : table abaques et graphiques SCR taux .....	70
Figure 31 : graphique des taux de transfert en fonction des spreads implicites .....	71
Figure 32 : classification facteurs de risques / stress combinés .....	72
Figure 33 : données facteurs de risques "central" .....	72
Figure 34 : Tableau d'analyse de l'impact de la CCP .....	73
Figure 35 : Exemple tables d'abaques .....	74
Figure 36 : Graphique détermination taux de transfert.....	75
Figure 37 : tables abaques simple et graphiques SCR rachat.....	78
Figure 38 : tables abaques combinées et graphique SCR de rachat .....	80
Figure 39 : décomposition capitaux propres Solvabilité II .....	82
Figure 40 : tableaux et graphiques taux de transfert marges futures .....	84
Figure 41 : table abaques taux de transfert marges futures/ stress combinés .....	85
Figure 42 : graphique du domaine de validité des table d'abaques marges futures .....	85
Figure 43 : combinaisons de facteurs hors seuil .....	86
Figure 44 : évolution des conditions de marché .....	88
Figure 45 : cohérence base d'actif modifiée .....	89
Figure 46 : comparaison run/proxies .....	90

# Table des annexes

Annexe 1 : Matrice de corrélation Solvabilité II formule standard .....	98
Annexe 2 : Extrapolation courbe des taux méthode Smith-Wilson .....	99
Annexe 3 : Coefficients chocs SCR de marché.....	101
Annexe 4 : Prestations simulées dans le modèle épargne .....	102
Annexe 5 : Modèles financiers simulés dans le modèle épargne .....	104
Annexe 6 : Tables d'abaques pour étude de sensibilité.....	106
Annexe 7 : Méthodologie de calcul des taux forward pour le calcul de la marge pour risque.....	107

## Annexe 1 : Matrice de corrélation Solvabilité II formule standard

### Matrices de corrélation

#### Entre familles de risques

	Marché	Contrepartie	Vie	Santé	Non vie
SCR de marché	100%	25%	25%	25%	25%
SCR de défaut	25%	100%	25%	25%	50%
SCR de souscription vie	25%	25%	100%	25%	0%
SCR de souscription santé	25%	25%	25%	100%	0%
SCR de souscription non vie	25%	50%	0%	0%	100%

#### Au sein du risque de marché

	hausse taux	actions	immobilier	spread	change	concentration	CCP
hausse taux	100%	0%	0%	0%	25%	0%	0%
actions	0%	100%	75%	75%	25%	0%	0%
immobilier	0%	75%	100%	50%	25%	0%	0%
spread	0%	75%	50%	100%	25%	0%	0%
change	25%	25%	25%	25%	100%	0%	0%
concentration	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
prime d'illiquidité	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%

	baisse taux	actions	immobilier	spread	change	concentration	CCP
baisse taux	100%	50%	50%	50%	25%	0%	0%
actions	50%	100%	75%	75%	25%	0%	0%
immobilier	50%	75%	100%	50%	25%	0%	0%
spread	50%	75%	50%	100%	25%	0%	0%
change	25%	25%	25%	25%	100%	0%	0%
concentration	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
prime d'illiquidité	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%

#### Au sein du risque actions

	global	autres
global	100%	75%
autres	75%	100%

#### Au sein du risque de souscription vie

	Mortalité	Longévité	Incapacité	Rachats	Frais	Révision	CAT
Mortalité	100%	-25%	25%	0%	25%	0%	25%
Longévité	-25%	100%	0%	25%	25%	25%	0%
Incapacité / invalidité	25%	0%	100%	0%	50%	0%	25%
Rachats	0%	25%	0%	100%	50%	0%	25%
Frais	25%	25%	50%	50%	100%	50%	25%
Révision	0%	25%	0%	0%	50%	100%	0%
CAT	25%	0%	25%	25%	25%	0%	100%

## Annexe 2 : Extrapolation courbe des taux méthode Smith-Wilson

### Traitement des données

- Transformer les taux swap en taux zéro coupon
  - Déduire les taux forward
  - Retirer l'ajustement pour risque de credit (CRA)
  - Ajouter une CCP éventuelle.
- On obtient les taux zéro coupon retraité du risque de crédit.

