

**Mémoire présenté le : vendredi 18 janvier 2013**  
**pour l'obtention du diplôme**  
**de Statisticien Mention Actuariat**  
**et l'admission à l'Institut des Actuaire**

Par : Jian-Wei HU

Titre: Mise en place d'un outil de gestion des risques dans le cadre de l'ORSA

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

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

*Membre présents du jury de l'Institut  
des Actuaire*

signature

*Entreprise :*

Nom : BNP Paribas CARDIF

Signature :

Directeur de mémoire en entreprise :

Nom : Christophe Soulie

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

Arnaud COHEN  
Jean-Marie NESSI  
Florence PICARD

*Membres présents du jury de la filière*



## **RESUME**

**Mots clés :** profil de risque, capital réglementaire, fonds propre économique, Best Estimate liability, projection du profil de risque, ratio de couverture.

Dans le cadre de la nouvelle Directive Solvabilité 2, l'ORSA (ou « Own Risk Solvency Assessment ») exige que les assureurs calculent leur profil de risque pour garantir la maîtrise de leur risque. Cette maîtrise des risques devra être continue dans temps et intègre donc une vision prospective des risques encourus par la société.

Le profil de risque d'une entreprise doit être déterminé en prenant en compte le point de vue de différentes parties. Le mémoire s'intéresse particulièrement à la position du régulateur qui exige de la part de l'assureur une couverture minimal de 100% de son capital requis. Pour désigner le profil qui correspond à cette position, nous parlerons de métrique :

-métrique « NAV au niveau de risque 99,5% » qui correspond à la mesure de la déviation du fonds propre économique à un niveau de choc 99,5% : position du régulateur

L'objet de ce mémoire est de proposer une réponse aux exigences de la directive Solvabilité II, notamment en termes de projection du profil de risque dans le cadre de l'ORSA.

Nous présenterons ainsi dans une première partie le cadre réglementaire qui permettra de mettre en évidence la complémentarité des exigences du pilier 2 et celles du pilier I.

Dans une deuxième partie, nous proposerons un cadre de modélisation de la projection du profil de risque et du bilan économique.

Enfin la troisième partie du mémoire permettra d'appliquer numériquement le modèle proposé à un portefeuille scindé en trois catégories : Epargne en Fonds Général, Epargne en Unité de compte et prévoyance.

## **ABSTRACT**

**Keywords:** risk profile, required capital, economic equity capital, Best Estimate, projection of the risk profile, coverage ratio

Within the framework of the new directive Solvency 2, ORSA (or “Own Risk Solvency Assessment”), the insurers will have to calculate their profile to guarantee the control of their risk. Furthermore, this control of the risks will have to be continuous in time and thus integrates a forward-looking vision of the risks incurred by the company.

The risk profile of a company must be determined by taking into account the point of view of various parts. The thesis is interested in the position of the regulator which requires the insurer to cover his required capital with a minimal ratio of 100 %. To specify the profile which corresponds to each of both positions, we shall speak about metric:

- metric NAV at the level of risk 99,5 %: position of the regulator

The purpose of the thesis is to provide a response to the requirements of the Solvency II Directive, in particular the projection of the risk profile within the ORSA.

We present in a first part the regulatory framework that will highlight the complementarity of the requirements of Pillar 2 and those of Pillar 1.

In a second part, we propose a framework for modeling the projection of the risk profile and economic balance.

A third party will apply the proposed model to a portfolio divided into three categories: general fund, unit link and protection.

## **REMERCIEMENTS**

Je tiens à remercier en quelques mots tous ceux qui m'ont aidé à l'élaboration de ce mémoire.

Tout d'abord, M. Christophe Soulié et M. Arnaud Burger pour le temps qu'ils m'ont consacré, leurs précieux conseils et leur encadrement.

Je remercie M. Michaël de Toldi de m'avoir permis d'intégrer le service Norme & Modèle, M. Jean-Paul Felix et son équipe pour leur accueil et le traditionnel petit déjeuner du vendredi.

Je remercie également M. Pierre Valade, M. Mohamed Ouriemchi, Mme Naïla Aguir ainsi que les consultants M. Yann George et M. Dorian Guichenduc de m'avoir accueilli dans leur équipe et de m'avoir permis de participer aux travaux Risk Profile.

Je remercie enfin l'ISUP, plus particulièrement M. Jean-Marie Nessi pour sa disponibilité et pour avoir porté une lecture à ce mémoire.

# SOMMAIRE

|                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>RESUME.....</b>                                                                        | <b>3</b>  |
| <b>ABSTRACT.....</b>                                                                      | <b>4</b>  |
| <b>REMERCIEMENTS .....</b>                                                                | <b>5</b>  |
| <b>SOMMAIRE .....</b>                                                                     | <b>6</b>  |
| <b>Introduction.....</b>                                                                  | <b>9</b>  |
| <b>PARTIE I : Les nouvelles exigences prudentielles Solvabilité II.....</b>               | <b>11</b> |
| <b>I. Une exigence réglementaire de couvrir et maîtriser ses risques.....</b>             | <b>11</b> |
| 1. L'exigence de capital sous solvabilité 1 .....                                         | 11        |
| 1.1. La marge de solvabilité : un capital requis .....                                    | 11        |
| 1.2. Les limites de la méthode S1 .....                                                   | 11        |
| 2. Solvabilité 2 : la nouvelle réglementation .....                                       | 12        |
| 2.1. Mise en place de solvabilité 2.....                                                  | 12        |
| 2.1.1. Objectif .....                                                                     | 12        |
| 2.1.2. Processus de mise en place .....                                                   | 12        |
| 2.1.3. Les principes de Solvabilité 2.....                                                | 13        |
| 2.2. Focus sur le pilier II .....                                                         | 14        |
| 2.2.1. Focus sur l'ORSA .....                                                             | 15        |
| 3. Les limites du calcul standard du SCR du pilier I .....                                | 16        |
| 3.1. Les risques en dehors de la formule standard .....                                   | 16        |
| 3.2. Mesure de risque : VaR.....                                                          | 17        |
| 3.3. Méthode d'agrégation.....                                                            | 18        |
| <b>II. Un besoin de mesurer son profil de risque .....</b>                                | <b>20</b> |
| 1. Le profil de risque dans un processus de gestion des risques.....                      | 20        |
| 1.1. L'appétence au risque ou « risk appetite » .....                                     | 20        |
| 1.1.1. Définition de l'appétence au risque et ces déclinaisons .....                      | 20        |
| 1.1.2. L'appétence au risque en fonction de différents points de vue.....                 | 22        |
| 1.1.3. Les étapes du processus itératif de l'appétit au risque.....                       | 23        |
| 2. Les métriques retenues du profil de risque.....                                        | 25        |
| 2.1. Les dimensions .....                                                                 | 25        |
| 2.2. Exemple de métriques associées.....                                                  | 26        |
| <b>Partie II : Mesure et projection du Profil de risque et du Bilan économique .....</b>  | <b>27</b> |
| <b>I. Mesure du bilan et du Profil de risque en t=0 .....</b>                             | <b>27</b> |
| 1. Le bilan économique .....                                                              | 27        |
| 1.1. L'évaluation des actifs .....                                                        | 27        |
| 1.1.1. Approche Marking to market .....                                                   | 27        |
| 1.1.2. Approche Marking to model.....                                                     | 27        |
| 1.2. L'évaluation du passif .....                                                         | 27        |
| 1.2.1. Cas des passifs répliquables .....                                                 | 28        |
| 1.2.2. Cas des passifs non répliquables : Best Estimate Liability et Marge de risque..... | 28        |
| 2. Calcul du profil de risque selon la métrique NAV à 99,5% .....                         | 29        |
| 2.1. Choix de la méthode d'évaluation des risques : formule standard.....                 | 29        |
| 2.2. Cartographie et mesure des risques pris en comptes dans la formule standard.....     | 29        |
| 2.2.1. L'ajustement .....                                                                 | 30        |

|            |                                                                                              |           |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.2.     | Le SCR intangible .....                                                                      | 30        |
| 2.2.3.     | Le SCR Opérationnel .....                                                                    | 30        |
| 2.2.4.     | Le SCR marché .....                                                                          | 31        |
| 2.2.5.     | Le SCR défaut .....                                                                          | 31        |
| 2.2.6.     | Le SCR vie .....                                                                             | 31        |
| 2.2.7.     | Le SCR non-vie .....                                                                         | 32        |
| 2.2.8.     | Le SCR santé .....                                                                           | 32        |
| 2.3.       | Prise en compte du risque business .....                                                     | 32        |
| 2.3.1.     | Définition du risque business .....                                                          | 33        |
| 2.3.2.     | Evaluation du risque lié au volume global des futures affaires .....                         | 33        |
| 2.3.3.     | Evaluation du risque de volume lié aux types de contrat vendu: .....                         | 37        |
| 2.3.4.     | Evaluation du risque de marge : .....                                                        | 38        |
| 2.3.5.     | Estimation des chocs à appliquer pour le risque business .....                               | 40        |
| 2.3.6.     | Agrégation des risques : somme .....                                                         | 40        |
| 3.         | Calcul du profil de risque selon la métrique NAV à 90% .....                                 | 40        |
| 3.1.       | Approche générale .....                                                                      | 40        |
| 3.2.       | Calibration des chocs à 90% .....                                                            | 41        |
| <b>II.</b> | <b>Proposition de méthode de projection du profil de risque et du bilan économique .....</b> | <b>43</b> |
| 1.         | Projection du SCR et de la NAV : une problématique déjà existante .....                      | 43        |
| 1.1.       | Problématique dans le cas d'un calcul de SCR en $t=0$ et en approche modèle interne .....    | 43        |
| 1.2.       | Problématique dans le cas d'un calcul de Marge de risque (dans le QIS 5) .....               | 44        |
| 2.         | Projection du bilan économique .....                                                         | 46        |
| 2.1.1.     | Projection avec des paramètres « Best Estimate » .....                                       | 46        |
| 2.1.2.     | Projection des différents postes du bilan .....                                              | 46        |
| 2.1.2.1.   | Projection des contrats en stock .....                                                       | 46        |
| 2.1.2.2.   | Les Futures affaires .....                                                                   | 48        |
| 3.         | Projection du profil de risque .....                                                         | 49        |
| 3.1.       | Principe de projection : une approche par module .....                                       | 49        |
| 3.2.       | Détermination des formules et des paramètres de projection .....                             | 50        |
| 3.2.1.     | Pour les risques de marché .....                                                             | 50        |
| 3.2.2.     | Pour les risques de souscription .....                                                       | 57        |
| 3.2.3.     | Les autres modules de risques .....                                                          | 59        |
| 4.         | La recalibration des projections .....                                                       | 59        |
| 4.1.       | Le principe de la recalibration .....                                                        | 59        |
| 4.2.       | Méthode de recalibration .....                                                               | 60        |
| 4.2.1.     | Principe général de la méthode .....                                                         | 60        |
| 4.2.2.     | Impact des nouvelles hypothèses sur les facteurs de risque de marché .....                   | 60        |
| 4.2.3.     | Impact des nouvelles hypothèses sur les facteurs des risques de souscription .....           | 62        |
| 4.2.4.     | Impact des nouvelles hypothèses sur les autres risques .....                                 | 63        |
| 4.2.5.     | Problème de circularité pour recalibrer le bilan $N+1$ .....                                 | 63        |
|            | <b>Partie III : Application à un portefeuille .....</b>                                      | <b>65</b> |
| <b>I.</b>  | <b>Bilan, profil de risque et ratio de couverture en date initiale .....</b>                 | <b>65</b> |
| 1.         | Composition du portefeuille étudié .....                                                     | 65        |
| 2.         | Le bilan économique en date initiale .....                                                   | 66        |
| 3.         | Le profil de risque en date initiale .....                                                   | 66        |
| 3.1.       | Le profil de risque du portefeuille global (hors risque « business ») .....                  | 66        |
| 3.2.       | Le profil de risque du portefeuille fonds général (hors risque « business ») .....           | 67        |
| 3.3.       | Le profil de risque du portefeuille unité de compte sans le risque business .....            | 68        |
| 3.4.       | Le profil de risque du portefeuille prévoyance (hors risque « business ») .....              | 68        |

|             |                                                                  |           |
|-------------|------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.          | Intégration du risque business dans le profil de risque .....    | 69        |
| 4.1.        | Evaluation du risque Business .....                              | 69        |
| 4.2.        | Le profil de risque .....                                        | 69        |
| <b>II.</b>  | <b>Projection du ratio de couverture sur 3 années .....</b>      | <b>70</b> |
| 1.          | Projection dans le scénario central .....                        | 70        |
| 1.1.        | Le scénario central.....                                         | 70        |
| 1.1.1.      | Hypothèses et paramètres retenus .....                           | 70        |
| 1.1.2.      | Les futures affaires .....                                       | 71        |
| 1.2.        | Résultat de la projection.....                                   | 72        |
| 1.2.1.      | Sans prise en compte des futures affaires .....                  | 72        |
| 1.2.2.      | avec prise en compte des futures affaires.....                   | 73        |
| 2.          | Projection dans des scénarios stressés .....                     | 75        |
| 2.1.        | Choix des facteurs de risque à stresser .....                    | 75        |
| 2.2.        | Scénario 1 : choc sur l'indice boursier .....                    | 75        |
| 2.3.        | Scénario 2 : choc sur le taux de rachat .....                    | 76        |
| 2.4.        | Scénario 3 : choc sur la sinistralité .....                      | 77        |
| 2.5.        | Scénario 4 : choc sur le taux d'intérêt up .....                 | 77        |
| 2.6.        | Scénario 5 : choc sur le taux d'intérêt down .....               | 78        |
| <b>III.</b> | <b>Détermination de seuils d'alerte .....</b>                    | <b>79</b> |
| 1.          | Les niveaux de couverture suivis .....                           | 79        |
| 2.          | Les seuils d'alerte .....                                        | 79        |
| 2.1.        | Seuil d'alerte pour l'indice boursier et le taux d'intérêt ..... | 79        |
| 2.2.        | Seuil d'alerte pour l'indice boursier et le taux de rachat ..... | 81        |
| 2.3.        | Seuil d'alerte pour l'indice boursier et le ratio S/P .....      | 82        |
| 2.4.        | Seuil d'alerte pour le taux d'intérêt et le taux de rachat ..... | 82        |
| 2.5.        | Seuil d'alerte pour le taux d'intérêt et le ratio S/P.....       | 83        |
| 2.6.        | Seuil d'alerte pour le taux de rachat et le ratio S/P .....      | 84        |
|             | <b>CONCLUSION .....</b>                                          | <b>86</b> |
|             | <b>Bibliographie .....</b>                                       | <b>87</b> |
|             | <b>ANNEXES .....</b>                                             | <b>88</b> |
|             | Annexe 1 : Bilan et profil de risque en date initiale .....      | 88        |
|             | Annexe 2 : Risque business .....                                 | 94        |
|             | Annexe 3 : le portefeuille d'actif .....                         | 98        |
|             | Annexe 4 : Taux d'intérêt : .....                                | 99        |
|             | Annexe 5 : Profil de risque projeté.....                         | 100       |

## **Introduction**

Le monde de l'assurance est un secteur formalisé, régi par des textes réglementaires et ce plus particulièrement depuis les années 70 avec l'introduction des directives sur la marge de solvabilité en Europe. Cette notion de solvabilité est au cœur des problématiques qui ont amené les institutions européennes à réformer le cadre réglementaire et à établir les principes qui fondent la directive solvabilité II.

Si ces principes se scindent en trois piliers (aspect quantitatif, qualitatif et communication des informations), les études se sont jusqu'alors portées principalement sur le pilier I. Les méthodes de valorisation des différents postes du bilan ont ainsi été établies, et deux niveaux de capital réglementaire ont été définis (SCR et MCR). Les montants de ces capitaux requis étant intrinsèquement liés aux risques que doivent supporter les assureurs, les groupes de travail de l'EIOPA ont alors établi une cartographie des risques qui devront être pris en compte pour le calcul réglementaire.

De manière évidente, cette cartographie ne reflète pas la totalité des risques. Nous pouvons par exemple citer les risques liés à la souscription des futurs contrats. Ces futurs contrats représentent un risque dans le sens où le volume d'affaire n'est pas certain et donc leur impact sur le ratio de couverture future également.

Les risques liés aux dettes souveraines des états membres de l'OCDE ne sont également pas pris en compte dans le calcul standard.

Ces points font partie des problématiques que traite le pilier II, notamment au travers des justifications que les assureurs devront apporter pour prouver la pérennité de leur activité et la bonne gestion de leur risque. Le pilier II, plus particulièrement dans le cadre de l'ORSA (Own Risk and Solvency Assessment), impose aux assureurs de mettre en place un système de gestion qui permette une surveillance et un contrôle efficace de tous leurs risques (risques spécifiques inclus), et le cas échéant, de réviser leur stratégie de développement.

Dans cette optique, les assureurs doivent alors déterminer leur profil de risque et définir leur appétence au risque. Cette notion d'appétence au risque n'est pas récente mais elle n'a été intégrée de manière formelle que depuis quelques années dans les processus de gestion des entreprises. Notamment, certaines agences de notation comme Standard and Poors ont intégré l'ERM (Entreprise Risk Management) dans leur système de notation, ce qui a poussé les sociétés à mettre en place ou à améliorer leur système gestion des risques.

Dans la mesure où l'ORSA est un outil d'aide à la décision et doit permettre un pilotage prospectif des risques et ce de manière continue, il semble indispensable aux compagnies d'assurance de pouvoir projeter leur profil de risque ainsi que leur bilan économique. Notons que le capital réglementaire requis reflétant le niveau de risque pris par les assureurs, le profil de risque sera dans ce mémoire exprimé en termes de capital requis. De plus, la gestion des risques s'effectuant de manière itérative, le processus de gestion doit nécessairement être circulaire, c'est-à-dire permettre un recalcul du profil de risque dès lors qu'un changement est susceptible de modifier de manière significative l'état de l'entreprise, et ainsi redéfinir l'appétence au risque et la stratégie de la société.

Si les méthodes de projection du capital réglementaire requis ont déjà été évoquées (notamment pour le calcul de la Marge pour risque ou pour le calcul du capital réglementaire requis en approche modèle interne), il faut alors choisir une méthode adéquate qui puisse être implémentée et surtout qui réponde aux ambitions de l'ORSA, à savoir un calcul rapide qui permette de fournir des résultats aidant à la prise de décisions stratégiques.

Pour rappel, un SCR calculé selon une approche modèle interne est défini comme la différence entre la NAV en date 0 diminuée par le Quantile de la NAV en date 1 an actualisé :  $SCR = NAV(0) - \text{Quantile } 0,5\%(NAV(1))/(1+r)$ .

Ainsi, lorsqu'on développe une approche modèle interne pour le calcul du SCR, il faut projeter la NAV en date 1 pour différentes trajectoires afin d'en obtenir une distribution et obtenir le quantile souhaité. Or, chaque trajectoire nécessite un calcul d'actifs en date 1 et de BEL en date 1 qui nécessite lui-même des milliers de trajectoires dès lors qu'on considère un portefeuille avec des options et garanties.