### Extrapolation

Résolution d'un système de n équations à n inconnues

On tend vers un taux forward ultime de 4,20% (2,2% pour la croissance long terme et 2% pour l'inflation). Ce taux est fixé par l'EIOPA et est révisable.

La méthode Smith-Wilson décrite succinctement.

La fonction de *pricing* par Smith and Wilson est réduite au cas simple ci dessous ::

$$P(t) = e^{-UFR \cdot t} + \sum_{j=1}^N \zeta_j \cdot W(t, u_j), \quad t \geq 0 \quad (1)$$

Avec la fonction de Wilson symétrique  $W(t, u_j)$  définie comme suit:

$$W(t, u_j) = e^{-UFR \cdot (t+u_j)} \cdot \left\{ \alpha \cdot \min(t, u_j) - 0.5 \cdot e^{-\alpha \cdot \max(t, u_j)} \cdot (e^{\alpha \cdot \min(t, u_j)} - e^{-\alpha \cdot \min(t, u_j)}) \right\}$$

En notation vectorielle cela devient:

$$\mathbf{m} = \mathbf{p} = \boldsymbol{\mu} + \mathbf{W}\boldsymbol{\zeta}, \quad (2)$$

Avec :

$$\begin{aligned} \mathbf{m} &= (m_1, m_2, \dots, m_N)^T, \\ \mathbf{p} &= (P(u_1), P(u_2), \dots, P(u_N))^T, \\ \boldsymbol{\mu} &= (e^{-UFR \cdot u_1}, e^{-UFR \cdot u_2}, \dots, e^{-UFR \cdot u_N})^T, \\ \boldsymbol{\zeta} &= (\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_N)^T, \end{aligned}$$

$T$  la transposé et  $\mathbf{W} = (W(u_i, u_j))_{i=1,2,\dots,N; j=1,2,\dots,N}$  la matrice  $N \times N$  de fonctions de Wilson.

Avec (2) la solution  $\boldsymbol{\zeta} = (\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3, \dots, \zeta_N)^T$  est le produit de la matrice inversé  $\mathbf{W}$  et de la différence entre le vecteur  $\mathbf{p}$  et le vecteur  $\boldsymbol{\mu}$  (i.e. la différence entre le prix de marché du zéro coupon et son terme asymptotique) qui donne:

$$\boldsymbol{\zeta} = \mathbf{W}^{-1}(\mathbf{p} - \boldsymbol{\mu}) = \mathbf{W}^{-1}(\mathbf{m} - \boldsymbol{\mu}), \quad (3)$$

On peut introduire ces paramètres (i.e.  $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3, \dots, \zeta_N$ ) dans la fonction de pricing et avoir la valeur des zero coupons pour chaque maturité  $t$  qui n'était pas donnée à la base :

$$P(t) = e^{-UFR \cdot t} + \sum_{j=1}^N \zeta_j \cdot W(t, u_j), \quad t > 0 \quad (4)$$

De cette valeur il est direct de calculer le taux *spot* en utilisant la définition du prix de zero coupon

Les taux *spot* sont calculés ainsi :  $\tilde{R}_t = \frac{1}{t} \cdot \ln\left(\frac{1}{P(t)}\right)$  pour les taux d'intérêts composés continus

$R_t = \left(\frac{1}{P(t)}\right)^{\frac{1}{t}} - 1$  si ce sont des taux composés annuellement .

sont des taux composés annuellement .

### Annexe 3 : Coefficients chocs SCR de marché

Maturité	Coefficient de choc hausse	Coefficient de choc baisse
1	70%	-75%
2	70%	-65%
3	64%	-56%
4	59%	-50%
5	55%	-46%
6	52%	-42%
7	49%	-39%
8	47%	-36%
9	44%	-33%
10	42%	-31%
15	33%	-27%
20	26%	-29%
30	25%	-28%
40	24%	-26%
50	23%	-25%
60	23%	-24%
70	22%	-23%
80	21%	-21%
90	20%	-20%

Coefficients choc hausse de taux

#### Constante : b

Duration\Rating	AAA	AA	A	BBB	BB	B&-	NN	
	0	1	2	3	4	5	6	NR
D<5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5<D<10	4,50%	5,50%	7%	12,50%	22,50%	37,50%	37,50%	15,00%
10<D<15	7,15%	8,40%	10,50%	20,00%	35,05%	58,50%	58,50%	23,40%
15<D<20	9,65%	10,90%	13,00%	25,00%	44,05%	61,00%	61,00%	29,20%
20<D	12,15%	13,40%	15,50%	30,00%	46,55%	63,50%	63,50%	35,00%

#### Coefficient: a

Duration\Rating	0	1	2	3	4	5	6	NR
D<5	0,90%	1,10%	1,40%	2,50%	4,50%	7,50%	7,50%	3,00%
5<D<10	0,53%	0,58%	0,70%	1,50%	2,51%	4,20%	4,20%	1,68%
10<D<15	0,50%	0,50%	0,50%	1,00%	1,80%	0,50%	0,50%	1,16%
15<D<20	0,50%	0,50%	0,50%	1,00%	0,50%	0,50%	0,50%	1,16%
20<D	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%

coefficients pour les chocs de spread

## Annexe 4 : Prestations simulées dans le modèle épargne

- Loi de mortalité

Les probabilités de décès dans l'année sont déterminées à partir d'une table de mortalité d'expérience construite sur l'historique de la société. La probabilité de décès moyenne sur l'année  $n$  est donnée par la formule suivante :

$$P.DC = \sum_i f m_i^{n-1} P.DC_i(a_0)$$

Avec

$P.DC_i(a_0)$ , la probabilité de décès l'année  $n$  des assurés dans la tranche d'âge  $i$ .

$a_0$  âge moyen des assurés dans chaque tranche d'âge.

$f m_i^{n-1}$ , la proportion d'assurés dans la tranche d'âge  $i$  l'année  $n-1$ .

- Rachats structurels

Les rachats dits structurels suivent une loi paramétrée sur l'historique du portefeuille. Cette loi de survie théorique du contrat  $S(d)$  est un mélange de lois statistiques qui dépend de l'ancienneté du contrat  $d$ , de l'âge de l'assuré à la souscription.

La probabilité de rachats totaux structurels moyenne sur l'année  $n$  pour le « model point » d'ancienneté  $d$  est déduite de cette loi :

$$P.RTstruct = \sum_i f m_i^{n-1} (1 - P.DC_i(a_0)) P.RTstruct_i$$

Avec

$$P.RTstruct_{ij} = \left(1 - \frac{S(d)}{S(d-1)}\right),$$

$P.DC_i(a_0)$  est la probabilité de décès l'année  $n$  des assurés de la tranche d'âge  $i$ ,  
 $f m_i^{n-1}$  est la proportion d'assurés dans la tranche d'âge  $i$  l'année  $n-1$ ,

$P.RTstruct_i$  est la probabilité de rachat structurel pour un assuré appartenant à la tranche d'âge  $i$ ,  
 $S.exo$  est la fonction de survie pour les rachats structurels.

- Rachats conjoncturels

Les rachats conjoncturels correspondent aux rachats massifs qui peuvent arriver en cas de mécontentement des assurés par rapport au taux servi sur leur contrat par l'assureur. Ils peuvent se déclencher notamment en cas de forte hausse des taux.