Les méthodes de projection précises faisant appel à des simulations dans les simulations (SDS) sont trop complexes et trop gourmands en temps de calculs. Un choix entre précision et approximation est donc indispensable. Nous prenons le parti d'adopter une méthode de projection simple.

L'objet du mémoire est de proposer une réponse aux exigences de la directive Solvabilité II, notamment la projection du profil de risque dans le cadre de l'ORSA.

Nous présenterons dans une première partie le cadre réglementaire qui permettra de mettre en évidence la complémentarité des exigences du pilier 2 vis-à-vis du pilier I.

Dans une deuxième partie, nous proposerons un cadre de modélisation de la projection du profil de risque et du bilan économique pour un assureur.

Une troisième partie permettra d'appliquer le modèle proposé à un portefeuille scindé en trois catégories : Epargne en Fonds Général, Epargne en Unité de Compte et Prévoyance.

## **PARTIE I : Les nouvelles exigences prudentielles Solvabilité II**

### **I. Une exigence réglementaire de couvrir et maîtriser ses risques**

Cette partie présente les normes solvabilité I et solvabilité II, notamment les méthodes de calcul du capital réglementaire requis ainsi que leurs limites. Nous nous focaliserons également sur le pilier II et plus particulièrement sur les exigences relatives à l'ORSA.

#### **1. L'exigence de capital sous solvabilité 1**

Nous introduisons ici le calcul du capital requis dans le cadre réglementaire solvabilité I et les limites de la méthode actuellement en vigueur.

##### **1.1. La marge de solvabilité : un capital requis**

La solvabilité est une notion fondamentale en assurance. Elle se définit comme la capacité d'une compagnie d'assurance à faire face à ses engagements envers ses assurés et ses créanciers.

Pour garantir cette solvabilité, les autorités européennes imposent aux assureurs de détenir une marge de solvabilité qui permet de couvrir un besoin en capital résultant d'un événement inattendu et de garantir leurs engagements envers leurs assurés.

La constitution de cette marge fait l'objet d'un contrôle régulier de manière à éviter une défaillance des assurances et les conséquences qui en découleraient pour les assurés. Ainsi, une directive pour réglementer et déterminer ce capital minimum fut publiée dès 1973 dans le secteur de l'assurance non vie et une autre en 1979 dans le secteur de l'assurance vie.

En 2002 les directives européennes **Solvabilité I**, qui reprennent les grandes lignes des textes de 1973 et 1979, sont adoptées et retranscrites dans le Code des Assurances faisant ainsi parti intégrante du droit français.

La méthode retenue, sous Solvabilité I, pour calculer la marge de solvabilité est basée sur une approche « factorielle ». La marge requise est déterminée comme étant un ratio du volume de provision mathématique en assurance vie et un ratio du volume de prime ou de sinistre en assurance non vie.

##### **1.2. Les limites de la méthode S1**

La méthode de calcul a l'avantage d'être facile à appliquer et à mettre en place. Cependant, certains défauts peuvent être relevés :

- Cette approche factorielle signifie que le risque auquel est soumis un assureur se traduit totalement par un volume de provision ou un volume de prime. Or, les montants de ces différents volumes dépendent directement de la méthode de tarification et de la prudence de l'assureur. Deux assureurs soumis à des risques de niveau différents peuvent avoir un même niveau de provision et une même exigence de marge.
- cette méthode ne tient pas compte de la diversification de l'actif du bilan et de toutes les interactions actif/passif qu'il peut y avoir. La composition de l'actif n'intervient qu'au niveau de la constitution de la marge de solvabilité.

- Si la directive solvabilité I impose des règles pour déterminer les actifs constitutifs de la marge de solvabilité, ces derniers sont pris en valeur historique et non en valeur réelle économique du marché.
- Bien que la réassurance soit prise en compte et qu'elle soit limitée à un ratio de 50%, le risque réel de défaut du réassureur n'est pas explicitement pris en compte

Ces remarques sont principalement à l'origine de la mise en place de la nouvelle directive Solvabilité II.

Pour faire un second pas vers la nouvelle directive (plus particulièrement le pilier 2), nous pouvons également ajouter qu'avant 2006, aucune surveillance n'était exercée sur le contrôle interne. Ce n'est qu'à partir du 13 mars 2006 que le décret n°2006-287 modifie le Code des Assurances et stipule :

*Art.R.336-1. Toute entreprise mentionnée à l'article L. 310-1 est tenue de mettre en place un dispositif permanent de contrôle interne. Le conseil d'administration ou le conseil de surveillance approuve, au moins annuellement, un rapport sur le contrôle interne, qui est transmis à l'Autorité de contrôle des assurances et mutuelles.<sup>1</sup>*

## **2. Solvabilité 2 : la nouvelle réglementation**

La norme actuellement en vigueur impose aux assureurs une gestion des risques encadrée et contrôlée. Cette réglementation a fait ses preuves durant de nombreuses années. En effet, très peu de cas de ruine ont été recensés. Cependant, elle est remise en cause sur de nombreux points et les institutions européennes ont engagé une réflexion sur une réforme de cette réglementation.

### **2.1. Mise en place de solvabilité 2**

Nos présentons ici l'objectif de solvabilité 2, sa mise en place ainsi que les principes qui fondent cette nouvelle directive.

#### **2.1.1. Objectif**

Solvabilité II a pour objectif d'harmoniser les règles et le contrôle au sein de l'Union européenne, et mettre en place un système de couverture plus adapté aux risques auxquels les assureurs sont réellement soumis. Cette directive est en maturation depuis 2001 et a été adoptée en mars 2009. Elle sera mise en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2014 afin que toutes les sociétés d'assurance mettent en place les moyens financiers et opérationnels pour appréhender les nouvelles méthodes de calcul.

#### **2.1.2. Processus de mise en place**

Le processus de conception et de mise en place de cette nouvelle directive s'est déroulé selon le processus de « Lamfalussy » et se déploie en quatre étapes :

- Elaboration de la législation : les institutions européennes adoptent une proposition faite par la Commission Européenne, qui énonce les principes des nouvelles mesures.

---

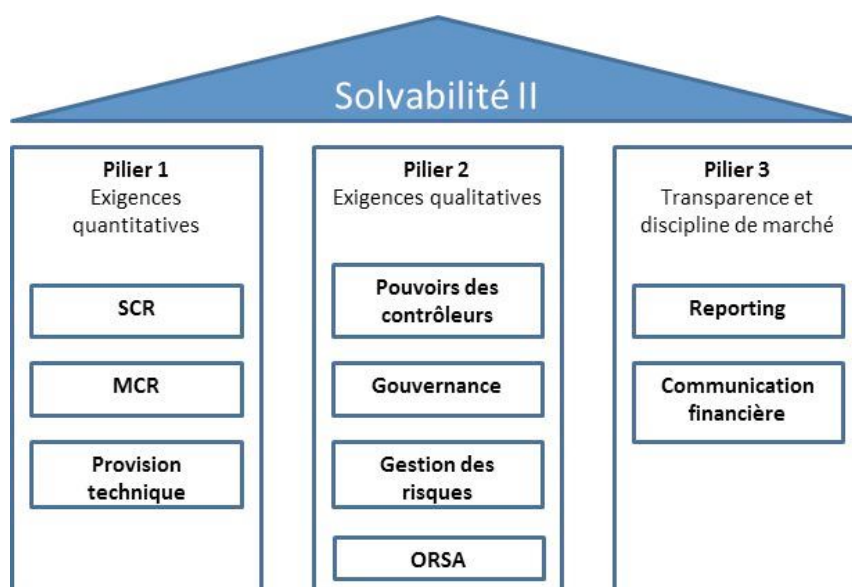
<sup>1</sup> Le texte en vigueur le 1 janvier 2010 remplace « Autorité de contrôle des assurances et mutuelles » par « Autorité de contrôle. » L'ACAM et la Commission bancaire ont fusionné en 2008 pour former l'Autorité de Contrôle Prudentiel.

- Elaboration des mesures d'exécution : un comité spécialisé (CEOPS) conçoit avec la collaboration les autorités de régulation, les détails techniques liés à la mise en œuvre de la réglementation, qui sont ensuite adoptées par le comité.
- Coopération des régulateurs : les autorités de régulations nationales coordonnent leurs travaux de déclinaison des textes européens dans leur droit, de manière à ce que les réglementations des états divergent le moins possible.
- Contrôle du respect du droit : la commission européenne vérifie le respect de la législation communautaire par les états membres.

### **2.1.3. Les principes de Solvabilité 2**

#### **2.1.3.1. Le temple Solvabilité 2 : les trois piliers**

Les principes de Solvabilité II reposent sur trois piliers :



Le pilier 1 détaille les exigences quantitatives auxquels les assureurs devront se soumettre. En particulier, les méthodes de calcul du capital requis et des provisions y sont explicitées au travers des spécifications quantitatives.

Le pilier 2 concerne les exigences qualitatives : il impose la justification d'un contrôle interne et d'une gestion des risques qui permet la poursuite de l'activité de la compagnie. Dans ce cadre l'assureur doit prendre en comptes des risques non spécifiés dans le pilier 1 et qui lui sont propre.

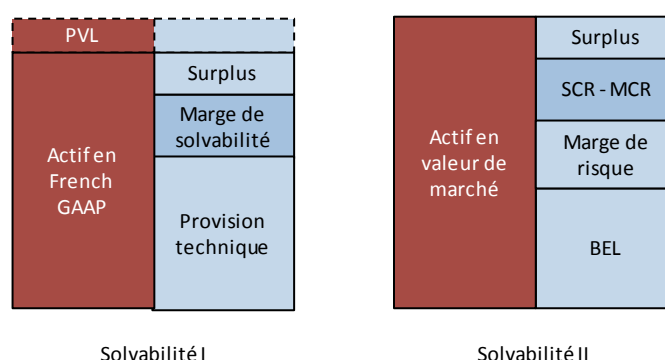
Le pilier 3 définit les règles de transparence à respecter afin d'assurer la discipline de marché : communication d'information dans le but d'un contrôle efficace, et communication d'information destinée au public.

### 2.1.3.2. Principe de valorisation

L'actif et le passif ne sont plus pris en valeur historique mais sont revalorisés de façon cohérente avec le marché. S'il existe un marché dans lequel l'actif ou le passif est échangeable ou transférable entre des parties informées et consentantes dans des conditions de concurrence normales, la valeur retenue est celle du marché.

Nous verrons plus précisément la valorisation des actifs et du passif plus bas dans le mémoire (partie « Bilan économique »).

Pour visualiser les différences entre les bilans sous solvabilité I et solvabilité II, nous pouvons les schématiser de la manière suivante :



## 2.2. Focus sur le pilier II

Si l'attention s'est surtout portée sur le premier pilier, notamment à travers les études quantitatives d'impact (QIS – Quantitative Impact Studies), il est également essentiel de s'intéresser au deuxième pilier dans la mesure où il traite de la gestion des risques et complètera le premier pilier en déterminant le montant de l'éventuelle exigence de fonds propres supplémentaires (capital add-on).

Le Pilier 2 recouvre l'ensemble des principes et pratiques attendus des organisations en matière de gestion des risques, au regard des estimations de risque et de fonds propres couvertes par le Pilier 1. Les grandes lignes directrices du pilier peuvent être regroupées en quatre catégories :

- Pouvoir des contrôleurs (articles 27 à 39) : le superviseur peut mettre en place, en complément du calcul du SCR des outils quantitatifs permettant de mesurer la capacité des assureurs à faire face à des variations des différents facteurs de risque qui pourraient avoir un impact défavorable sur leur situation financière globale.
- Gestion des risques (articles 41 à 49) : les sociétés d'assurance et de réassurance doivent disposer de politiques écrites au moins pour les fonctions suivantes : gestion des risques, actuariat, conformité, contrôle interne (contrôle permanent et audit) et sous-traitance. Elles veillent à ce que ces politiques soient mises en œuvre. Les dirigeants ou les personnes occupant des fonction-clés doivent respecter des contraintes de qualifications et d'honorabilité (réputation et intégrité).
- Exigence concernant les modèles internes (articles 120 à 126) : l'utilisation d'un modèle interne fait l'objet d'exigence particulière. Le modèle doit être soumis à un processus de validation et des tests de sensibilité et de stabilité.

- ORSA : Own Risk Solvency Assessment

### **2.2.1. Focus sur l'ORSA**

Dans l'objectif d'assurer la maîtrise par les sociétés de leurs risques et veiller à ce qu'elles soient correctement capitaliser, celles-ci devront se doter de contrôles, de procédures ainsi que d'une méthodologie d'évaluation de leurs risques et des besoins en fonds propres correspondant. Ce processus d'estimation devra se faire dans un cadre défini : l'ORSA.

Si l'article 44 de la directive décrit le cadre général de la gestion des risques, l'article 45 précise le cadre de l'ORSA, les exigences d'évaluation interne des risques et de contrôle de la solvabilité.

#### **2.2.1.1. Périmètre de l'ORSA**

L'ORSA devra au moins inclure :

- Les besoins globaux de solvabilité en prenant en compte le profil de risque spécifique, c'est-à-dire tous les risques auxquels l'assureur est soumis, les tolérances au risque et la stratégie de développement de l'entreprise
- une anticipation du SCR. Il doit aussi expliquer la manière dont le SCR sera couvert.
- La conformité avec les exigences quantitatives en capital et celles concernant les provisions techniques, sur une base permanente
- La façon dont le profil de risque propre de l'entreprise s'écarte des hypothèses sous-jacentes au calcul du SCR.

L'ORSA doit être effectué de façon régulière :

- Le calcul à tout instant du SCR et du MCR n'est pas obligatoire mais le ratio de couverture devra être assuré de manière continue.
- La documentation concernant la gestion des risques doit être présentée au moins annuellement au superviseur.
- En cas de modification significative d'un paramètre économique ou du portefeuille, le processus de recalcul de l'ORSA devra être effectué pour s'assurer de la solvabilité de l'assureur.

#### **2.2.1.2. ORSA : une vision prospective des risques**

L'ORSA a pour ambition de permettre aux sociétés d'assurance de justifier leur bonne santé à des horizons de plusieurs années et ce à tout instant. Le pilier II exige donc des assureurs d'adopter une vision prospective de leur risque.

#### **2.2.1.3. ORSA et le principe de proportionnalité**

L'entreprise doit développer son propre processus ORSA. Il doit être adapté à sa structure organisationnelle et à son système de gestion des risques. Les techniques d'évaluation des besoins globaux de solvabilité doivent tenir compte de l'échelle, de la nature et la complexité des risques inhérents à l'activité. L'évaluation des besoins en capital ne doit pas nécessairement faire appel à l'utilisation d'une approche complexe. Les méthodes employées peuvent varier de simple stress test à des modèles plus ou moins sophistiqués.

Le principe de proportionnalité se reflète dans le niveau de complexité des méthodes utilisées, mais aussi dans la fréquence du calcul ORSA.

#### **2.2.1.4. Le calcul ORSA est complémentaire au calcul du SCR pilier 1**

Il est important de souligner que le calcul ORSA est complémentaire et différent au calcul du SCR :

- L'ORSA prend en compte des risques qui ne sont pas forcément décrits dans le calcul du SCR
- Le SCR est calculé dans l'objectif d'assurer la solvabilité de la compagnie à un horizon un an, alors que le processus ORSA doit permettre de justifier le bon développement de l'activité de l'entreprise à un horizon défini par la direction stratégique.
- Le SCR est calculé à un niveau de confiance à 99,5%, ce qui n'est pas forcément le cas dans le cadre de l'ORSA
- De manière plus générale le processus ORSA requiert une justification de la solvabilité de la société de manière continue mais dans un cadre qui devra être justifié par l'assureur lui-même.

### **3. Les limites du calcul standard du SCR du pilier I**

Solvabilité 2 aspire à améliorer le cadre réglementaire actuellement en place. La directive propose notamment une méthode standard du calcul de l'exigence de marge qui permettrait à une compagnie d'assurance d'être en situation de ruine au plus une fois tous les 200 ans.

Les principaux points sujets à discussion sont les suivants :

- Les risques en dehors de la formule standard
- Mesure de risque : VaR
- Méthode d'agrégation

#### **3.1. Les risques en dehors de la formule standard**

La méthode de calcul proposée par le CEIOP impose une cartographie des risques standards.

Les modules de risques pris en compte sont les suivants :

- risque de marché
- risque de souscription vie
- risque de souscription non-vie
- risque de souscription santé
- risque de défaut
- risque intangibles
- risque opérationnel

Ces risques ne reflètent pas en intégralité le profil de risque de tous les assureurs. Nous pouvons par exemple citer les risques suivants :

#### **Risque lié aux dettes souveraines**

La méthode d'évaluation préconisée pour le risque de spread du module de risque de marché ne prend pas en compte le risque lié aux dettes souveraines. En effet, les obligations d'états membres de l'OCDE ou de l'EEA sont exclues de la formule standard alors qu'elles sont également soumises à ce risque.

Cette décision a été prise notamment pour ne pas pénaliser les assureurs des pays dont les dettes souveraines sont dotées d'un rating qui impliquerait une exigence en capital supérieur par rapport aux pays mieux notés.

### Risque de business

Le risque de business n'est également pas pris en compte. De manière intuitive, ce risque correspond au risque que les objectifs en termes d'affaires ne soient pas atteints.

En effet, les directions d'entreprise prévoient dans le cadre du développement de leur activité, un plan stratégique dans lequel sont définis des objectifs qui correspondent en général à des volumes d'affaire à atteindre. Si ces objectifs ne sont pas atteints, il peut y avoir des impacts à différents niveaux, notamment au niveau de la croissance de la société ou encore une dégradation de la capacité à faire face aux engagements.

Nous proposerons par la suite une définition plus détaillée de ce risque et une méthode d'évaluation.

### 3.2. Mesure de risque : VaR

Il existe de nombreuses mesures, cependant celle retenue par le CEIOP pour le calcul standard du SCR et pour évaluer les risques est la Value-at-Risk.

#### ➤ Définition de la VaR

Soient un risque  $X$  et  $\alpha \in [0;1]$ , la Value-at-Risk de niveau  $\alpha$  est définie par :

$$VaR_{\alpha}(X) = \inf \{x \mid P(X \leq x) \geq \alpha\}$$

La VaR au niveau  $\alpha$  est le quantile d'ordre  $\alpha$  de  $X$  :  $VaR_{\alpha}(X) = F^{-1}(\alpha)$ .

Elle correspond au montant de perte qui sera dépassé avec une probabilité  $1-\alpha$  dans un horizon donnée.

Cette mesure est utilisée dans de nombreux domaines : la finance, l'assurance, la médecine... .