Les rachats dits conjoncturels se déclenchent lorsque le taux servi au contrat est sensiblement inférieur à un niveau jugé correspondre au taux offert par la concurrence sur les contrats d'assurance vie ou autres types d'épargne. La probabilité de rachats totaux conjoncturels sur l'année  $n$  pour le « model point » d'ancienneté  $d$  est déduite de cette loi :

$$P.RTconj = \sum_i f m_i^{n-1} (1 - P.DC_i(a_0)) (1 - P.RTstruct_i) P.RTconj_i$$

Avec

$P.RTconj_i$  est la probabilité de rachats conjoncturels,

$P.DC_i(a0)$  est la probabilité de décès l'année  $n$  des assurés d'âge,  $fm_i^{n-1}$  est la proportion d'assurés dans la tranche d'âge  $i$  l'année  $n-1$ ,  $P.RTstruct_i$  est la probabilité de rachat structurel pour un assuré appartenant à la tranche d'âge  $i$ ,

La loi de rachat conjoncturel ne repose pas sur des observations historiques mais sur des hypothèses à dire d'expert, portant sur le taux attendu par les assurés, le seuil de déclenchement, la sensibilité des assurés à l'écart de rémunération.

- Rachats partiel

Le taux de rachats partiels,  $q$ , est entré dans la base « Passif » par « model point » et calibré en fonction des rachats partiels observés l'année précédente. La probabilité de rachats partiels sur l'année  $n$  est donnée par la formule suivante :

$$P.RPa = \sum_i fm_i^{n-1} (1 - P.DC_i(a0)) (1 - P.RTstruct_i) (1 - P.RTconj_i) q$$

A partir de ces probabilités de sorties de l'année  $n$ , il est possible de déduire la probabilité de survie entre  $n-1$  et  $n$  :

$$P.Survie = \sum_i fm_i^{n-1} P.Survie_i$$

Avec

$$P.Survie_i = (1 - P.DC_i(a0)) (1 - P.RTstruct_i) (1 - P.RTconj_i) (1 - q)$$

- Distribution de population

Les probabilités de chacune de ces lois sont déterminées, pour chaque « model point », par tranches d'âge des assurés. Or la base de passif ne contient pas d'information sur l'âge. Nous utilisons un fichier complémentaire où figurent les distributions de population d'assurés par tranche d'âge. La base de contrat est répartie en plusieurs classes de produits, sur chaque classe une distribution de population est calculée. Il est supposé que tous les « model points » ont la même répartition initiale dans une même classe.

Pour chaque distribution de population, on distingue des tranches d'âge. La base contient la proportion d'assurés dans la tranche d'âge  $i$  ainsi que l'âge moyen des assurés dans chaque sous-catégorie.

Les densités de population sont réactualisées régulièrement.

Grace aux probabilités calculées précédemment, la densité de population à la fin de l'année  $n$  est déduite de celle de  $n-1$ :

$$fm_i^n = \frac{fm_i^{n-1} P.Survie_i}{\sum_i fm_i^{n-1} P.Survie_i}$$

## Annexe 5 : Modèles financiers simulés dans le modèle épargne

### Modèle de taux : Hull & White à un facteur

Le prix à l'instant  $t$  d'un zéro coupon d'échéance  $T$  suit sous la probabilité risque neutre un processus d'Ito (propre au cadre général du modèle de Heath Jarrow Morton) du type :

$$\frac{dB(t, T)}{B(t, T)} = r(t)dt + \sigma(t, T)d\widehat{W}(t)$$

Où  $r(t)$  est le taux sans risque instantané.