Cependant, elle ne respecte pas tous les critères qui définissent une mesure cohérente. En effet, Artzner, Delbaen, Eber et Heath (1998) ont défini quatre axiomes qu'une mesure de risque doit satisfaire pour être cohérente :

#### ➤ Définition d'une mesure cohérente

Une mesure de risque  $\rho$  est dite cohérente si elle vérifie les propriétés suivantes :

- Invariance par translation :  $\rho(X + c) = \rho(X) + c$  avec  $c$  une constante réelle.
- Sous-additivité :  $\rho(X + Y) \leq \rho(X) + \rho(Y)$  pour tous risques  $X$  et  $Y$
- Homogénéité :  $\rho(cX) = c\rho(X)$  avec  $c$  une constante positive
- Monotonie :  $P(X < Y) = 1 \Rightarrow \rho(X) \leq \rho(Y)$  pour tous risques  $X$  et  $Y$

La VaR est invariante par translation, homogène, et monotone mais n'est pas sous-additive. Elle n'est donc pas cohérente. Cependant, la sous-additivité est vérifiée pour des lois elliptiques telles que la loi Normale.

Ainsi, des discussions ont été menées quant au choix de la mesure à adopter pour mesurer les risques. Le choix alternatif se portait principalement sur la Tail-Value-at-Risk.

### ➤ Définition de la TVaR

Soient un risque  $X$  et  $\alpha \in [0;1]$ , la Tail-Value-at-Risk de niveau  $\alpha$  est définie par :

$$TVaR_{\alpha}(X) = \frac{1}{1-\alpha} \int_{\alpha}^1 VaR_u(X) du$$

La TVaR peut s'interpréter comme étant le montant moyen des pertes sachant que la perte minimum est la VaR.

La TVaR est parfaitement en adéquation avec les axiomes qui définissent une mesure cohérente. Elle est très sensible à la queue de distribution et s'intéressent donc aux valeurs extrêmes qui sont au cœur du calcul du capital requis sous solvabilité II. De plus la TVaR est une mesure plus robuste que la VaR.

En effet, la VaR étant basée sur une mesure de quantile, une mauvaise estimation de la loi peut entraîner une forte instabilité de la VaR et cela est d'autant plus vrai pour des distributions « étalées ».

### ➤ Le choix de la VaR

Malgré ces points en faveur de la TVaR, le EIOPA a finalement retenu la VaR comme mesure de référence car comme pour toutes les mesures, la TVaR est utilisable à condition de posséder des données en quantité suffisante. Or, par son caractère « extrême », la TVaR est difficile à mettre en œuvre puisqu'il s'agit d'un calcul d'espérance sur des valeurs extrêmes qui sont par nature rarement observées.

De plus, Pierre THEROND souligne dans sa thèse (référence aux travaux de Dhaene, Laeven et al. 2004) que le caractère non sous-additif de la VaR n'est pas rédhibitoire puisque dans certains cas une mesure sous-additive peut mener à une inégalité qui présente également un caractère incohérent.

En effet, considérons deux risques  $X_1$  et  $X_2$ , et  $\rho$  la mesure de risque associée à la détermination du capital réglementaire. Si  $\rho$  est « trop » sous-additive, nous pouvons nous retrouver dans une situation où :

$$E[(X_1 + X_2 - \rho(X_1 + X_2))^+] > E[(X_1 - \rho(X_1))^+] + E[(X_2 - \rho(X_2))^+]$$

Cette inégalité signifie qu'une société soumise à deux risques aura, en cas de ruine, une perte moyenne plus importante que la somme des pertes de deux sociétés qui couvriraient respectivement un risque. Cela est contraire au critère de diversification.

## 3.3. Méthode d'agrégation

Pour le calcul standard du SCR, l'agrégation des différents risques se fait de la même manière, que ce soit au niveau d'un module de risque ou au niveau global : utilisation d'une matrice de corrélation.

Pour établir les différentes matrices de corrélation, l'EIOPA s'est basé sur une échelle standard de niveau de corrélation.

| Définition              | Coefficient de corrélation |
|-------------------------|----------------------------|
| Entière corrélation     | 1                          |
| Forte corrélation       | 0,75                       |
| Moyenne corrélation     | 0,5                        |
| Faible corrélation      | 0,25                       |
| Non corrélé             | 0                          |
| Faible anticorrélation  | -0,25                      |
| Moyenne anticorrélation | -0,5                       |
| Forte anticorrélation   | -0,75                      |
| Entière anticorrélation | -1                         |

***Echelle standard de niveau de corrélation***

Cette méthode prête à confusion. En effet, les risques agrégés ne sont pas des variables aléatoires mais des constantes qui correspondent à des quantiles « extrêmes ». Il faut alors distinguer la corrélation des risques et la corrélation des extrêmes.

Anthony DERIEN montre dans sa thèse<sup>2</sup> par un exemple simple qu'une corrélation entre deux risques peut donner un montant de capital requis équivalent à celui calculé avec une corrélation des extrêmes (dont la valeur du coefficient de corrélation est inférieure à celle de la corrélation des risques). Par cet exemple il met en évidence que cette méthode d'agrégation ne permet pas de refléter les dépendances implicites.

De plus, la cartographie standard des risques ne permet pas de corrélérer de manière adéquate certaines dépendances explicites. En effet, nous pouvons prendre l'exemple des risques de rachat et de taux d'intérêt. Ces deux risques sont fortement liés, cependant, ils sont représentés dans deux modules de risque différents et lors de l'agrégation au niveau global le coefficient de corrélation des deux modules ne reflète pas cette forte corrélation.

Ce problème ne peut être résolu en augmentant le coefficient de corrélation des deux modules car cela augmenterait également la corrélation entre les autres risques.

---

<sup>2</sup> Anthony DERIEN, 2010 : « Solvabilité 2 : une réelle avancée », p. 136

## II. Un besoin de mesurer son profil de risque

Cette partie va permettre de mettre en évidence le cadre dans lequel la mesure du profil de risque s'effectue et la nécessité de le mesurer.

Nous avons vu que le pilier 2 complète les exigences du pilier 1. Ce pilier prend en compte une dimension prospective, l'adéquation de la formule standard au profil de risque, et la gouvernance de l'entreprise. Il s'agit donc d'un pilier qualitatif et quantitatif. D'un côté, le pilier 2 s'assure que la compagnie est capable de gérer ses risques et d'un autre côté qu'elle est capable de mesurer son profil de risque pour établir son plan stratégique.

L'article 44 de la Directive Solvabilité 2 stipule que : *Les entreprises d'assurance et de réassurance mettent en place un système de gestion des risques efficace, qui comprenne les stratégies, processus et procédures d'information nécessaires pour déceler, mesurer, contrôler, gérer et déclarer, en permanence, les risques, aux niveaux individuel et agrégé, auxquels elles sont ou pourraient être exposées ainsi que les interdépendances entre ces risques.*

Dans cette partie nous décrivons donc de manière synthétique un processus de gestion des risques qui permet de répondre aux exigences du pilier 2, et plus particulièrement de l'ORSA. Ce processus intègre des notions telles que l'appétence au risque que les compagnies doivent déterminer en fonction de leur politique de gestion et de leur vision de développement de l'entreprise. Le processus de définition de l'appétence au risque intégrera alors nécessairement une étape de mesure du profil de risque.

### 1. Le profil de risque dans un processus de gestion des risques

Nous présentons ici la notion d'appétit pour le risque, ses déclinaisons ainsi que l'intégration de cette notion dans un processus de gestion des risques.

#### 1.1. L'appétence au risque ou « risk appetite »

L'appétence au risque n'est pas une notion nouvelle, mais son application dans un cadre formalisé de gestion des risques est récente. Que ce soit en assurance ou dans une entreprise dont la composante risque fait partie intégrante de l'activité, les termes « appétence », « tolérance » ou autres mots désignant un goût ou une capacité à supporter un risque sont souvent employés. Nous allons donc tenter d'interpréter ces notions à partir de définitions proposées dans différents articles et mémoires<sup>3</sup>.

##### 1.1.1. Définition de l'appétence au risque et ces déclinaisons

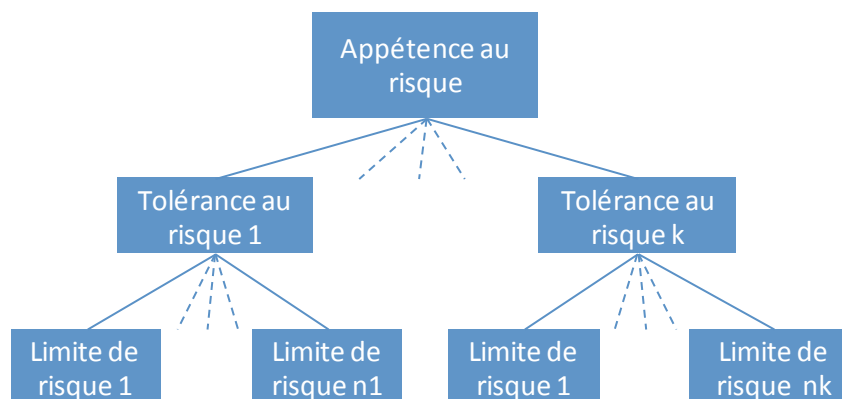
**L'appétence au risque** est le niveau agrégé maximum de risque que la compagnie souhaite prendre pour poursuivre son développement. Elle reflète la volonté et la capacité de l'entreprise à prendre des risques afin d'atteindre ses objectifs.

Cette définition tend à s'imposer. Notons que le terme *agrégé* a un poids important dans cette définition. Une société définit en premier lieu le niveau de risque global qu'elle est prête à supporter. Ce niveau de risque est ensuite décliné à des niveaux plus fins pour permettre son intégration dans le

---

<sup>3</sup> S&P 2010, Théron et Valade, X. AGENOS mémoire

processus de gestion des risques. Deux niveaux de déclinaisons sont nécessaires pour permettre une identification des risques :



### L'appétit au risque et ses déclinaisons

- **La tolérance au risque** est la déclinaison de l'appétence au risque à un niveau plus fin mais reste une notion relativement globale. Elle correspond à l'attribution aux différentes fonctions de gestion des risques d'un niveau d'appétence au risque. Cette déclinaison permet par exemple en assurance de distinguer les modules de risque. Chaque fonction est alors responsable d'un module.
- **La limite de risque** est la déclinaison de l'appétence au risque à un niveau opérationnel. Elle permet de limiter le risque pris par une fonction opérationnelle. La limite de risque correspond par exemple, en assurance à la distinction de chaque sous-risque.

Une fois l'appétence au risque définie, toutes les décisions stratégiques seront effectuées en respectant la limite de l'appétit au risque de la société. Ainsi, la formalisation et la définition du niveau de risque acceptée par l'entreprise jouent un rôle essentiel dans le processus de gestion des risques et de prise de décision.

### Exemple :

Supposons qu'une société d'assurance définit son appétence au risque le fait de présenter un ratio de couverture de 200% dans 95% des cas.

Le quantile à 95% de ses fonds propres à un an est de 200 millions d'euros, son appétence au risque se traduit alors par à un SCR global inférieur à 100 millions d'euros.

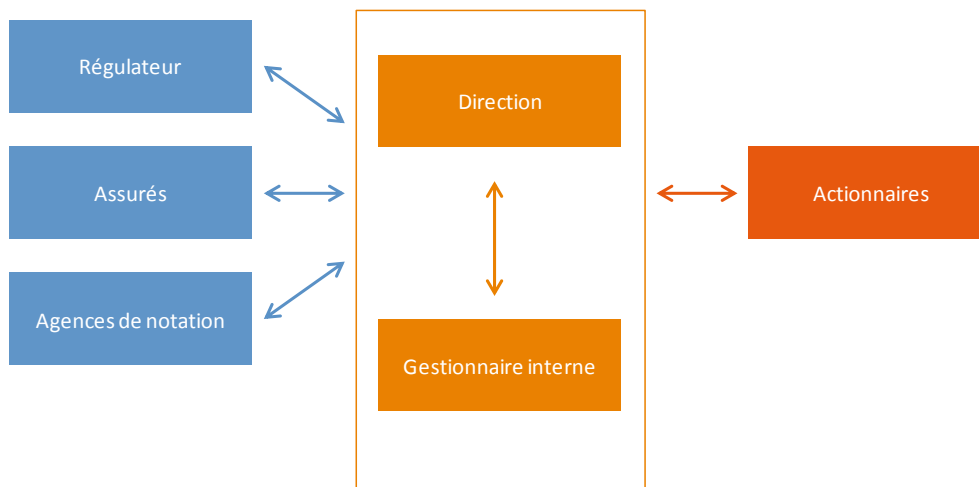
Sa méthode d'allocation des risques l'amène à allouer une tolérance au risque à la fonction risque de marché de 60 millions d'euros.

La limite opérationnelle lié à cette fonction de risque se traduit par exemple par des limites d'allocation des actifs du portefeuille (exemple : au maximum 25% d'actions dans le portefeuille).

### **1.1.2. L'appétence au risque en fonction de différents points de vue**

L'appétence au risque est définie par le conseil d'administration de la compagnie. Cependant, les décisions prises doivent tenir compte des exigences réglementaires, des exigences contractuelles qui lient l'assureur aux assurés et également des impacts éventuels qu'il peut y avoir sur l'image de la société. Ainsi, il est important de définir les différentes parties prenantes dans le processus de définition de l'appétence au risque.

Les principaux acteurs sont les actionnaires, les assurés, les régulateurs, les agences de notation, la direction et les salariés de l'entreprise. En fonction du niveau de risque que chacune des parties est prête à prendre, la direction doit répondre au mieux à toutes les exigences en optimisant sa propre position, puisqu'en fin de compte il s'agit de celle qui sera appliquée.



#### **Les principaux partis à prendre en compte dans la définition de l'appétence au risque**

##### **Les actionnaires**

Les actionnaires attendent que l'entreprise génère des profits. Pour cela, le capital disponible doit être le plus réduit possible. En effet, pour les sociétés d'assurance les capitaux ont pour rôle d'absorber les risques et n'ont donc pas pour vocation d'atteindre des niveaux rendements élevés. Les actionnaires ont intérêt à avoir une bonne compréhension des risques auxquels ils sont soumis et de s'intéresser à tous les aspects des risques. Plus le risque pris est élevé, plus le retour sur investissement est susceptible d'être élevé, mais le risque de perdre le capital investi devient également plus élevé. Et inversement, moins le risque est élevé, moins le retour sur investissement est élevé.

##### **La direction**

La direction a pour objectif d'optimiser la performance de l'entreprise afin de répondre aux attentes des actionnaires. Elle doit également être en mesure de faire face aux engagements qu'elle a prise envers ses assurés et répondre aux exigences réglementaires en matière de capital requis.

Son point de vue est donc en phase avec celui des actionnaires et celui des autres parties prenantes. Elle cherche à optimiser son allocation de capital pour atteindre des objectifs de rendement, tout en maîtrisant ses risques pour éviter les pertes.

### **Les gestionnaires internes**

Les gestionnaires internes ont pour fonction la gestion des risques et l'atteinte des objectifs définis par la direction. Leur point de vue sur la prise de risque est donc la traduction effective de celle de la direction. Cependant, étant également responsables en partie de la maîtrise des risques, ils chercheront un niveau de capitalisation prudent.

### **Le régulateur et les assurés**

Le régulateur et les assurés veulent s'assurer que la compagnie respecte ses engagements et qu'elle soit en mesure de faire face à des situations extrêmes. Les assurés sont peu intéressés par les résultats de l'entreprise. De ce point de vue, un fort niveau de capitalisation est alors souhaité.

Cependant, nous pouvons nuancer le point de vue des assurés. En effet, en assurance vie les épargnants qui possèdent des fonds en euros veulent que l'entreprise atteigne un certain niveau de rendement des actifs pour percevoir des montants de participation aux bénéfices élevés.

### **Les agences de notation**

Pour les agences de notation le capital correspond à la valeur monétaire d'une entreprise destinée à calculer sa solvabilité et son niveau de risque. Elles s'intéressent donc au niveau de capitalisation et à la capacité de l'assureur à faire face à ses engagements envers ses assurés.

Elles vont favoriser un niveau de capitalisation élevé en attribuant une note selon leur critère de notation. Elles favorisent également les entreprises qui justifieront d'une solidité financière sur le long terme et d'une qualité de leur exposition aux risques.

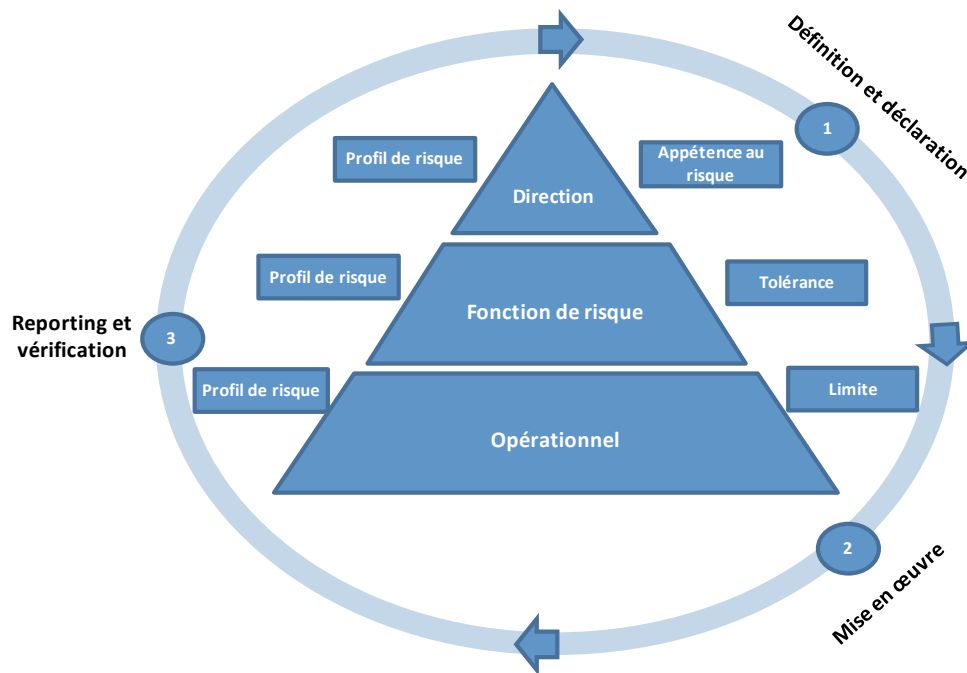
#### **1.1.3. Les étapes du processus itératif de l'appétit au risque**

Le processus décrit est centré sur la notion d'appétence au risque. Toutes les étapes permettent de définir aux différents niveaux de l'entreprise des limites de risque qui ne doivent être dépassées.

L'entreprise définit son appétence au risque sur une période au cours de laquelle elle déploie son plan stratégique. Elle devra alors surveiller que les limites de risques définies ne soient pas franchies. Pour cela elle devra mesurer son profil de risque de manière régulière et tenir compte des nouvelles informations qui peuvent impacter le bon développement de l'entreprise.

Ainsi, le processus gestion des risques intègre une dimension dynamique qui permet de veiller à ce que l'appétit au risque soit respecté à tout moment.

Cette partie va permettre de situer précisément l'objet du mémoire dans le processus de gestion des risques d'une société d'assurance.



**Schéma du processus itératif de l'appétit au risque<sup>4</sup>**

**Etape n°1 :** cette étape correspond à l'initialisation du processus de gestion des risques.

Elle permet à l'entreprise de définir sa capacité de prise de risque et de définir son appétence au risque. Pour définir son appétit au risque, l'entreprise doit préalablement mesurer son profil de risque et son évolution dans le temps sur un horizon donné afin d'établir un plan stratégique de développement. Comme expliqué précédemment, elle doit également tenir compte des différentes parties prenantes qui exigent que leurs attentes soient respectées.

**Etape n°2 :** cette étape permet de décliner l'appétence au risque en tolérance au risque puis en limite de risque.

La déclinaison en tolérance au risque correspond à une allocation du risque global aux différentes fonctions de risque que nous pouvons assimiler à des modules de risque. Cette étape de déclinaison peut faire l'objet d'une étude à part entière. Nous ne traiterons donc pas le sujet d'allocation et nous nous contentons de citer quelques méthodes<sup>5</sup> :

- Méthode proportionnelle : nous allouons à chaque module de risque un risque toléré qui est proportionnel à sa contribution au risque global mesuré

La contribution du risque  $i$  est : 
$$\omega_i = \frac{\rho(X_i)}{\sum_{j \in N} \rho(X_j)}$$

<sup>4</sup> Cf institut des actuaires [2010]

<sup>5</sup> Cf mémoire de Sophie Décupère, 2011. Les notations sont celles du mémoire.

- Méthode marginale : nous affectons à chaque risque un poids au risque global. Le poids est obtenu par la formule suivante :

$$\omega_i = \frac{\rho(X_N) - \rho(X_i)}{\sum_{j \in N} \{\rho(X_N) - \rho(X_j)\}}$$

- Méthode de Shapley : cette méthode s'appuie sur la théorie des jeux coopératifs, dont l'objectif est de former des coalitions entre les joueurs afin de réduire les coûts de jeu.

**Etape n°3 :** cette étape permet de vérifier que les différentes limites définies aux étapes 1 et 2 sont respectées.

Les opérationnels veillent à ce que les limites de risque qui leur sont attribuées ne sont pas franchies puis fournissent leurs résultats à leur hiérarchie qui vérifie que les limites de risque au niveau agrégés sont également respectés.

Cette étape nécessite alors que l'entreprise mesure une nouvelle fois son profil de risque. Cette mesure du profil doit alors tenir compte des nouvelles données disponibles qui peuvent s'écarter des hypothèses de projection prises initialement pour projeter le profil de risque à l'étape 1.

## 2. Les métriques retenues du profil de risque

La définition de l'appétence au risque implique de déterminer les attentes des différentes parties prenantes et de les traduire de manière quantitative.

Il est alors important d'identifier les dimensions qui intéressent ces différentes parties. Pour chacune de ces dimensions il faudra également choisir une métrique qui correspond à la mesure permettant d'évaluation des risques.

### 2.1. Les dimensions

Le tableau suivant montre les dimensions possibles:

| Dimensions             | Parties prenantes concernées              |
|------------------------|-------------------------------------------|
| Solvabilité            | Assurés / Régulateurs / Agences de Rating |
| Valeur de l'entreprise | Actionnaires - Entreprise                 |
| Résultats              | Actionnaires - Entreprise                 |
| Liquidité              | Toutes                                    |
| Réputation             | Actionnaires - Entreprise                 |

La **solvabilité** correspond à ce que l'entreprise doit respecter de manière réglementaire. Toutes les sociétés d'assurance sont donc tenues de considérer cette dimension.

La **valeur de l'entreprise** est également est essentiel notamment dans la communication financière de l'état de la société. La valorisation se fait en général selon les normes Solvabilité II ou celles définies par le CFO forum (MCEV).

**Le résultat** intéresse particulièrement les actionnaires pour lesquelles le risque correspond à une baisse de rentabilité voir même une rentabilité négative. Cette dimension permet notamment à l'entreprise d'avoir une vision opposée à celle de la dimension Solvabilité, elle détermine un maximum de capital à détenir pour optimiser le rendement.

**La liquidité** concerne toutes les parties, elle représente le risque que les ressources en flux soient insuffisantes pour faire aux engagements.

**La réputation** est une dimension difficilement quantifiable. Mais elle représente un risque non négligeable. En effet, une mauvaise image de la société pourrait entraîner une diminution importante du chiffre d'affaire notamment du fait d'une perte de confiance des acteurs du marché.

Dans le cadre du mémoire, nous retenons les dimensions : solvabilité et valeur de l'entreprise.

## **2.2. Exemple de métriques associées**

Le profil de risque mesuré devra correspondre aux différentes dimensions retenues et des métriques de risques devront être choisies :

La métrique de la solvabilité : l'entreprise est contrainte réglementairement à détenir un capital qui ne lui permette d'être en situation de ruine qu'au plus une fois tous les 200 ans.

La métrique retenue sera alors du type « NAV@99,5% ». Cette métrique mesure les quantiles à 99,5 du fonds propre économique qui correspondent à ceux calculés dans le cadre du pilier I pour l'évaluation du capital requis.

La métrique de la valeur de l'entreprise : l'entreprise déclare par exemple qu'elle ne veut pas que la valeur du capital diminue de plus de 20% dans 90% des cas sur un horizon d'un an.

La métrique retenue sera alors noté « NAV@90% ». Il s'agit de la même métrique que la dimension solvabilité.

Le niveau de probabilité retenue pour cette mesure est en générale plus faible que celui exigé dans la réglementation. En effet, des quantiles de niveau 99,5 correspondent à des scénarios trop extrêmes pour qu'ils puissent être exploités par les gestionnaires dans les activités courantes.

Les métriques du résultat : pour la dimension résultat, l'appétence au risque déclaré peut par exemple être :

« A un horizon d'un an, le potentiel de baisse des Résultats IFRS ne doit pas être supérieur à 50% des Résultats IFRS attendus dans le plan stratégique dans au moins 90% des cas »

Dans ce cas une métrique du type « **Résultat@90%** » sera retenue. Cette métrique permet d'obtenir le quantile à 90% de la distribution des résultats.

## **Partie II : Mesure et projection du Profil de risque et du Bilan économique**

Dans cette partie, nous expliquons la manière dont sont obtenues le bilan et le profil de risque en date  $t=0$ , qui sont nécessaires à la projection. Le bilan est obtenu conformément aux normes solvabilité 2. Et le profil de risque est évalué selon la formule standard pour les risques pris en compte dans le pilier 1. Ces risques étant traités dans les spécifications techniques, nous nous contentons de les décrire de manière brève, et accorderons plus d'importance au « risque business » qui n'est pris en compte dans la formule standard. Nous introduirons alors une réflexion sur la définition de ce risque et proposerons des méthodes d'évaluation pour celui-ci.

Dans un deuxième temps, nous proposons un cadre de modélisation de la projection du profil de risque et du bilan économique.

### **I. Mesure du bilan et du Profil de risque en $t=0$**

Nous présentons ici les méthodes retenues d'évaluation du bilan et du profil de risque.

#### **1. Le bilan économique**

Sous solvabilité 2, le bilan est constitué des différents postes d'actif, du passif en représentation des engagements de l'assureur, de la marge de risque et de la NAV (Net Asset Value). Cette partie s'intéresse à l'évaluation de ces différents postes.

##### **1.1. L'évaluation des actifs**

L'actif sous solvabilité est évalué à sa juste valeur. Deux approches peuvent être utilisées pour cette évaluation : « Marking to market » et « Marking to model ».

###### **1.1.1. Approche Marking to market**

Il s'agit de l'approche d'évaluation par défaut de la valeur économique de l'actif. La valeur retenue est celle des instruments financiers qui composent l'actif et tels qu'ils sont valorisés sur les marchés. Pour les actifs autres que les instruments financiers, la valorisation se fait selon les normes IFRS avec quelques divergences :

- Les actifs incorporels identifiables et séparables sont valorisés en juste valeur.
- Le goodwill n'est pas considéré comme un actif identifiable et séparable, il n'est pas valorisé.
- La reconnaissance des plus ou moins-values latentes donnent naissance à un impôt différé.

###### **1.1.2. Approche Marking to model**

Cette approche est utilisée lorsque l'évaluation selon la valeur de marché n'est pas possible. L'actif est alors évalué par un modèle qui doit cependant faire référence à des paramètres cohérents avec le marché.

##### **1.2. L'évaluation du passif**

Pour évaluer le passif, deux approches peuvent être distinguées selon deux situations : le passif est répliquable ou le passif n'est pas répliquable.

### **1.2.1. Cas des passifs répliquables**

Le passif est répliquable si les flux futurs relatifs à l'activité de la société peuvent être répliqués par des instruments financiers disponibles sur un marché qui vérifie les conditions suivantes :

- des transactions de grand volume peuvent être exécutées rapidement sans impact sur les cours
- les informations sur les transactions et les cours sont disponibles et accessibles
- ces deux conditions sont vérifiées à tout instant

Dans ces conditions la valeur du passif est égale à la valeur actuelle des instruments financiers répliquant.

### **1.2.2. Cas des passifs non répliquables : Best Estimate Liability et Marge de risque**

Si le passif n'est pas répliquable, les provisions techniques correspondent sous solvabilité 2 à la somme du Best Estimate et de la marge de risque.

#### **➤ Best Estimate Liability**

Le Best Estimate est égale à la valeur actuelle probable des flux futurs de trésorerie relatifs aux contrats en portefeuille.

Pour déterminer le Best Estimate, il faut simuler les différentes trajectoires des différents flux selon des scénarios qui correspondent en principe à toutes les situations possibles. Les scénarios doivent intégrer des hypothèses réalistes et se baser sur des informations actuelles et cohérentes.

Les flux sont ensuite actualisés avec la courbe des taux sans risque comprenant une prime d'illiquidité.

Par ailleurs, la meilleure estimation doit être calculée brute, sans déduction des créances découlant des contrats de réassurance et des véhicules de titrisation, qui doivent être calculées séparément. (tp.2.8)

#### **➤ La marge de risque**

La marge de risque peut s'appréhender comme étant une marge de prudence qui n'était pas identifiée sous solvabilité 1. La méthode retenue pour déterminer la marge de risque, permet de l'interpréter comme étant le coût que représente la mobilisation d'un montant de fonds propres éligibles égal au SCR nécessaire. Elle permet de garantir que la valeur des provisions techniques est équivalente au montant dont les entreprises d'assurance et de réassurance auraient besoin pour reprendre et honorer leurs engagements d'assurance. (TP.5.2 QIS5)

Le calcul de la marge de risque nécessite alors la projection du SCR dont cinq niveaux de méthode de calcul sont préconisés dans le QIS5. Nous évoquerons la complexité d'une projection du SCR dans la partie « Projection ».

## 2. Calcul du profil de risque selon la métrique NAV à 99,5%

### 2.1. Choix de la méthode d'évaluation des risques : formule standard

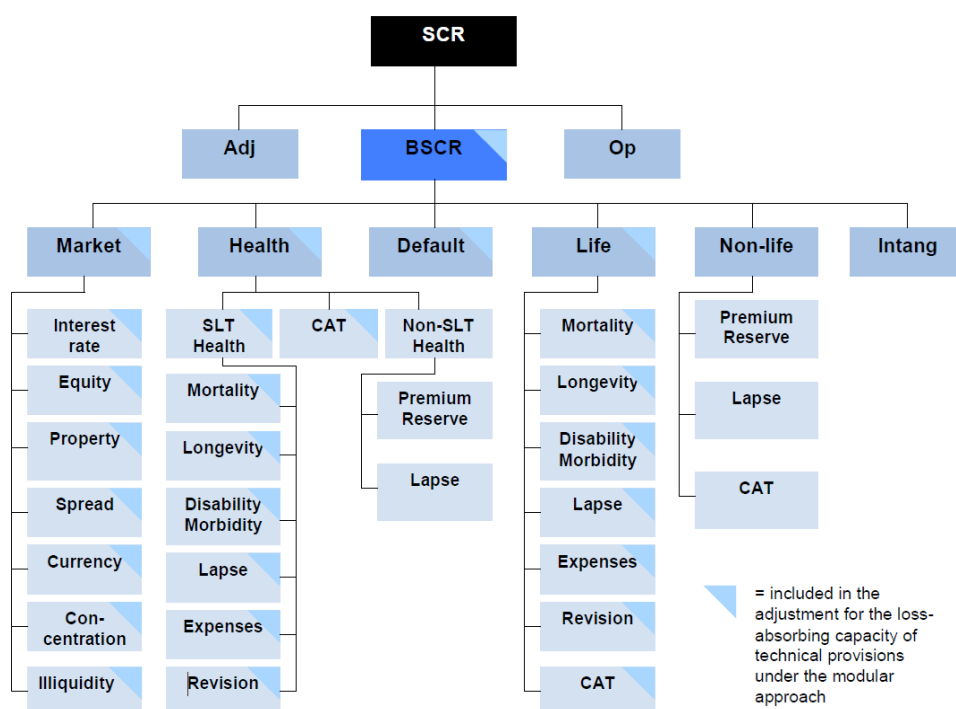
Notre étude ayant pour objet la projection du risk profile, il est essentiel d'établir initialement le risk profile. Cette mesure du risque devra, conformément à la directive, correspondre au profil spécifique de l'entreprise. La meilleure solution serait alors que toutes les sociétés d'assurance se munissent d'un modèle interne dont le calibrage des chocs et des risques coïncide avec le portefeuille spécifique.

Cependant, solvabilité 2 n'exigent pas des assureurs de mettre en place de tels modèles. Cela permet notamment de répondre au principe de proportionnalité et de complexité. En effet, les assureurs n'ont pas toujours un profil de risque qui nécessite des méthodes de mesure qui vont au-delà des standards réglementaires.

Pour des raisons de simplicité, l'étude se place dans un cadre de mesure standard du profil de risque. Les risques non pris en compte dans la méthode standard devront tout de même être considéré. Nous introduirons donc une réflexion sur la méthode d'évaluation et la définition de ces risques.

### 2.2. Cartographie et mesure des risques pris en comptes dans la formule standard

Le SCR est calculé par approche modulaire selon le schéma suivant :



Chaque sous module de risque est évalué (par approche factorielle ou scénario) puis agrégé en modules de risque. Ces modules de risque sont eux même agrégés, nous obtenons ainsi le BSCR.

Le SCR est la somme du BSCR, du SCR opérationnel et de l'ajustement :

$$SCR = BSCR + SCR_{Op} + Ajustement$$

### **2.2.1. L'ajustement**

Pour le calcul du BSCR, l'assureur est supposé n'avoir aucune action pour faire face aux chocs. Notamment, les participations aux bénéfices discrétionnaires ainsi que les taxes différées sont identiques dans les scénarios avant et après choc.

L'ajustement au risque est alors un montant qui permet de corriger cela. Il ajuste le capital réglementaire requis au titre de la capacité d'absorption des provisions techniques et des taxes différées.

**L'ajustement au titre des provisions techniques** est calculé comme la différence du BSCR brut et du BSCR net, et ne doit pas être supérieur aux participations aux bénéfices discrétionnaires. Le BSCR net est calculé en prenant en compte cette fois-ci des actions de l'assureur pour atténuer les effets des chocs.

$$Adj_{TP} = -\min(BSCR_{brut} - BSCR_{net}; FDB)$$

Où FDB correspond aux participations aux bénéfices discrétionnaires

**L'ajustement au titre des impôts différés** est pris comme la différence du montant actuel des impôts différés et du montant après choc en supposant que l'assureur subit une perte immédiate égale à :

$$SCR_{shock} = BSCR + Adj_{TP} + SCR_{Op}$$

Où  $Adj_{TP}$  est l'ajustement au titre de la capacité d'absorption des provisions techniques

### **2.2.2. Le SCR intangible**

Le risque intangible couvre le risque inhérent à la détention d'actif incorporel. Ce risque est évalué par approche factorielle :

$$SCR_{intangible} = 80\% \times IA$$

avec  $IA$  la valeur des actifs incorporels

### **2.2.3. Le SCR Opérationnel**

Le risque opérationnel est le risque d'une perte survenant à la suite d'une erreur au niveau d'un processus interne, du personnel, du système ou résultant d'un événement externe. Ce risque inclut les risques légaux mais exclut les risques liés aux décisions stratégiques comme le risque de réputation.

$$SCR_{Opérationnel} = 25\% \times Exp_{ul} + \min(30\% \times BSCR; Op)$$

Avec  $Exp_{ul}$  le montant des dépenses des 12 derniers mois et relatif au contrat d'assurance vie où le risque d'investissement est supporté par les assurés

BSCR : Basic Solvency Capital Requirement

Op : la charge de base pour le risque opérationnel, cette charge est déterminée par une formule fermée fournie dans le QIS5.

#### **2.2.4. Le SCR marché**

Le SCR marché est l'agrégation des SCR des sous-risques constituant le module risque de marché :

$$SCR_{MKT} = \sqrt{\sum_{r,c} CorrMkt_{r,c} \times Mkt_r \times Mkt_c}$$

Les sous modules de risques sont :

- Le risque de taux
- Le risque lié aux actions
- Le risque immobilier
- Le risque de spread
- Le risque de change
- Le risque de concentration
- Le risque d'illiquidité

Ces risques sont évalués par approche scénario, c'est-à-dire que le SCR est déterminé par différenciation de la NAV avant et après choc.

$$Mkt_{Risk} = \max(0; \Delta NAV)$$

Les chocs appliqués à un niveau 99,5% sont indiqués dans les spécifications techniques<sup>6</sup>.

#### **2.2.5. Le SCR défaut**

Le risque de défaut couvre le risque que les réassureurs, les contreparties sur produits dérivés ou qu'un emprunteur n'honore pas ses engagements dans les conditions initialement prévues. Le calcul distingue les expositions de type 1 (contrepartie soumise à un rating) et les expositions de type 2 (contrepartie non soumise à un rating).

Le SCR relatif aux expositions de type 1 est calculé selon une formule fermée alors que le SCR relatif aux expositions de type 2 est calculé par approche scénario<sup>7</sup>.

Le risque de défaut est alors obtenu par agrégation des risques de ces deux catégories d'expositions :

$$SCR_{default} = \sqrt{SCR_{default1}^2 + 1.5 \times SCR_{default1} \times SCR_{default2} + SCR_{default2}^2}$$

#### **2.2.6. Le SCR vie**

Le SCR vie est l'agrégation des SCR des sous-risques constituant le module risque de souscription vie :

$$SCR_{life} = \sqrt{\sum_{r,c} CorrLife_{r,c} \times Life_r \times Life_c}$$

Les sous modules de risques sont :

- Le risque de mortalité
- Le risque de rachat
- Le risque de longévité

---

<sup>6</sup> QIS5 Technical Specifications, Brussel 5 july 2010 : SCR market risk module

<sup>7</sup> QIS5 Technical Specifications, Brussel 5 july 2010: SCR counterparty risk module

- Le risque d'invalidité
- Le risque lié aux dépenses
- Le risque de révision
- Le risque catastrophe

Ces risques sont également évalués par approche scénario. L'intensité des chocs appliqués sont spécifiés dans le QIS5<sup>8</sup>.