Dans le modèle de Hull White à un facteur, la fonction de volatilité des taux forward instantanés vaut :

$$\gamma(t, T) = \sigma e^{-\lambda(T-t)}$$

La fonction de volatilité du taux zéro coupon de maturité  $T-t$  en  $t$  vaut :

$$\sigma(t, T) = \frac{\sigma}{\lambda}(1 - e^{-\lambda(T-t)})$$

On obtient avec la formule d'Ito l'expression suivante pour le prix d'un zéro coupon :

$$B(t, T) = B(0, T)e^{\int_0^t r_s ds + \int_0^t \sigma(s, T)dW_s - \int_0^t \sigma^2(s, T)ds}$$

Si  $T = t$

$$B(t, t) = 1 = B(0, t)e^{\int_0^t r_s ds + \int_0^t \sigma(s, t)dW_s - \int_0^t \sigma^2(s, t)ds}$$

Cela permet d'obtenir l'expression suivante (en divisant les deux expressions précédentes) :

$$B(t, T) = \frac{B_m(0, T)}{B_m(0, t)} e^{\int_0^t (\sigma(s, T) - \sigma(s, t))dW_s - \int_0^t (\sigma^2(s, T) - \sigma^2(s, t))ds}$$

Où les  $B_m(0, t)$  sont les prix des zéro coupon observés sur le marché (calculés à partir de la courbe des taux spot).

Nous posons pour un zéro coupon d'échéance  $T$  valorisé à la date  $t$  :

$$T1 = (1 - e^{-\lambda(T-t)}); T2 = (1 - e^{-2\lambda t}); T3 = (1 - e^{-\lambda t}); T4 = \int_0^t e^{-\lambda(t-s)}dW_s$$

Le prix d'un zéro coupon d'échéance  $T$  et de date de départ  $t$  vaut alors :

$$B(t, T) = \frac{B_m(0, T)}{B_m(0, t)} \exp \left[ \frac{\sigma}{\lambda} * T1 * T4 - \frac{\sigma^2}{4\lambda^3} * T1 * (T2 * T1 + 2 * T3^2) \right] \quad (1)$$

Pour plus de détail sur les aspects théoriques présentés ci-dessus voir bibliographie [1].

Nous avons ensuite utilisé la propriété suivante pour calculer l'intégrale stochastique :

$$\int_0^t f(s)dW_s \sim N(0, \int_0^t f^2(s)ds)$$

$$\int_0^t e^{-\lambda(t-s)} dW_s \sim \sqrt{\frac{1}{2\lambda}(1 - e^{-2\lambda t})} N(0,1)$$

En posant  $t = 0$ , nous retrouvons la conservation de la courbe spot.

### **Modèle actions et immobilier : Black & Scholes.**

Ce modèle admet l'hypothèse que le cours de l'action  $S$  suit un processus brownien géométrique donné par l'équation différentielle stochastique (EDS) :

$$dS_t = S_t \cdot (\mu \cdot dt + \sigma \cdot dW_t)$$

Avec

$W$  est un processus de Wiener (mouvement brownien standard)

$\mu, \sigma \in \mathbb{R}$  avec  $\sigma > 0$ .

Cette EDS possède une solution explicite de la forme:

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

Dans le cadre d'un calibrage risque-neutre, l'espérance de rendement doit être égale au taux court, sans tenir compte de prime de risque

## Annexe 6 : Tables d'abaques pour étude de sensibilité

### Variations en fonction du CAC

volatilité action = 15%

simulations	-30%	-20%	-10%	central	10%	20%	30%
SCR Hausse des taux	102,6%	101,6%	100,7%	100,4%	100,9%	101,5%	102,3%
SCR Baisse des taux	121,3%	119,3%	119,5%	121,1%	122,8%	124,2%	125,3%
SCR actions	62,7%	71,0%	72,4%	72,4%	72,7%	73,3%	74,0%
SCR autres actions	73,2%	76,2%	74,4%	75,0%	76,6%	78,9%	81,1%
SCR Immobilier	70,4%	75,5%	74,6%	74,3%	75,8%	78,0%	79,9%
SCR spread	60,0%	65,0%	66,1%	66,4%	67,5%	69,2%	71,3%