### **2.2.7. Le SCR non-vie**

Le SCR non-vie est l'agrégation des SCR des sous-risques constituant le module risque de souscription non-vie :

$$SCR_{Nonlife} = \sqrt{\sum_{r,c} CorrNonLife_{r,c} \times NonLife_r \times NonLife_c}$$

Les sous modules de risques sont :

- Le risque Prime et Réserve
- Le risque de rachat
- Le risque catastrophe

Le risque de rachat est évalué par approche scénario. Les risques prime et réserve et catastrophe sont évalués par approche factorielle. L'intensité des chocs ainsi que les formules fermées en approche factorielle sont fournies dans le QIS5<sup>9</sup>.

### **2.2.8. Le SCR santé**

Le SCR santé est l'agrégation des SCR des sous-risques constituant le module risque de souscription santé :

$$SCR_{Health} = \sqrt{\sum_{r,c} CorrNonLife_{r,c} \times Health_r \times Health_c}$$

Pour les risques de santé, trois branches de risques sont distingués :

- Les risques « SLT » dont les techniques d'évaluation sont similaires aux risques de souscription vie
- Les risques « Non SLT » dont les techniques d'évaluation sont similaires aux risques de souscription non-vie
- Le risque catastrophe

Les risques « SLT » et « Non SLT » sont respectivement les mêmes que les risques de souscription vie et les risques de souscription non-vie en excluant le risque catastrophe. Les chocs appliqués ne sont cependant pas tous les mêmes et sont spécifiés dans le QIS5<sup>10</sup>.

## **2.3. Prise en compte du risque business**

---

<sup>8</sup> QIS5 Technical Specifications, Brussel 5 july 2010: SCR life underwriting risk module

<sup>9</sup> QIS5 Technical Specifications, Brussel 5 july 2010: SCR non-life underwriting risk module

<sup>10</sup> QIS5 Technical Specifications, Brussel 5 july 2010 : SCR health risk module

Le risque business n'est pas pris en compte dans l'évaluation du risque pilier 1. Cela s'explique du fait que ce risque concerne les affaires nouvelles alors que le calcul pilier 1 se rapporte aux contrats en portefeuille.

A des fins d'évaluation, il est donc nécessaire de définir le risque business et d'identifier les sources de ce risque, puis, d'établir une méthode d'évaluation et d'agrégation.

Cette partie a pour but d'introduire une réflexion sur la manière d'évaluer le risque.

### **2.3.1. Définition du risque business**

Dans le cadre du mémoire, nous proposons la définition suivante :

#### **Risque business :**

Le risque de business représente le risque lié à la réalisation du plan de développement de l'entreprise. Elle reflète l'incertitude des hypothèses prises lors de la projection des profits/pertes et du bilan.

Ce risque peut se décomposer en deux catégories de risque :

- **Risque de volume** : ce risque est lié à l'activité commerciale dont la capacité s'évalue en volume et nombre de contrat vendus. Du fait que les assureurs proposent en générale différents produits, ce risque peut également se décomposer en deux :
  - Risque lié au volume global des futures affaires
  - Risque lié aux types des contrats vendus : nous pouvons considérer deux situations où les volumes globaux des futures affaires sont les mêmes mais génèrent des risques différents du fait d'une composition différente des portefeuilles de contrats vendus.
- **Risque de marge** : ce risque est lié à la marge que l'assureur peut tirer des contrats en stock et des contrats qui vont être vendu au cours de l'année. Cette marge découle de deux sources :
  - La marge sur la tarification : lors de la tarification, il y a un risque que les caractéristiques de la population d'assurés ne correspondent pas dès le début aux paramètres qui ont servi à la tarification. Cela crée une différence entre les flux anticipés et les flux réels, qui impacte la marge de l'assureur.
  - La marge sur le budget : dans la pratique, un commercial propose souvent des tarifs préférentiels pour rendre un produit plus attractif. Il peut par exemple proposer de réduire les chargements sur prime. Sachant ces pratiques, les montants accordés au titre des gestes commerciaux sont souvent estimés par les managers. Le risque est alors que les montants réels dépassent ce qui est attendu.

### **2.3.2. Evaluation du risque lié au volume global des futures affaires**

Nous nous plaçons dans le même cadre que celui préconisé par l'EIOPA pour évaluer les risques réglementaires. C'est-à-dire que nous évaluons le risque par approche modulaire. Nous évaluons séparément le risque de volume et le risque de marge.

### 2.3.2.1. Risque de hausse et risque de baisse

De la même manière que pour le risque de taux, nous pouvons distinguer un risque de hausse et un risque de baisse. Si le risque de baisse s'admet aisément, il est plus difficile de voir en quoi une hausse de volume pourrait constituer un risque.

Cependant, si nous prenons le ratio de couverture pour traduire le risque d'un assureur, alors en supposant que le ratio de couverture des futures affaires prises indépendamment est inférieur au ratio des affaires en portefeuille, un trop grand volume d'affaires nouvelles pourrait dégrader fortement la couverture globale du portefeuille.

Ainsi, nous pouvons formaliser avec ce critère du ratio de couverture deux situations, l'un correspondant à un risque de baisse et l'autre à un risque de hausse.

#### ➤ Notations :

On note  $\rho$  le rapport du SCR et de la NAV :  $\rho = \frac{NAV}{SCR_{(Pilier1)}}$  On considère  $\rho_{stock}$  : le ratio de couverture des affaires en portefeuille et  $\rho_{FB}$  le ratio de couverture estimé des futures affaires.

Pour évaluer le risque, deux situations se présentent :

- $\rho_{stock} < \rho_{FB}$  : le niveau de capital à détenir pour couvrir les risques des contrats en stock est plus élevé que le capital pour couvrir les risques sur les futures affaires. Le risque est donc que le volume des nouvelles affaires soit plus faible que ce qui avait été prévu. Si le risque ce produit, par pondération le ratio global va diminuer.
- $\rho_{stock} > \rho_{FB}$  : inversement le risque est que le volume des nouvelles affaires soit plus élevé que prévu. Cela aura pour effet d'augmenter le SCR global et de diminuer le ratio de couverture.

Le risque de volume correspond alors à une augmentation comme à une diminution du volume des futures affaires attendues.

#### Proposition de méthode d'évaluation 1 :

Comme pour la méthode standard, nous pouvons évaluer le risque en adoptant une approche par scénario. Le capital à détenir se détermine alors par la formule suivante :

$$SCR_{Volume} = \text{Max}(0; \Delta NAV|_{VolumeUp}; \Delta NAV|_{VolumeDown})$$

Avec  $\Delta NAV|_{VolumeShock}$  la variation de la NAV après choc

En utilisant le critère défini plus haut, si  $\rho_{stock} < \rho_{FB}$ , le risque correspond à une baisse du volume. Dans ce cas là, à priori, la méthode fonctionne. La NAV après choc diminue et le risque est évalué comme la variation de la NAV.

Voyons maintenant la situation où  $\rho_{stock} > \rho_{FB}$ . Dans ce cas, le risque correspond à une augmentation du volume. Or, si le volume est supérieur à ce qui est attendu, la NAV augmentera tout de même (ce qui est « bien »). Le risque, en utilisant la formule est alors nul, ce qui semble cohérent.

Cela est vrai seulement si la NAV relative au futur business est positive. En effet, nous pouvons imaginer une situation où les affaires nouvelles ont une NAV négative. Et, une augmentation de volume entraînerait alors une diminution de la NAV globale et le risque serait évalué positivement.

**Proposition de méthode d'évaluation 2 :**

L'ORSA est un outil d'aide à la gestion qui doit s'intégrer dans le système de prise de décision. Ayant rappelé cela, nous pouvons considérer qu'un assureur a pour priorité de maintenir son ratio de couverture à un certain niveau qu'il a défini avec le conseil d'administration. Le risque sur les affaires nouvelles est alors que, lors de la réalisation des contrats futurs le ratio de couverture s'en retrouve dégradé.

L'assureur va alors évaluer son risque de business de façon à ce que le ratio de couverture souhaité soit garanti. Il va par exemple utiliser la formule suivante :

$$SCR_{Volume} = \text{Max}(0; SCR_{VolumeUp}; SCR_{VolumeDown})$$

$$\text{Avec } SCR_{VolumeShock} = \left( \frac{\rho_{Total, BeforeShock}}{\rho_{Total, AfterShock}} - 1 \right) \times NAV_{AfterShock} \text{ et } \rho \text{ le ratio de couverture.}$$

Cette formule permet d'avoir un ratio de couverture identique avant et après choc. Le ratio de couverture souhaité correspond alors au ratio avant choc.

Le SCR volume ainsi défini s'interprète comme le montant de capital supplémentaire qu'il faudrait en cas de réalisation du risque de volume pour que le ratio de couverture (sans prendre en compte les risques en dehors de la formule standard) soit identique à celui sans réalisation du risque.

En première approche, les méthodes semblent cohérentes. Appliquons numériquement les différentes formules

➤ **Exemple avec un choc à la hausse:**

Nous considérons un portefeuille de contrats qui génère un volume de prime 1000 et nous estimons les affaires futures à 600.

| Scénario central             | Total   | Stock  | Future business |
|------------------------------|---------|--------|-----------------|
| Prime anticipé               | 1 600   | 1 000  | 600             |
| NAV                          | 860     | 500    | 360             |
| marché                       | 179     | 100    | 79              |
| défaut                       | 94      | 50     | 44              |
| souscription                 | 117     | 60     | 57              |
| opérationnel                 | 82      | 40     | 42              |
| SCR sans risque business     | 327     | 175    | 153             |
| NAV/SCR sans risque business | 262,97% | 286,3% | 235,9%          |

Nous remarquons que le ratio de couverture des affaires nouvelles est inférieur à celui des contrats en stock. Le risque est donc que le volume des affaires nouvelles dépasse le volume estimé.

Nous considérons donc le choc de hausse. Nous supposons que le choc au niveau considéré (99,5% ou 90%) correspond à une augmentation de 100% du volume des affaires futures.

Nous obtenons les résultats suivants :

| scénario stressé                     | Total         | Stock  | Future business |
|--------------------------------------|---------------|--------|-----------------|
| Prime anticipé                       | 2 200         | 1 000  | 1 200           |
| NAV                                  | 1 220         | 500    | 720             |
| marché                               | 258           | 100    | 158             |
| défaut                               | 137           | 50     | 87              |
| souscription                         | 175           | 60     | 115             |
| opérationnel                         | 124           | 40     | 84              |
| SCR sans risque business             | 480           | 175    | 305             |
| NAV/SCR sans risque business         | 254,4%        | 286,3% | 235,9%          |
| business volume formule 2            | 41,070        |        | 41,07           |
| business volume formule 1 Delta(NAV) | Max(0 ; -360) |        | Max(0 ; -360)   |

Nous observons bien que cette situation correspond à un scénario adverse. Le ratio de couverture a diminué, passant de 262,97% à 254,4%.

- En utilisant la première méthode, le SCR pour le risque de volume est évalué à :

$$SCR_{Volume} = \text{Max}(0; NAV_{VolumeExpected} - NAV_{VolumeShock}) = \text{Max}(0; 860 - 1220) = 0$$

- Avec la deuxième formule :

$$SCR_{Volume} = \left( \frac{\rho_{Total, BeforeShock}}{\rho_{Total, AfterShock}} - 1 \right) \times NAV_{AfterShock} = \left( \frac{262,97}{254,4} - 1 \right) \times 1220 = 41$$

Par cette méthode, Nous retrouvons bien le ratio de couverture avant choc :  
 $(1220+41)/480 = 262,97\%$

**Remarque :** D'un point de vue réglementaire, cet exemple ne présente pas de risque. En effet, l'exigence de couverture du SCR à un niveau 100% est satisfaite. Le niveau de couverture souhaité correspond à un choix que l'assureur fait en fonction de ses objectifs.

#### ➤ Exemple avec un choc à la baisse:

Nous considérons un portefeuille de contrats qui génère un volume de prime 1000 et estimons les affaires futures à 600.

| Scénario central             | Total   | Stock  | Future business |
|------------------------------|---------|--------|-----------------|
| Prime anticipé               | 1 600   | 1 000  | 600             |
| NAV                          | 860     | 500    | 360             |
| marché                       | 165     | 100    | 65              |
| défaut                       | 79      | 50     | 29              |
| souscription                 | 91      | 60     | 31              |
| opérationnel                 | 59      | 40     | 19              |
| SCR sans risque business     | 278     | 175    | 103             |
| NAV/SCR sans risque business | 309,57% | 286,3% | 348,4%          |

Dans cet exemple le ratio de couverture des affaires nouvelles est supérieur à celui des contrats en stock. Le risque est donc que le volume des affaires nouvelles soit inférieur au volume estimé.

Nous allons alors considérer le choc à la baisse et supposer que le choc au niveau considéré (99,5% ou 90%) correspond à une diminution de 50% du volume des affaires futures.

| scénario stressé                   | Total  | Stock  | Future business |
|------------------------------------|--------|--------|-----------------|
| Prime anticipé                     | 1 300  | 1 000  | 300             |
| NAV                                | 680    | 500    | 180             |
| marché                             | 132    | 100    | 32              |
| défaut                             | 65     | 50     | 15              |
| souscription                       | 76     | 60     | 16              |
| opérationnel                       | 49     | 40     | 9               |
| SCR sans risque business           | 226    | 175    | 52              |
| NAV/SCR sans risque business       | 300,6% | 286,3% | 348,4%          |
| business volume formule proposée   | 20,260 |        | 20,26           |
| business volume formule Delta(NAV) | 180    |        | 180             |

- En utilisant la première proposition, le SCR pour le risque de volume est évalué à :

$$SCR|_{Volume} = NAV|_{VolumeShock} - NAV|_{VolumeExpected} = 860 - 680 = 180$$

- Avec la deuxième formule :

$$SCR|_{Volume} = \left( \frac{\rho_{Total, Before Shock}}{\rho_{Total, After Shock}} - 1 \right) \times NAV_{After Shock} = \left( \frac{309,57}{300,6} - 1 \right) \times 680 = 20$$

Par cette méthode, nous retrouvons bien le ratio avant choc :

$$(680+20)/226 = 309,57\%$$

Cet exemple permet de mettre en évidence les différences des deux approches. La première méthode correspondant à une variation de NAV, permet de comparer aisément le risque business avec les risques pris en compte dans la formule standard. Dans cet exemple, ce risque représente une part importante du risque globale, il est même plus important que le risque de marché. Cela ne semble pas être représentatif du risque réel. En effet, de manière intuitive des affaires nouvelles restent des contrats susceptibles de générer des profits, alors il paraît incohérent que le risque soit aussi important. Ces valeurs dépendent du choc appliqué et des volumes des futures affaires qui, dans l'exemple, ne correspondent pas à une situation réelle.

La deuxième méthode adopte un critère d'évaluation différent. Le montant évalué correspond au capital supplémentaire qu'il faudrait pour garantir un ratio de couverture, ce qui est différent de garantir les engagements de l'assureur envers les assurés.

Dans la partie III du mémoire, les deux méthodes seront appliquées et celle donnant le résultat permettant à l'assureur d'être le plus prudent sera retenue.

### **2.3.3. Evaluation du risque de volume lié aux types de contrat vendu:**

L'évaluation de ce risque se fait pour un volume de futures affaires donné. Le choc correspond à une répartition par types de contrat différent de ce qui est attendu.

Pour estimer ce risque, nous pouvons nous ramener à évaluer un risque de volume mais à une granularité plus fine : par type de contrat. La seule contrainte est de maintenir un volume global de nouvelles affaires constant.

Par exemple, supposons que les affaires nouvelles d'un assureur se distinguent en deux types de contrats : type 1 et type 2. Il y aura alors deux scénarios à considérer :

- le volume des contrats de type 1 diminue et le volume des contrats de type 2 augmente

- le volume des contrats de type 2 diminue et le volume des contrats de type 1 augmente

Les méthodes d'évaluation peuvent alors être identiques à celles proposées pour le risque de volume.

#### **2.3.4. Evaluation du risque de marge :**

De manière générale, le risque de marge lié à la tarification est capté par les risques de souscription qui sont pris en compte dans la formule standard.

On considère alors que le risque de marge se réduit au risque lié au budget et que l'évaluation du risque lié à la tarification correspond à l'évaluation des risques de souscription.

Le risque de marge lié au budget est défini comme le risque que les montants accordés au titre des gestes commerciaux dépassent ce que l'assureur avait prévu. De plus, les produits proposés peuvent différer d'un assureur à un autre et les méthodes de commercialisation également. Les volumes accordés aux souscripteurs au titre des gestes commerciaux peuvent alors varier pour deux activités équivalentes, et le risque lié au budget est donc spécifique à chaque société.

Pour l'évaluation du risque nous proposons d'appliquer les mêmes méthodes que celle retenue précédemment pour le risque de volume :

##### **Proposition de méthode d'évaluation 1:**

$$SCR_{Volume} = \text{Max}(0; \Delta NAV|_{VolumeUp}; \Delta NAV|_{VolumeDown})$$

Avec  $\Delta NAV|_{VolumeShock}$  la variation de la NAV après choc

##### **Proposition de méthode d'évaluation 2:**

$$SCR_{Volume} = \text{Max}(0; SCR|_{VolumeUp}; SCR|_{VolumeDown})$$

Avec  $SCR|_{VolumeShock} = \left( \frac{\rho_{Total, BeforeShock}}{\rho_{Total, AfterShock}} - 1 \right) \times NAV_{AfterShock}$  et  $\rho$  le ratio de couverture.

##### **Illustration numérique:**

Pour illustrer ce risque au niveau du profil de risque, considérons un portefeuille de contrats qui génère un volume de prime 1000 et des affaires futures attendu également à 1000. Le manager estime que les gestes commerciaux atteindront un montant de 100. La NAV est donc diminuer de 100 comparé à une situation où il n'y aurait pas de geste commercial.

Le tableau suivant montre les résultats correspondant au profil de risque avant quantification du risque de budget:

| <b>Scénario central</b>             | <b>Total</b>    | <b>Stock</b>    | <b>Future business</b> |
|-------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| Prime anticipé                      | 2 000           | 1 000           | 1 000                  |
| <b>NAV</b>                          | <b>900</b>      | <b>500</b>      | <b>400</b>             |
| marché                              | 184             | 100             | 84                     |
| défaut                              | 94              | 50              | 44                     |
| souscription                        | 116             | 60              | 56                     |
| opérationnel                        | 79              | 40              | 39                     |
| <b>SCR sans risque business</b>     | <b>329</b>      | <b>175</b>      | <b>154</b>             |
| <b>NAV/SCR sans risque business</b> | <b>273,935%</b> | <b>286,299%</b> | <b>259,820%</b>        |

On introduit maintenant un choc au scénario. Nous supposons que le choc au niveau considéré (99,5% ou 90%) correspond à une augmentation de 100 du volume accordé au titre des gestes commerciaux et donc à une diminution de la NAV de 100.

| <b>scénario stressé</b>             | <b>Total</b>    | <b>Stock</b>    | <b>Future business</b> |
|-------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| Prime anticipé                      | 2 000           | 1 000           | 1 000                  |
| <b>NAV</b>                          | <b>800</b>      | <b>500</b>      | <b>300</b>             |
| marché                              | 165             | 100             | 65                     |
| défaut                              | 86              | 50              | 36                     |
| souscription                        | 107             | 60              | 47                     |
| opérationnel                        | 74              | 40              | 34                     |
| <b>SCR sans risque business</b>     | <b>299</b>      | <b>175</b>      | <b>125</b>             |
| <b>NAV/SCR sans risque business</b> | <b>267,353%</b> | <b>286,299%</b> | <b>240,516%</b>        |
| business volume formule proposée    | 20              |                 | 20                     |
| business volume formule Delta(NAV)  | - 100,000       |                 | - 100,00               |

Le ratio de couverture est passé de 273,9% à 267,4%, ce qui correspond bien à une situation défavorable.

On évalue le SCR du risque de budget par la formule qui égalise les ratios SCR/NAV (sans SCR du risque volume) :

$$SCR_{BudgetShock} = \left( \frac{\rho_{Total, Before Shock}}{\rho_{Total, After Shock}} - 1 \right) \times NAV_{After Shock} = \left( \frac{273,9}{267,4} - 1 \right) \times 800 = 20$$

Les tableaux suivants montrent le profil de risque après quantification du risque budget :

| <b>Scénario central</b>             | <b>Total</b>   | <b>Stock</b>   | <b>Future business</b> |
|-------------------------------------|----------------|----------------|------------------------|
| Prime anticipé                      | 2 000          | 1 000          | 1 000                  |
| <b>NAV</b>                          | <b>900</b>     | <b>500</b>     | <b>400</b>             |
| marché                              | 184            | 100            | 84                     |
| défaut                              | 94             | 50             | 44                     |
| souscription                        | 116            | 60             | 56                     |
| opérationnel                        | 79             | 40             | 39                     |
| <b>SCR sans risque business</b>     | <b>329</b>     | <b>175</b>     | <b>154</b>             |
| business volume                     | 20             |                | 20                     |
| <b>SCR avec risque business</b>     | <b>348</b>     | <b>175</b>     | <b>174</b>             |
| <b>NAV/SCR avec risque business</b> | <b>258,44%</b> | <b>286,30%</b> | <b>230,35%</b>         |

| <b>Scénario stressé</b>             | <b>Total</b>   | <b>Stock</b>   | <b>Future business</b> |
|-------------------------------------|----------------|----------------|------------------------|
| Prime anticipé                      | 2 000          | 1 000          | 1 000                  |
| <b>Market</b>                       | <b>800</b>     | <b>500</b>     | <b>300</b>             |
| marché                              | 165            | 100            | 65                     |
| défaut                              | 86             | 50             | 36                     |
| souscription                        | 107            | 60             | 47                     |
| opérationnel                        | 74             | 40             | 34                     |
| <b>SCR sans risque business</b>     | <b>299</b>     | <b>175</b>     | <b>125</b>             |
| business volume                     | 20             |                | 20                     |
| <b>SCR avec risque business</b>     | <b>319</b>     | <b>175</b>     | <b>144</b>             |
| <b>NAV/SCR avec risque business</b> | <b>250,84%</b> | <b>286,30%</b> | <b>207,71%</b>         |

### **2.3.5. Estimation des chocs à appliquer pour le risque business**

Pour évaluer les différents niveaux de choc, nous nous basons sur les observations passées. Nous observons en particulier la différence entre les volumes prévus dans les budgets et les volumes réalisés. Ces données permettent d'estimer une moyenne et une volatilité des déviations par rapport à ce qui était attendu. Puis en considérant que le nombre d'observation est suffisamment grand, nous supposons que les déviations suivent une loi gaussienne ce qui permet d'obtenir les différents quantiles de la variable.

Nous utilisons cette même méthode pour évaluer les chocs des risques de volume et de marge.

#### **➤ Exemple :**

On suppose des données disponibles sur cinq années.

Le tableau suivant montre les volumes prévus des affaires nouvelles et les volumes qui se sont réalisés.

|            | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Budget     | 100 | 104 | 111 | 120 | 132 |
| Réalisé    | 108 | 108 | 120 | 131 | 136 |
| Différence | 8%  | 4%  | 8%  | 9%  | 3%  |

| Difference | Standard   |
|------------|------------|
| Moyenne    | Ecart type |
| 6%         | 3%         |

| Loi Normale |
|-------------|
| N(6%,3%)    |

En supposant que le théorème central limite puisse s'appliquer, la déviation entre le réalisé et le budget suit une loi normale de moyenne 6% et d'écart type 3%.

Le tableau suivant montre les quantiles à 90% et à 99,5% ainsi obtenus :

|           | Loi Normale | Quantile @ 90% |     | Quantile @ 99.5% |     |
|-----------|-------------|----------------|-----|------------------|-----|
|           |             | Down           | Up  | Down             | Up  |
| Les chocs | N(6%,3%)    | 3%             | 10% | -1%              | 14% |

### **2.3.6. Agrégation des risques : somme**

Dans notre étude nous ne traiterons pas la problématique d'agrégation des risques. Le risque de business global peut être pris comme la somme des risques de volume et de marge.

$$\text{Risque business} = \text{risque volume} + \text{risque marge}$$

De même, nous ne tiendrons pas compte de l'effet de diversification au niveau global : le risque de business pourra s'ajouter de manière additionnelle au risque global.

$$\text{Risque global} = \text{risque business} + \text{autres risques}$$

## **3. Calcul du profil de risque selon la métrique NAV à 90%**

### **3.1. Approche générale**

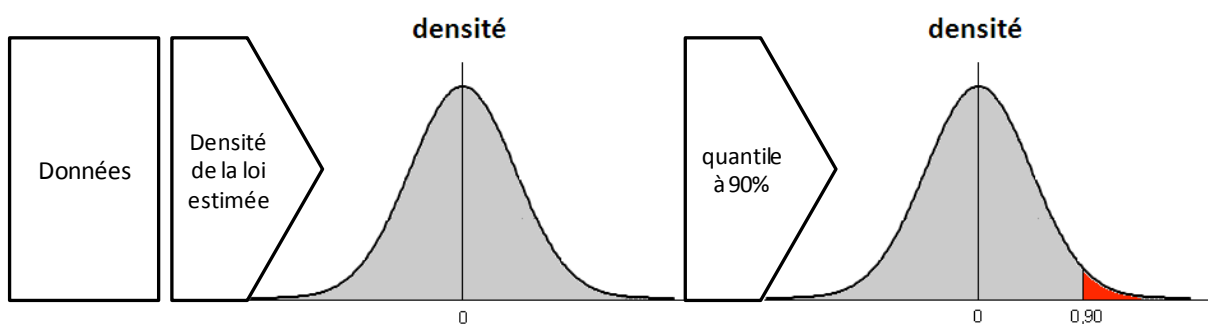
L'évaluation des risques pour la métrique NAV à 90% se fait de la même manière que la métrique NAV à 99,5%.

Nous utilisons l'approche modulaire, pour chaque module de risque nous évaluons le risque à l'aide des formules standards puis nous agrégeons au niveau global à l'aide des matrices de corrélation. Seuls les chocs appliqués dans les scénarios stressés diffèrent. Nous allons donc déterminer les chocs au niveau 90%.

### 3.2. Calibration des chocs à 90%

#### ➤ En Principe

En principe, pour respecter l'exigence d'une mesure du risque qui corresponde parfaitement au profil de la compagnie, il faudrait mener une étude approfondie de chaque risque auquel est soumis le portefeuille détenu par l'assureur. La méthode de la calibration des chocs à 90% consiste alors, dans un premier temps à reconstruire la fonction de densité de la loi des chocs à partir des données disponibles, puis dans un deuxième temps à prendre le quantile à 90% de la loi.



#### ➤ En Pratique

Les chocs au niveau 90% qui vont servir à notre étude ne proviennent pas d'un modèle interne qui résulterait d'une étude statistique des données. Ces chocs sont déterminés à partir des chocs au niveau 99,5% fournis dans les spécifications techniques pour lesquels nous supposons une structure normale des lois.

La méthode de calibration ainsi utilisée est la même pour tous les risques :

- nous supposons que le théorème central limite est applicable de telle sorte que les chocs suivent une loi normale
- nous déterminons la variance : 
$$\sigma = \frac{Choc_{99,5\%}}{q_{99,5\%}^{N(0,1)}}$$
- nous supposons que la moyenne est nulle sauf pour les risques action et immobilier pour lesquels des moyennes non nuls sont spécifiées dans les calibrations papers.
- puis nous déterminons le choc à 90% : 
$$Choc_{90\%} = \sigma \times q_{90\%}^{N(0,1)}$$

➤ **Limites**

La méthode appliquée suppose que le quantile à 99,5% utilisé dans le cadre standard correspond au profil de l'assureur. Cela est évidemment discutable. En effet, les données sur lesquelles s'est basée la calibration des chocs au niveau 99,5% sont issues d'un échantillon ou d'une source qui n'est peut-être pas représentatif de la population assurée par la compagnie. De plus, si la structure normale des risques est admise nous pouvons cependant nuancer les choix selon les risques. Par exemple, pour le risque Prime et Réserve une structure log-normale est spécifiée dans les « *consultation papers* ». De même, pour le risque de défaut le capital requis est déterminé par la formule suivante :

$$3\sqrt{V} \text{ si } \sqrt{V} \leq 5\% \sum_i LGD_i ; \min(\sum_i LGD_i, 5\% \sqrt{V}) \text{ sinon}$$

Par analogie avec le risque Prime et Réserve, nous pouvons retenir une structure Log-normale pour la calibration du choc.

## **II. Proposition de méthode de projection du profil de risque et du bilan économique**

### **1. Projection du SCR et de la NAV : une problématique déjà existante**

La question de la projection de la NAV et du SCR en date future est une problématique déjà existante. En effet, nous la retrouvons dans plusieurs sujets, notamment :

- dans le calcul de la marge pour risque
- dans le calcul du SCR en approche modèle interne
- dans des calculs de rentabilité
- et donc dans des calculs de type ORSA.

Il s'agit donc d'une question essentielle.

Pour résoudre cette question, des méthodes très diverses existent :

- des simples règles de 3,
- des calculs complets mais coûteux en temps de calculs,
- ou des méthodes mathématiques très sophistiquées et rapides mais complexes à mettre en œuvre (portefeuille répliquant, SDS accéléré)

#### **1.1. Problématique dans le cas d'un calcul de SCR en t=0 et en approche modèle interne**

L'ORSA oblige l'assureur à vérifier que le ratio de couverture NAV / SCR est respecté dans différents scénarios en date 0 et en dates futures, tout en intégrant la production nouvelle.

Répondre à la problématique de la projection du bilan économique ou du SCR revient à projeter les flux entrant et sortant des différents contrats, et les variables économiques auxquelles est soumis le portefeuille. Si la projection peut se faire de manière déterministe selon un scénario défini, une projection précise (ou la plus en adéquation possible avec le profil de l'entreprise) requiert la simulation de milliers de scénarios. Notamment, pour déterminer le SCR en modèle interne, ne serait-ce qu'en date t=0, le calcul doit établir une distribution de la NAV.

#### **➤ Rappel**

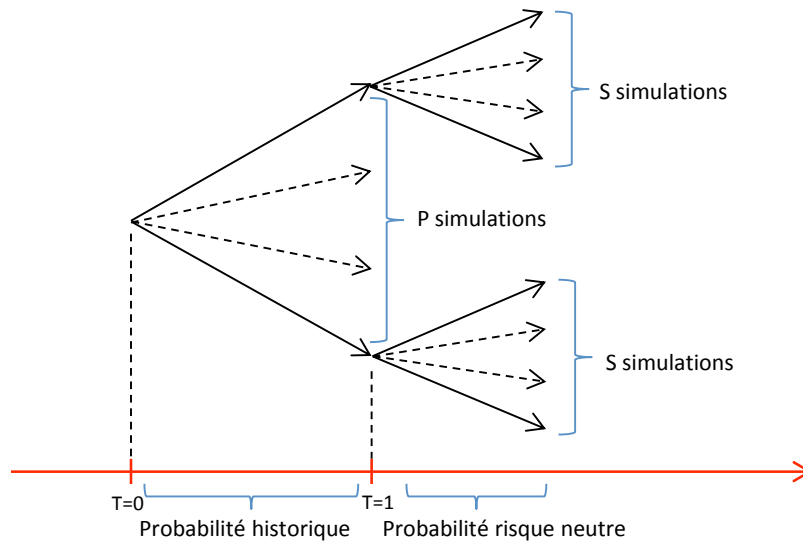
Le SCR calculé en modèle interne est défini comme la différence entre la NAV en date t=0 diminuée par le quantile 0,5% de la NAV en date t=1 actualisé :

$$SCR = NAV_0 - q_{0,5\%}(NAV_1) \times P(0,1)$$

où  $P(0,1)$  est le prix zéro coupon de maturité 1an en date 0

Pour ce calcul, il est alors nécessaire de calculer la distribution de la NAV à un an. L'assureur va alors générer un certain nombre de scénarios qui correspondent chacun à une évolution possible des variables économiques. La distribution doit refléter l'évolution réelle probable de la NAV, les P simulations « primaires » se font donc en univers réel. Pour chaque simulation « primaire », il sera

nécessaire de générer S simulations « secondaires » qui permettront notamment de déterminer le Best Estimate.



Nous voyons qu’une projection précise à un an amène une complexité de PxS. Cette complexité sera d’autant plus grande si l’assureur déploie un plan de développement de longue durée.

## **1.2. Problématique dans le cas d’un calcul de Marge de risque (dans le QIS 5)**

La problématique de la projection du SCR existe déjà dans le QIS5 pour le calcul de la marge de risque nécessite de projeter les SCR. En effet, pour évaluer cette marge, une approche coût du capital a été retenue par l’EIOPA, elle est donc prise égale à la somme actualisé des SCR future multiplié par un taux « coût du capital » :

$$CoCM = CoC \cdot \sum_{t \geq 0} \frac{SCR(t)}{(1 + r_{t+1})^{t+1}}$$

- CoCM marge de risque
- CoC=6%
- $r_t$  est le taux sans risque sans prime d’illiquidité
- SCR(t) est le SCR en date t et exclue les risques de marché évitables et le risque de défaut

Différentes méthodes pour déterminer la marge pour risque sont proposées dans le QIS5:

### **Méthode de niveau 1 :**

Cette méthode consiste à évaluer les futures SCR sans utiliser de simplification.

### **Méthode de niveau 2 :**

Cette méthode consiste à évaluer chaque future SCR par sous module de risque et en utilisant des implications fournies dans le QIS5. La même formule appliquée en méthode 1 est alors utilisée mais avec des simplifications.

### **Méthode de niveau 3 :**

Cette méthode consiste à évaluer les futures SCR à partir du SCR en t=0 selon la formule suivante

$$SCR(t) = \frac{SCR(0)}{BE_{Net}(0)} \times BE_{Net}(t)$$

- $BE_{Net}$  le Best Estimate Liability net de réassurance

### **Méthode de niveau 4 :**

Cette méthode consiste à évaluer la marge de risque selon la formule suivante :

$$CoCM = CoC \times Dur_{mod}(0) \times \frac{SCR(0)}{1 + r_f}$$

- $Dur_{mod}(0)$  = la duration modifiée des obligations net de réassurance

### **Méthode de niveau 5 :**

Cette méthode consiste à évaluer la marge de risque selon la formule suivante :

$$CoCM = \alpha_{lob} \times BE_{Net}(0)$$

- $BE_{Net}$  = le Best Estimate Liability net de réassurance
- $\alpha_{lob}$  = pourcentage fixé selon la lob (ligne of business)

#### **➤ Méthode retenue par les assureurs**

Etant donné qu'il s'agit de calculer la marge de risque, les assureurs ont souvent retenu une méthode simple : la méthode dite de niveau 3 qui consiste à projeter le SCR selon le même rythme d'évolution que les BEL.

Cette méthode n°3 souffre toutefois de plusieurs inconvénients :

- le BEL n'est pas nécessairement le meilleur "driver" du SCR ; Ou autrement dit le SCR n'évolue pas de manière aussi proportionnelle que le BEL : il peut par exemple dépendre aussi des conditions économiques
- elle ne peut pas être appliquée si le BEL est négatif en date initiale puis est positif, cela conduirait sinon à des SCR négatifs
- le calcul d'un BEL en date futures n'est pas toujours aussi simple pour certains contrats. En effet, dès lors qu'on a affaire à des contrats avec des options et garanties, comme des contrats épargne euros, alors le calcul d'un BEL en date t nécessite des milliers de scénarios financiers stochastiques à partir de la date t. Pour résoudre cette problématique, les assureurs ont simplifié les calculs en calculant des BEL futurs à partir des trajectoires moyennes de cashflows calculées en date initiales

### ➤ **Méthode retenue dans le mémoire**

Dans le cadre du mémoire, nous allons donc adopter une approche qui s'apparente à la méthode de niveau 2 : approche modulaire. Pour chaque module de risque nous allons à partir du SCR donné à la date N, projeter le SCR en N+1.

## **2. Projection du bilan économique**

La projection du bilan économique intervient dans le système de gestion des risques au même titre que la projection du profil de risque. Les résultats de la projection permettront notamment aux managers de suivre la tendance que suit l'état bilanciel de la société et de prendre des décisions en réaction d'une évolution qui serait non conforme aux exigences réglementaires ou celles de la direction. De plus, cette étape est essentielle car elle permet de déterminer l'effet volume qui intervient dans la projection du profil de risque (plus le bilan est volumineux, plus les déviations de NAV sont grands).

Cette partie décrit donc la méthode de projection retenue. Contrairement au pilier I, nous tenons également compte des futures affaires.

### **2.1.1. Projection avec des paramètres « Best Estimate »**

La projection du bilan par le modèle se divise en deux étapes :

- Etape 1 : la projection se fait avec des paramètres constants, le mécanisme de cette projection est décrit dans cette partie
- Etape 2 : Le bilan est ensuite « recalibré » pour tenir compte du fait que les paramètres ne sont pas constants, le mécanisme de recalibration est décrit dans la partie « Recalibration » du mémoire. Ce mécanisme de recalibration permet également de projeter le bilan et le profil de risque dans des scénarios stressés.

On suppose donc dans cette partie que le marché est stable et que la composition du portefeuille reste inchangé. Ainsi, la projection s'en retrouve simplifiée et ne tient pas compte des fluctuations des différents paramètres de projection. Nous verrons, comme précisé précédemment, la méthode adoptée pour en tenir compte dans la partie « recalibration ».