volatilité action = 30%

simulations	-30%	-20%	-10%	central	10%	20%	30%
SCR Hausse des taux	106,6%	106,2%	106,0%	106,0%	106,3%	106,6%	106,9%
SCR Baisse des taux	130,4%	130,4%	130,5%	131,1%	131,8%	132,8%	133,7%
SCR actions	65,2%	70,8%	73,8%	75,6%	76,9%	77,8%	79,2%
SCR autres actions	70,8%	75,2%	78,7%	81,2%	83,0%	84,4%	85,5%
SCR Immobilier	54,4%	60,3%	64,8%	68,0%	69,9%	71,4%	73,5%
SCR spread	51,0%	54,3%	57,3%	59,5%	61,7%	63,5%	65,2%

taux 10 ans = 1,01%

simulations	-30%	-20%	-10%	central	10%	20%	30%
SCR Hausse des taux	112,1%	111,0%	110,3%	110,3%	110,7%	111,3%	111,8%
SCR Baisse des taux	170,9%	170,1%	171,1%	173,3%	175,5%	177,5%	179,1%
SCR actions	62,1%	68,9%	71,9%	73,7%	75,0%	76,0%	77,5%
SCR autres actions	69,4%	74,5%	77,3%	79,8%	82,5%	84,4%	85,8%
SCR Immobilier	59,7%	66,6%	70,5%	72,7%	75,7%	77,9%	80,2%
SCR spread	52,1%	56,4%	59,5%	61,9%	64,2%	66,4%	68,8%

taux 10 ans = 2,51%

simulations	-30%	-20%	-10%	central	10%	20%	30%
SCR Hausse des taux	95,6%	95,5%	95,4%	95,4%	95,6%	95,9%	96,4%
SCR Baisse des taux	104,9%	103,9%	103,5%	103,7%	104,1%	104,8%	105,4%
SCR actions	65,4%	71,7%	73,8%	74,4%	74,9%	75,3%	76,0%
SCR autres actions	73,6%	77,3%	78,0%	78,2%	78,5%	79,4%	80,7%
SCR Immobilier	67,3%	72,5%	74,1%	74,1%	74,3%	75,2%	76,6%
SCR spread	59,0%	63,0%	65,2%	66,2%	67,1%	68,2%	69,6%

### Variations en fonction de la volatilité implicite actions

taux 10 ans = 1,01%

simulations	15%	20%	central	25%	30%	35%
SCR Hausse des taux	107,0%	109,7%	110,3%	112,0%	114,0%	115,7%
SCR Baisse des taux	166,2%	171,8%	173,3%	177,0%	181,8%	186,1%
SCR actions	71,7%	73,3%	73,7%	74,6%	75,8%	77,0%
SCR autres actions	76,6%	79,3%	79,8%	81,0%	82,2%	83,0%
SCR Immobilier	74,8%	73,2%	72,7%	70,7%	67,4%	63,2%
SCR spread	64,4%	62,5%	61,9%	60,2%	57,8%	55,5%

taux 10 ans = 2,51%

simulations	15%	20%	central	25%	30%	35%
SCR Hausse des taux	93,8%	95,2%	95,4%	96,1%	96,9%	97,4%
SCR Baisse des taux	100,8%	103,1%	103,7%	105,0%	106,7%	108,1%
SCR actions	73,3%	74,2%	74,4%	75,0%	75,6%	76,3%
SCR autres actions	74,8%	77,8%	78,2%	79,2%	80,1%	80,8%
SCR Immobilier	75,5%	74,7%	74,1%	72,4%	69,0%	64,8%
SCR spread	69,0%	66,9%	66,2%	64,3%	61,6%	59,1%