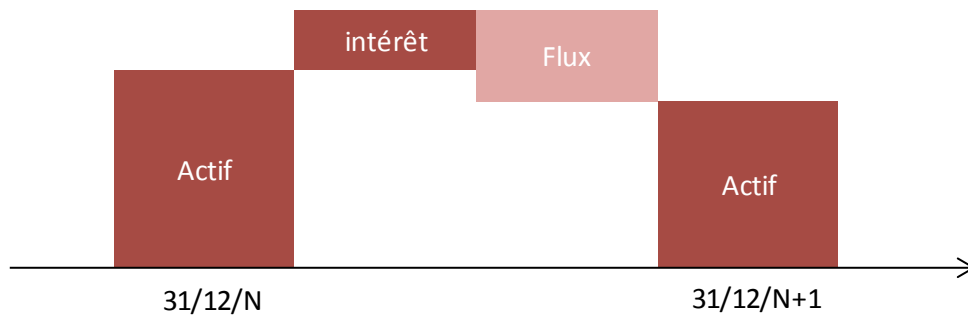
### **2.1.2. Projection des différents postes du bilan**

#### **2.1.2.1. Projection des contrats en stock**

##### ➤ **Projection de l'actif**

La projection de l'actif entre les dates N et N+1 tient compte des modifications suivantes :

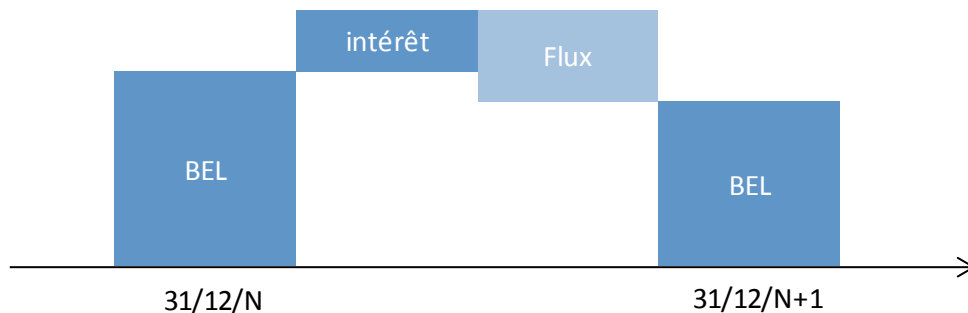
- Augmentation due au taux d'intérêt : cela représente l'écoulement du temps. L'évolution est supposée se faire au rythme du taux sans risque.
- Les flux (primes reçues moins prestations payées) : cela représente la vie des contrats



### ➤ Projection du passif

De la même façon, le BEL tient compte des modifications suivantes :

- Augmentation due au taux d'intérêt. L'évolution est supposée se faire au rythme du taux sans risque.
- Les flux : primes reçues moins prestations payées



La projection de l'actif et du passif nécessite donc la projection des flux de primes et de prestations.

La principale difficulté à cet exercice est la prise en compte des options qui sont accordées aux assurées, notamment la possibilité de racheter les contrats. Pour une projection précise, il faut alors considérer un jeu de scénarios et en déduire une distribution des flux futurs. Ces flux permettent notamment le calcul du BEL en  $t=0$ .

La projection des flux requiert, selon les options et garanties, la modélisation de :

- La loi de rachat
- La mortalité de la population assurée
- L'entrée/sortie en incapacité de la population assurée
- La sinistralité

Les flux qui seront utilisés dans la partie numérique résultent directement des calculs du modèle<sup>11</sup> de projection de la compagnie.

### ➤ La marge de risque

<sup>11</sup> Le modèle ne sera pas décrit dans ce mémoire

La projection de l'actif et du BEL induit une évolution du SCR. Par simplification, nous supposons que la marge de risque est proportionnelle au SCR, la marge de risque va donc évoluer au même rythme que le SCR.

### ➤ Les flux de dividende et de recapitalisation

Lorsqu'une société génère des profits et couvre son SCR, elle redistribue une part des bénéfices aux actionnaires sous forme de dividendes. Le volume redistribué dépend de la politique adoptée par le conseil d'administration. Il pourra très bien redistribuer la totalité des bénéfices pour attirer les investisseurs ou n'en redistribuer qu'une petite partie pour atteindre un ratio de couverture cible.

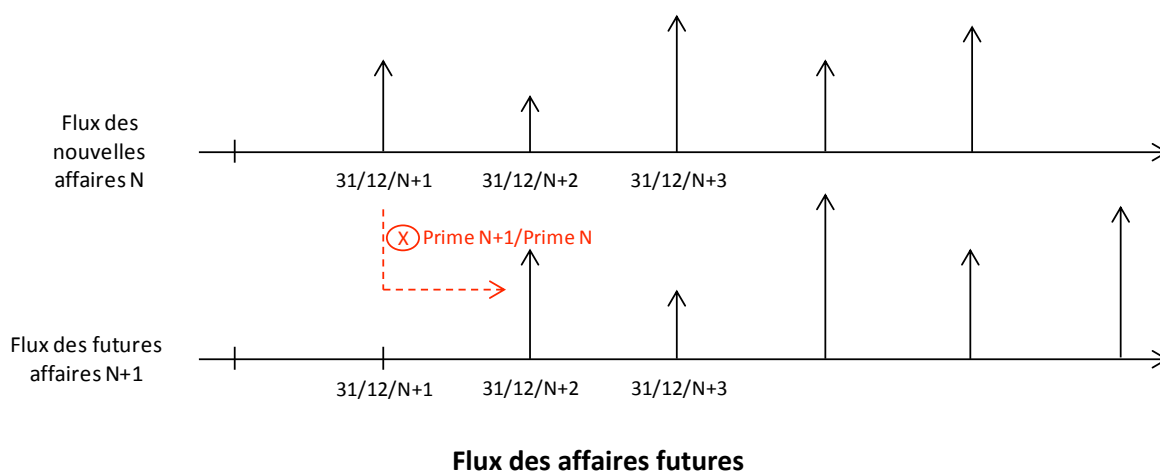
Et inversement si les capitaux ne sont pas suffisants pour couvrir le SCR, l'entreprise devra entreprendre des actions afin de diminuer son exigence en capital ou augmenter son capital. Cette situation est évidemment à éviter car elle entraînerait une dégradation de l'image de la société et une perte de confiance des investisseurs.

#### **2.1.2.2. Les Futures affaires**

Contrairement au pilier I qui suppose une situation en *Run off* pour le calcul du SCR, la projection tient compte du plan de développement, c'est-à-dire des affaires qui vont être vendues les années suivantes. Si pour les contrats à prime unique la distinction entre les différentes générations est simple, pour les contrats à primes périodiques la distinction peut être moins évidente. En effet, même en situation de run-off il peut y avoir des primes futures. La seule différence avec l'activité future est que les primes liées aux contrats en portefeuille sont pris en compte dans le bilan économique. Ainsi, pour distinguer les différentes générations de contrat nous ne considérons pas la date à laquelle sont versées les primes, mais l'année de souscription des contrats.

Pour projeter les flux des futures affaires, les futures affaires sont supposées se comporter de la même manière que les nouvelles affaires acquises durant la dernière période.

Tous les flux des affaires nouvelles de l'année  $N+i$  sont donc supposés égaux au flux des nouvelles affaires vendu en  $N$ . La seule différence sera due à l'effet volume : les montants des flux sont pris proportionnellement aux volumes de primes.



### 3. Projection du profil de risque

Le processus de gestion des risques inclut une étape importante qui est celle de la projection du Profil de risque de la compagnie d'assurance. Cette étape va notamment permettre à la société de voir si les risques qu'elle encourt lui permettent d'atteindre ses objectifs. Et si la situation l'exige, elle pourra redéfinir sa stratégie de développement.

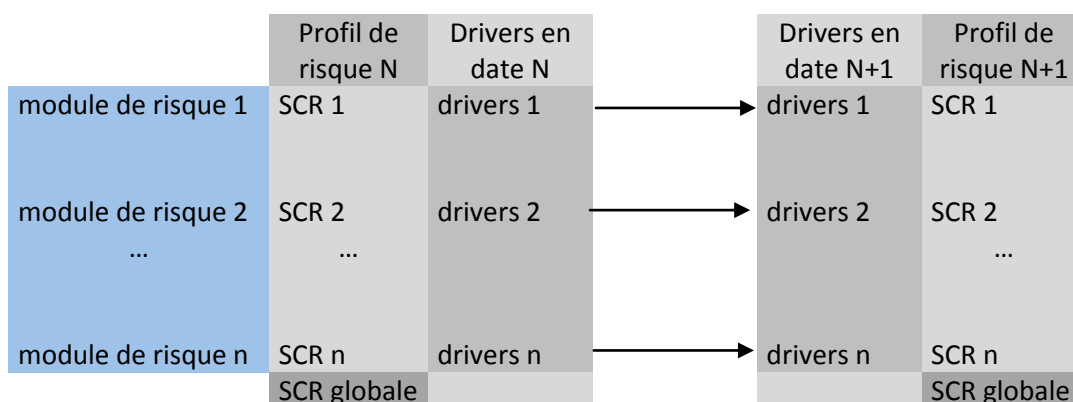
Dans un processus de gestion des risques la direction a besoin de recevoir les informations de manière rapide afin de prendre des décisions en réaction quasi immédiate des mouvements du marché ou de l'environnement social ou légal. En assurance, les dirigeants vont s'intéresser particulièrement à leur profil de risque. Les outils permettant de projeter le profil de risque doivent donc fournir les résultats dans un délai relativement court. Or, nous avons vu que les méthodes de projection précises ne sont pas adaptées pour répondre à cette attente. Des simplifications sont alors nécessaires.

Cette partie va donc s'attacher à décrire une proposition de simplification des formules de projection du SCR ainsi que les hypothèses retenues.

#### 3.1. Principe de projection : une approche par module

La problématique liée à la projection du SCR n'est pas nouvelle. Dans le cadre du calcul de la marge de risque, la plupart des acteurs du marché ont adopté la méthode de projection dite de niveau 3 (SCR proportionnel au BEL). Cette approche semble suffisante pour déterminer une estimation de la marge de risque mais semble inadapté dans notre étude du fait que l'objectif est finalement d'évaluer un ratio de couverture.

Nous allons donc adopter une approche qui s'apparente à la méthode de niveau 2 : approche modulaire. Pour chaque module de risque nous allons à partir du SCR donné à la date N, projeter le SCR en N+1 à partir de driver de risque.



Comme nous l'avons vu, nous n'allons pas simuler des milliers de trajectoires pour chaque module. Nous adoptons plutôt une vision déterministe. Pour chaque module de risque, nous allons suivre des paramètres (*Drivers*) qui régissent l'évolution du SCR selon une formule que nous allons déterminer. Puis, à partir de la formule de projection et des hypothèses d'évolution des paramètres, nous projetons le SCR.

### **3.2. Détermination des formules et des paramètres de projection**

Nous allons dans un premier temps définir une méthode de détermination de la formule de projection du SCR, et ensuite appliquer cette méthode aux différents risques ce qui permettra de déterminer les paramètres à prendre en compte pour la projection.

#### **3.2.1. Pour les risques de marché**

##### **3.2.1.1. Méthode**

L'idée est de se reporter à la méthode standard de calcul du SCR. Selon les risques, le calcul réglementaire du SCR distingue l'approche factorielle et l'approche par scénario. Nous allons nous baser sur l'approche par scénario pour déterminer les formules de projection et nous verrons au cas par cas les risques pour lesquels la méthode factorielle est appliquée. Cette distinction n'intervient pas pour les risques de marché, seul l'approche par scénario est utilisée.

Dans l'approche par scénario, le SCR est déterminé par différence de la NAV après application immédiate d'un choc.

$$SCR = \Delta NAV|_{Shock} = \Delta Actif|_{Shock} - \Delta Passif|_{Shock}$$

De plus, pour les risques de marché, un choc impacte directement l'actif mais impacte également le passif du fait de l'interaction actif/passif.

Nous représentons cette capacité d'absorption par un coefficient : Loss Absorbing Rate. Nous écrivons alors :

$$SCR = \Delta NAV|_{Shock} = \Delta Actif|_{Shock} - (\Delta Passif|_{Shock} + \Delta Passif|_{LossAbsorbing})$$
$$SCR = \Delta NAV|_{Shock} = \Delta Actif|_{Shock} \times (1 - LossAbsorbingRate) - \Delta Passif|_{Shock}$$

A partir de cette formule, nous voyons que les paramètres à considérer sont ceux qui déterminent l'évolution de l'actif et du passif. La méthode adoptée pour projeter le SCR suit alors 4 étapes :

1 : nous projetons la déviation de l'actif due à un choc

$$\Delta Actif_N|_{Shock} \rightarrow \Delta Actif_{N+1}|_{Shock}$$

2 : nous projetons la déviation du passif due à un choc

$$\Delta Passif_N|_{Shock} \rightarrow \Delta Passif_{N+1}|_{Shock}$$

3 : nous projetons la déviation du passif due à un choc et relative à la capacité d'absorption

$$\Delta Passif_{N+1}|_{LossAbsorbing} = LossAbsorbingRate_{N+1} \times \Delta Actif_{N+1}|_{Shock}$$

4 : nous en déduisons le SCR projeté

$$\Delta NAV_{N+1}|_{Shock} = (1 - LossAbsorbingRate_{N+1}) \times \Delta Actif_{N+1}|_{Shock} - \Delta Passif_{N+1}|_{Shock}$$

Dans la suite de cette partie, nous adoptons les notations suivantes :

### Notations utilisées :

- $\omega_N^{Risque}$  : le poids du portefeuille sensible au risque considéré en date N
- $S_N$  : la sensibilité d'un portefeuille d'obligation en date N
- $D_N$  :  $D_N = S_N / (1 + r_N)$  la duration du portefeuille en date N
- $Actif_N$  : valeur de marché des actifs

#### **3.2.1.2. Risque immobilier**

Pour déterminer la formule de projection du SCR pour le risque immobilier, nous suivons les mêmes étapes que précédemment.

Nous retenons les hypothèses de simplification suivante que le choc immobilier n'impacte le passif que par l'effet d'absorption au titre des provisions techniques

Etape 1 : la projection de la déviation de l'actif due au choc immobilier :

Comme pour le risque action, le choc correspond à une baisse directe de la valeur de l'immobilier. Nous pouvons alors déterminer de manière directe la variation de la valeur de l'actif après application d'un choc, et la projection de la déviation de l'actif s'obtient par la formule suivante :

$$\Delta Actif_{N+1} = \frac{Actif_{N+1}^{BeforeShock; Total} \times \omega_{N+1}^{Property}}{Actif_N^{BeforeShock; Total} \times \omega_N^{Property}} \times \Delta Actif_N$$

Contrairement au risque action, il n'y a pas d'ajustement des chocs pour le risque immobilier. Le choc à appliquer pour un niveau donné est alors constant d'une période à l'autre.

Etape 2 : la projection de la déviation du passif due au choc immobilier :

En utilisant l'hypothèse qu'un choc action n'impacte le passif que par l'effet d'absorption au titre des provisions techniques, nous avons :

$$\Delta Passif = 0$$

Etape 3 : projection de la déviation du passif due au choc de taux et à la capacité d'absorption: La variation du passif au titre de cette capacité est prise proportionnelle à la variation de l'actif.

$$\Delta Passif_{N+1} \Big|_{LossAbsorbing} = LossAbsorbingRate_{N+1} \times \Delta Actif_{N+1} \Big|_{Shock}$$

Etape 4 : projection du SCR

En utilisant les résultats des étapes précédentes, nous obtenons la formule de projection du SCR :

$$\frac{\Delta NAV_{N+1}}{\Delta NAV_N} = \frac{Actif_{N+1}^{BeforeShock; Total} \times (1 - LossAbsorbingRate_{N+1}) \times \omega_{N+1}^{Property}}{Actif_N^{BeforeShock; Total} \times (1 - LossAbsorbingRate_{N+1}) \times \omega_N^{Property}}$$

avec  $\omega^{Property}$  le poids du portefeuille d'immobilier

En conséquence, nous proposons de retenir pour la projection de la charge de capitale liée au risque immobilier les « drivers » suivants :

- La variation de la part du portefeuille sensible au risque immobilier.
- La variation de la valeur de l'actif total entre N et N+1
- La variation du coefficient d'absorption

### 3.2.1.3. Risque action

Pour déterminer la formule de projection du SCR pour le risque action, nous suivons les mêmes étapes que précédemment.

Nous retenons les hypothèses de simplification suivante :- Un choc action n'impacte le passif que par l'effet d'absorption au titre des provisions techniques

Cette hypothèse peut être vérifiée pour les contrats de type prévoyance, mais est fautive pour les contrats d'épargne. En effet, une fluctuation des indices action impacte le rendement du portefeuille d'actif ce qui va alors modifier les montants de participation aux bénéfices. Or, le comportement des assurés quant au rachat de leur contrat dépend fortement du rendement des actifs. Plus les indices baissent, plus le nombre de rachats augmente (comportement des assurés dont l'épargne ne dépasse pas un certain seuil).

Nous pouvons cependant justifier cette hypothèse en utilisant le fait que le module de risque de marché est corrélé au module de risque de souscription qui prend en compte le risque de rachat.

Etape 1 : la projection de la déviation de l'actif due au choc action :

Pour le risque action, le choc appliqué correspond à une baisse directe de la valeur de l'actif. La variation de l'action après choc s'obtient donc par la formule suivante :

$$\Delta \text{Actif}_N = \text{Actif}_N^{\text{BeforeShock; Total}} \times \omega_N^{\text{Equity}} \times \text{Shock}_N$$

Et la projection de la déviation de l'actif s'obtient par:

$$\Delta \text{Actif}_{N+1} = \frac{\text{Actif}_{N+1}^{\text{BeforeShock; Total}} \times \omega_{N+1}^{\text{Equity}} \times \text{Shock}_{N+1}}{\text{Actif}_N^{\text{BeforeShock; Total}} \times \omega_N^{\text{Equity}} \times \text{Shock}_N} \times \Delta \text{Actif}_N$$

Remarque/rappel : le choc à appliquer varie d'une période à l'autre. Cette variation résulte du fait qu'il y a un ajustement symétrique (dampener) pour le choc du risque action, et cet ajustement n'est pas constant.

Etape 2 : la projection de la déviation du passif due au choc action:

En utilisant l'hypothèse qu'un choc action n'impacte le passif que par l'effet d'absorption au titre des provisions techniques, nous avons :

$$\Delta \text{Passif} = 0$$

Etape 3 : projection de la déviation du passif due au choc de taux et à la capacité d'absorption:

La variation du passif au titre de cette capacité est prise proportionnelle à la variation de l'actif.

$$\Delta Passif_{N+1} \Big|_{LossAbsorbing} = LossAbsorbingRate_{N+1} \times \Delta Actif_{N+1} \Big|_{Shock}$$

Etape 4 : projection du SCR

En utilisant les résultats des étapes précédentes, nous obtenons la formule de projection du SCR :

$$\frac{\Delta NAV_{N+1}}{\Delta NAV_N} = \frac{Actif_{N+1}^{BeforeShock; Total} \times (1 - LossAbsorbingRate_{N+1}) \times \omega_{N+1}^{Equity} \times Shock_{N+1}}{Actif_N^{BeforeShock; Total} \times (1 - LossAbsorbingRate_N) \times \omega_N^{Equity} \times Shock_N}$$

avec  $\omega^{Equity}$  le poids du portefeuille d'actions

En conséquence, nous proposons de retenir pour la projection de la charge de capitale liée au risque action les « drivers » suivants :

- la variation du choc à appliquer
- La variation de la part du portefeuille sensible au risque action.
- La variation de la valeur de l'actif total entre N et N+1
- La variation du coefficient d'absorption

#### **3.2.1.4. Risque de taux d'intérêt**

Pour déterminer la formule de projection du SCR pour le risque de taux d'intérêt, la méthode utilisée est celle décrite précédemment et des hypothèses de simplification sont retenues.