### Variation en fonction des spreads

volatilité action = 15%

simulations	central	50bp	100bp
SCR Hausse des taux	100,4%	99,9%	99,4%
SCR Baisse des taux	121,1%	113,5%	112,0%
SCR actions	72,4%	70,9%	66,7%
SCR autres actions	75,0%	75,9%	76,4%
SCR Immobilier	74,3%	74,1%	70,7%
SCR spread	66,4%	62,7%	56,9%

volatilité action = 30%

simulations	central	50bp	100bp
SCR Hausse des taux	106,0%	104,4%	103,2%
SCR Baisse des taux	131,1%	122,2%	118,1%
SCR actions	75,6%	71,5%	67,2%
SCR autres actions	81,2%	77,8%	75,3%
SCR Immobilier	68,0%	60,8%	53,4%
SCR spread	59,5%	53,0%	46,8%

taux 10 ans = 1,01%

simulations	central	50bp	100bp
SCR Hausse des taux	110,3%	107,4%	106,0%
SCR Baisse des taux	173,3%	135,1%	123,3%
SCR actions	73,7%	69,9%	65,5%
SCR autres actions	79,8%	76,5%	74,0%
SCR Immobilier	72,7%	68,1%	61,1%
SCR spread	61,9%	56,3%	49,9%

taux 10 ans = 2,51%

simulations	central	50bp	100bp
SCR Hausse des taux	95,4%	94,7%	94,5%
SCR Baisse des taux	103,7%	101,8%	100,9%
SCR actions	74,4%	71,8%	67,3%
SCR autres actions	78,2%	77,7%	75,7%
SCR Immobilier	74,1%	70,2%	63,7%
SCR spread	66,2%	60,7%	53,8%

cac -20%

simulations	central	50bp	100bp
SCR Hausse des taux	103,8%	103,0%	101,7%
SCR Baisse des taux	125,0%	119,8%	117,6%
SCR actions	69,8%	63,0%	55,6%
SCR autres actions	75,3%	71,8%	64,4%
SCR Immobilier	68,7%	60,4%	48,5%
SCR spread	59,4%	51,5%	42,6%

cac+20%

simulations	central	50bp	100bp
SCR Hausse des taux	104,0%	101,9%	100,9%
SCR Baisse des taux	128,1%	117,9%	113,5%
SCR actions	75,6%	72,7%	69,3%
SCR autres actions	81,9%	78,8%	77,3%
SCR Immobilier	76,6%	71,4%	66,6%
SCR spread	67,2%	61,7%	56,6%

spreads simple avec CCP

simulations	central	50bp	100bp
SCR Hausse des taux	102,1%	101,0%	100,1%
SCR Baisse des taux	117,7%	115,0%	115,5%
SCR actions	70,6%	65,8%	59,9%

## Annexe 7 : Méthodologie de calcul des taux forward pour le calcul de la marge pour risque

### 1<sup>ère</sup> étape :

Nous calculons tout d'abord les taux forward.

Pour le taux forward j ans dans k ans la formule est la suivante :

$$f_{k,j} = \left( \frac{(1 + r_{j+k})^{j+k}}{(1 + r_j)^j} \right)^{1/k} - 1$$

avec  $r_{k+j}$  le taux swap zero coupon de maturité k+j ans.

Nous avons affiché ci-dessous pour des raisons pratique d'affichage que les premières maturités du calcul au 30/06.

Coefficients mi-année forwards pour calcul de la marge pour risque

maturités	spot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,34%	0,66%	1,08%	1,60%	2,05%	2,29%	2,69%	2,81%	3,06%	3,18%	3,26%
2	0,50%	0,87%	1,34%	1,82%	2,17%	2,49%	2,75%	2,93%	3,12%	3,22%	3,28%
3	0,69%	1,12%	1,58%	1,98%	2,34%	2,60%	2,85%	3,02%	3,17%	3,25%	3,29%
4	0,92%	1,35%	1,75%	2,16%	2,46%	2,71%	2,94%	3,08%	3,20%	3,27%	3,28%
5	1,14%	1,53%	1,94%	2,29%	2,58%	2,81%	3,00%	3,12%	3,22%	3,26%	3,25%
6	1,33%	1,73%	2,09%	2,41%	2,68%	2,88%	3,05%	3,16%	3,23%	3,24%	3,20%
7	1,53%	1,88%	2,22%	2,52%	2,76%	2,94%	3,09%	3,17%	3,21%	3,20%	3,14%
8	1,69%	2,03%	2,34%	2,62%	2,83%	2,99%	3,11%	3,16%	3,18%	3,15%	3,10%
9	1,84%	2,15%	2,44%	2,69%	2,88%	3,02%	3,11%	3,14%	3,14%	3,10%	3,06%
10	1,97%	2,26%	2,53%	2,75%	2,92%	3,03%	3,09%	3,10%	3,10%	3,07%	3,04%
11	2,09%	2,36%	2,60%	2,80%	2,94%	3,02%	3,07%	3,07%	3,07%	3,05%	3,04%

### 2<sup>ème</sup> étape :

Nous calculons ensuite les coefficients d'actualisation mi-année, découlant de la 1<sup>ère</sup> étape.

$$PZC_{k,j} = \frac{1}{(1 + f_{k,j})^{k/2}}$$

Coefficient actualisation mi-année

maturité mi-année	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,5	99,83%	99,67%	99,46%	99,21%	98,99%	98,88%	98,68%	98,62%	98,51%	98,45%	98,41%
1,5	99,26%	98,70%	98,02%	97,32%	96,84%	96,38%	96,01%	95,75%	95,50%	95,36%	95,27%
2,5	98,29%	97,26%	96,16%	95,22%	94,38%	93,79%	93,21%	92,84%	92,50%	92,32%	92,22%
3,5	96,84%	95,42%	94,10%	92,81%	91,85%	91,06%	90,37%	89,94%	89,56%	89,36%	89,31%
4,5	95,01%	93,38%	91,71%	90,32%	89,18%	88,29%	87,55%	87,08%	86,69%	86,55%	86,59%
5,5	92,97%	91,01%	89,27%	87,70%	86,47%	85,54%	84,76%	84,30%	83,97%	83,92%	84,10%
6,5	90,62%	88,59%	86,68%	85,04%	83,77%	82,83%	82,06%	81,64%	81,42%	81,51%	81,78%
7,5	88,21%	86,03%	84,06%	82,39%	81,12%	80,19%	79,48%	79,17%	79,08%	79,26%	79,56%
8,5	85,66%	83,42%	81,44%	79,79%	78,54%	77,67%	77,08%	76,91%	76,91%	77,11%	77,40%
9,5	83,07%	80,84%	78,87%	77,25%	76,08%	75,33%	74,87%	74,79%	74,83%	75,01%	75,23%
10,5	80,50%	78,28%	76,37%	74,83%	73,78%	73,17%	72,82%	72,77%	72,79%	72,92%	73,03%

3<sup>ème</sup> étape :

Nous avons donc finalement pour les coefficients d'actualisation :

$$Coeff_{k,j} = PZC_{j,k+j-1}$$

**Coefficients mi-année forwards pour calcul de la marge pour risque**

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Spot	0,998	0,993	0,983	0,968	0,950	0,930	0,906	0,882	0,857	0,831	0,805
N+1		0,997	0,987	0,973	0,954	0,934	0,910	0,886	0,860	0,834	0,808
N+2			0,995	0,980	0,962	0,941	0,917	0,893	0,867	0,841	0,814
N+3				0,992	0,973	0,952	0,928	0,903	0,877	0,850	0,824
N+4					0,990	0,968	0,944	0,918	0,892	0,865	0,838
N+5						0,989	0,964	0,938	0,911	0,883	0,855
N+6							0,987	0,960	0,932	0,904	0,875
N+7								0,986	0,958	0,928	0,899
N+8									0,985	0,955	0,925
N+9										0,984	0,954
N+10											0,984