Nous retenons les hypothèses de simplification suivante :- le portefeuille d'actif sensible au risque de taux est assimilé à un portefeuille d'obligations à taux fixe

- la variation du passif due au choc de taux s'approxime par la variation d'un portefeuille d'obligations à taux fixe de même duration

En appliquant la méthode adoptée pour déterminer la formule de projection, nous obtenons par étape :

Etape 1 : la projection de la déviation de l'actif due au choc de taux :

On utilise l'hypothèse que l'actif sensible au taux d'intérêt est assimilable à un portefeuille d'obligation à taux fixe, ce qui nous permet de déterminer la variation de l'actif après choc. En effet, en approximant au premier ordre la valeur d'une obligation, nous pouvons évaluer sa valeur après variation du taux :

$$Actif(r + \Delta r) = Actif(r) - \Delta r \times S \times Actif(r)$$

On déduit alors la variation de la valeur de l'actif :

$$\Delta Actif_N = Actif_N \times S_N \times \Delta r_N \approx Actif_N^{Total} \times \omega_N^{TauxIntérêt} \times D_N^{Actif} \times \Delta r_N$$

Et la projection de la déviation de l'actif :

$$\Delta Actif_{N+1} = \frac{Actif_{N+1}^{Total} \times \omega_{N+1}^{TauxIntérêt} \times D_{N+1}^{Actif} \times \Delta r_{N+1}}{Actif_N^{Total} \times \omega_N^{TauxIntérêt} \times D_N^{Actif} \times \Delta r_N} \times \Delta Actif_N$$

Etape 2 : la projection de la déviation du passif due au choc de taux :

En utilisant l'hypothèse que la variation du passif due à un choc de taux s'approxime par la variation d'un portefeuille d'obligations à taux fixe de même durée, nous évaluons la valeur du passif après modification du taux d'intérêt :

$$Passif(r + \Delta r) = Passif(r) - \Delta r \times S \times Passif(r)$$

Nous projetons la déviation du passif de la même manière que l'actif :

$$\Delta Passif_{N+1} = \frac{Passif_{N+1}^{Total} \times \omega_{N+1}^{TauxIntérêt} \times D_{N+1}^{Passif} \times \Delta r_{N+1}}{Passif_N^{Total} \times \omega_N^{TauxIntérêt} \times D_N^{Passif} \times \Delta r_N} \times \Delta Passif_N$$

Etape 3 : projection de la déviation du passif due au choc de taux et à la capacité d'absorption:

Nous avons représenté la capacité d'absorption des provisions techniques par un coefficient Loss Absorbing Rate. La variation du passif au titre de cette capacité est donc prise, à hauteur de ce coefficient, proportionnelle à la variation de l'actif.

$$\Delta Passif_{N+1} \Big|_{LossAbsorbing} = LossAbsorbingRate_{N+1} \times \Delta Actif_{N+1} \Big|_{Shock}$$

Etape 4 : projection du SCR

Avec les notations adoptées, la variation NAV après un choc s'écrit de la manière suivante :

$$\Delta NAV_{N+1} \Big|_{Shock} = (1 - LossAbsorbingRate_{N+1}) \times \Delta Actif_{N+1} \Big|_{Shock} - \Delta Passif \Big|_{Shock}$$

Puis, en utilisant les résultats des étapes précédentes, nous obtenons la formule de projection du SCR :

$$\frac{\Delta NAV_{N+1}}{\Delta NAV_N} = \frac{Actif_{N+1}^{Total} \times (1 - LossAbsorbingRate_{N+1}) \times \omega_{N+1}^{TauxIntérêt} \times D_{N+1}^{Actif} \times \Delta r_{N+1} - Passif_{N+1}^{Total} \times D_{N+1}^{Passif} \times \Delta r_{N+1}}{Actif_N^{Total} \times (1 - LossAbsorbingRate_N) \times \omega_N^{TauxIntérêt} \times D_N^{Actif} \times \Delta r_N - Passif_N^{Total} \times D_N^{Passif} \times \Delta r_N}$$

Selon cette formule, il faudrait prendre en compte l'évolution du volume de passif. Cependant, par simplification nous la supposons équivalente à celle de l'actif. Et nous nous ramenons à la formule suivante :

$$\frac{\Delta NAV_{N+1}}{\Delta NAV_N} = \frac{Actif_{N+1}^{Total} \times \left[ (1 - LossAbsorbingRate_{N+1}) \times \omega_{N+1}^{TauxIntérêt} \times D_{N+1}^{Actif} - D_{N+1}^{Passif} \right] \times \Delta r_{N+1}}{Actif_N^{Total} \times \left[ (1 - LossAbsorbingRate_N) \times \omega_N^{TauxIntérêt} \times D_N^{Actif} - D_N^{Passif} \right] \times \Delta r_N}$$

avec  $D$  la duration,  $D = S/(1+r)$  et  $\omega^{TauxIntérêt}$  le poids du portefeuille sensible au taux d'Intérêt

En conséquence, nous proposons de retenir pour la projection de la charge de capitale liée au risque de taux les « drivers » suivants :

- La duration de l'actif et du passif
- La variation du taux d'intérêt
- La variation de la part du portefeuille sensible au risque de taux d'intérêt.
- La variation de la valeur de l'actif total entre N et N+1
- La variation de la capacité d'absorption des provisions techniques

### 3.2.1.5. Risque de spread

Pour déterminer la formule de projection du SCR pour le risque de spread, nous suivons les mêmes étapes que précédemment.

Nous retenons par ailleurs les hypothèses de simplification suivante :

- le portefeuille d'actif sensible au risque de spread n'est constitué que d'obligation, nous ne tenons pas compte des dérivés de crédit et des produits structurés de crédit.
- Un choc action n'impacte le passif que par l'effet d'absorption au titre des provisions techniques

Etape 1 : la projection de la déviation de l'actif due au choc de spread :

Dans le scénario stressé, le choc de spread sur les obligations correspond à une baisse instantanée de la valeur des obligations due à une hausse du spread. La valeur de la baisse est donnée par la formule suivante :

$$\Delta Actif = \sum_i MV_i \times Duration_i \times F^{up}(rating_i)$$

avec  $F^{up}(rating_i)$  une fonction du rating de l'exposition au risque de crédit.  
 $MV_i$  la valeur de l'exposition au risque i

En pratique nous considérons le portefeuille d'obligation dans son ensemble. Nous introduisons donc un  $F^{up}$  global et une duration globale qui sont les moyennes pondérées des différents  $F^{up}$  et duration. Ainsi, nous déterminons la projection de la déviation de l'actif :

$$\Delta Actif_{N+1} = \frac{Actif_{N+1}^{BeforeShock} \times Duration_{N+1} \times F_{N+1}^{UP}}{Actif_N^{BeforeShock} \times Duration_N \times F_N^{UP}} \times \Delta Actif_N$$

Etape 2 : la projection de la déviation du passif due au choc de spread :

En utilisant l'hypothèse qu'un choc action n'impacte le passif que par l'effet d'absorption au titre des provisions techniques, nous avons :

$$\Delta Passif = 0$$

Etape 3 : projection de la déviation du passif due au choc de taux et à la capacité d'absorption:  
La variation du passif au titre de cette capacité est prise proportionnelle à la variation de l'actif.

$$\Delta Passif_{N+1} \Big|_{LossAbsorbing} = LossAbsorbingRate_{N+1} \times \Delta Actif_{N+1} \Big|_{Shock}$$

Etape 4 : projection du SCR

En utilisant les résultats des étapes précédentes, nous obtenons la formule de projection du SCR :

$$\frac{\Delta NAV_{N+1}}{\Delta NAV_N} = \frac{Actif_{N+1}^{BeforeShock; Total} \times \omega_{N+1}^{Spread} \times (1 - LossAbsorbingRate_{N+1}) \times Duration_{N+1} \times F_{N+1}^{UP}}{Actif_N^{BeforeShock; Total} \times \omega_N^{Spread} \times (1 - LossAbsorbingRate_N) \times Duration_N \times F_N^{UP}}$$

avec  $\omega^{spread}$  le poids du portefeuille sensible au risque de spread

En conséquence, nous proposons de retenir pour la projection de la charge de capitale liée au risque de spread les « drivers » suivants :

- La variation du choc  $F_{up}$  à appliquer à l'ensemble du portefeuille
- La variation de la duration
- La variation de la part du portefeuille sensible au risque de spread
- La variation de la valeur de l'actif total entre N et N+1
- La variation du coefficient d'absorption

### 3.2.1.6. Les autres risques de marché

Pour les risques de change, de concentration et d'illiquidité, nous ne projetons pas le SCR.

#### ➤ Le risque de change

Pour le risque de change nous supposons que le périmètre de notre activité est suffisamment restreint pour négliger l'évolution de ce risque sur une période de quelques années. De plus, souvent les sociétés qui agissent sur un périmètre incluant plusieurs devises, se munissent d'une stratégie de couverture qui réduit également le risque de change.

#### ➤ Le risque de concentration

Le risque de concentration évolue peu pour une société. Nous ne nous intéresserons à ce risque que lorsque l'entreprise changera de manière significative sa stratégie d'investissement ou si le rating d'une des contreparties du portefeuille se voit dégrader par une agence de notation. Dans ces situations une évaluation complète du risque sera nécessaire.

➤ **Le risque de prime d'illiquidité:**

Au regard des autres risques, ce risque n'est pas significatif. Donc nous ne projetons pas le SCR pour le risque de prime d'illiquidité. De plus, nous pouvons noter que le traitement de ce risque n'est pas encore stabilisé par les groupes de travail de l'EIOPA.

### **3.2.2. Pour les risques de souscription**

#### **3.2.2.1. Méthode retenue**

La méthode utilisée pour déterminer les paramètres de projection est identique pour les sous-risques des différents modules de souscription : mortalité, longévité, rachat, incapacité, dépense. Nous verrons le cas particulier du risque « Prime et réserve » en non vie et santé NSLT, qui est évalué selon une approche factorielle par la formule standard.

Les chocs correspondant à un risque de souscription n'impactent que le passif, la variation de la NAV résulte donc uniquement d'une variation du passif :

$$SCR = \Delta NAV = -\Delta Passif$$

Pour chaque risque le choc correspond à une variation du facteur de risque.

De manière formelle nous écrivons :

$$\begin{aligned}\Delta NAV &= -Passif^{AfterShock} + Passif^{BeforeShock} \\ \Delta NAV &= -Passif^{BeforeShock} \times (1 + FacteurRisque \times Shock) + Passif^{BeforeShock} \\ \Delta NAV &= -Passif^{BeforeShock} \times FacteurRisque \times Shock\end{aligned}$$

Nous déduisons ensuite la formule suivante :

$$\frac{\Delta NAV_{N+1}}{\Delta NAV_N} = \frac{Passif_{N+1}^{BeforeShock} \times FacteurRisque_{N+1}}{Passif_N^{BeforeShock} \times FacteurRisque_N}$$

En conséquence, nous proposons de retenir pour la projection de la charge de capitale liée aux risques de souscription les « drivers » suivants :

- La variation du facteur de risque
- La variation de la valeur du passif entre N et N+1

#### **3.2.2.2. Un driver commun aux facteurs de risque biométriques : le ratio S/P**

En pratique, pour les risques biométrique (mortalité, longévité, morbidité, invalidité) nous supposons que l'évolution du facteur de risque est équivalente à l'évolution du ratio S/P.

Par exemple pour le risque de mortalité, le taux de mortalité qu'on applique dans les scénarios stressés est de la forme  $q_x \times (1 + choc)$ , où  $q_x$  est le taux de mortalité dans le scénario central.

Le ratio S/P dans le scénario stressé devient alors :

$$S / P_{AfterShock} = \frac{CapitalSousRisque \times q_x \times (1 + choc)}{Prime} = S / P_{BeforeShock} \times (1 + choc)$$

### 3.2.2.3. Cas particulier du risque « Prime et réserve »

La méthode standard adopte une approche factorielle pour déterminer le SCR « prime et réserve ». Cependant, pour projeter le SCR de ce risque, nous utilisons la même méthode que les autres risques souscription. Nous allons donc suivre l'indicateur S/P.

Il s'agit d'une grande approximation, nous allons alors illustrer l'erreur commise à l'aide d'un exemple.

#### ➤ Rappel :

Pour rappel la formule standard pour le risque prime et réserve est la suivante :

$$NL_{P\&R} = \rho(\sigma) \cdot V$$

$$\text{avec } \rho(\sigma) = \frac{\exp(N_{0,995} \sqrt{\log(\sigma^2 + 1)})}{\sqrt{\sigma^2 + 1}} - 1 \approx 3\sigma$$

$$V = \sum_{LoB} V_{LoB}$$

$$V_{LoB} = (V_{LoB}^{Pr em} + V_{LoB}^{Res}) \times (0,75 + 0,25 \times DIV_{LoB})$$

$$V_{LoB}^{Res} = PCO_{LoB}(\text{Best estimate des prestations à payer})$$

$$V_{LoB}^{Pr em} = \max(P_{LoB}^{t, \text{émise}}, P_{LoB}^{t, \text{acquise}}, P_{LoB}^{t-1, \text{émise}}) + P_{LoB}^{PP}$$

Avec,

V : les volumes mesurés (prime et réserve)

$P_{LoB}^{t, \text{émise}}$  : Prime émise l'année t

$P_{LoB}^{t, \text{acquise}}$  : Prime acquise l'année t

$P_{LoB}^{PP}$  : Valeur actuelle probable des primes acquises des contrats existant

#### Illustration numérique:

Nous considérons une génération de contrat d'assurance non vie. Nous supposons une prime émise par l'assuré de 100. L'assureur prévoit un ratio S/P de 70%.

Nous estimons alors le BEL à 70 (nous ne tenons pas compte de l'actualisation) :  $V_{LoB}^{Res} = 70$

Nous posons :  $V_{LoB}^{Pr em} = 0$  et  $V_{LoB} = V_{LoB}^{Pr em} + V_{LoB}^{Res} = 70$

Le SCR est donc évalué à :  $SCR_N^{Pr em \& Res} = 3\sigma_{LoB} V_N = 3\sigma_{LoB} \times 70$

En N+1, l'assureur estime un ratio S/P de 80% :  $V_{LoB}^{Res} = 80$

$$SCR_{N+1}^{Pr em \& Res} = 3\sigma_{LoB} V_{N+1} = 3\sigma_{LoB} \times 80$$

Puis en faisant le rapport des SCR, nous avons l'équivalence :

$$\frac{V_{N+1}}{V_N} \approx \frac{(S/P)_{N+1}}{(S/P)_N}$$

L'erreur commise en utilisant le ratio S/P comme indicateur du risque Prime et Réserve vient du fait qu'on suppose le risque lié au prime négligeable :  $V_{LoB}^{Pr em} = 0$

Cette approximation n'est valable que si l'assureur est capable d'estimer avec un niveau de confiance élevé les primes acquises et émises futures. Nous allons donc supposer que l'assureur en est effectivement capable, et le ratio S/P sera utilisé comme indicateur de risque de la même manière que les risques biométriques.

### **3.2.3. Les autres modules de risques**

#### **➤ Risque de défaut**

Par défaut nous supposons ce risque est soumis qu'à l'effet volume de actif. En effet, il est difficile d'établir une formule qui permette de projeter le SCR défaut et qui reflète les situations possibles (il faudrait tenir compte des possibilités de changement de probabilité de défaut de chaque exposition). Une évaluation du risque sera alors directement effectuée si une contrepartie voit sa situation dégradé de manière significative.

#### **➤ Risque opérationnel**

Ce risque est principalement lié au volume des affaires vendu par la compagnie. La projection de ce risque ne tient alors compte que de l'effet « volume » de l'actif.

#### **➤ Risque lié aux actifs intangibles**

Ce risque est évalué proportionnellement au volume d'actifs incorporels. La projection de ce risque ne tient alors compte que du volume de ces actifs.

#### **➤ Risque business**

Le risque business est alors supposé évolué au rythme du volume total d'actif.

## **4. La recalibration des projections**

### **4.1. Le principe de la recalibration**

#### **Des hypothèses différentes pour les différentes dates de projection**

Nous avons vu dans la partie « projection du bilan » que la méthode retenue pour projeter le bilan supposait un paramétrage des variables (de marché ou propres au portefeuille telles que le loss ratio) constant sur l'horizon de projection. Pour tenir compte des fluctuations possibles de ces variables, nous introduisons une étape de « recalibration » qui permet d'impacter le bilan.

#### **Exemple**

Par exemple, supposons qu'un assureur estime initialement son ratio S/P à 70% pour l'exercice à venir. En cours d'année, le service inventaire lui rapporte un ratio de 40%. L'assureur décide de modifier son hypothèse de projection et estime un nouveau ratio S/P de 50% pour l'année N+1. Son bilan initialement projeté ne correspond alors pas à la situation actuelle, il va se retrouver impacté au niveau du passif et au niveau du SCR. Selon les variables, un changement sur des hypothèses peut impacter en tout ou partie le bilan.

## 4.2. Méthode de recalibration

### 4.2.1. Principe général de la méthode

On rappelle que le profil de risque pour les métriques considérées mesure les déviations de la NAV suite à un choc (à un niveau de 90% et 99,5%).

|                    | Profil de<br>risque N |
|--------------------|-----------------------|
| module de risque 1 | SCR 1                 |
| module de risque 2 | SCR 2                 |
| ...                | ...                   |
| module de risque n | SCR n                 |
|                    | SCR globale           |

Pour recalibrer le bilan projeté, les changements d'hypothèses sont considérés comme des chocs par rapport à une situation où les hypothèses sont constants.. Ainsi, en déterminant le niveau de choc auquel correspond le changement d'hypothèses, et en supposant une évolution linéaire des déviations par rapport au niveau de choc, nous déterminons l'impact sur le bilan des nouvelles hypothèses.

$$\text{Impact} = \frac{\text{Choc(hypothèse)}}{\text{Choc(niveau de référence)}} \times \text{SCR(niveau de référence)}$$

### 4.2.2. Impact des nouvelles hypothèses sur les facteurs de risque de marché

Selon l'indicateur suivi, un changement d'hypothèses n'impactent pas les mêmes postes du bilan. Les changements d'hypothèses qui sont relatifs aux risques de marché (par exemple : courbe des taux, valeurs de l'indice immobilier ...) vont impacter directement l'actif mais vont également modifier le passif.

L'impact sur le passif correspond à la capacité d'absorption du passif. Cette capacité est représenté par un coefficient « Loss Absorbing Rate ».

#### Exemple :

Un assureur projette son bilan économique et son profil de risque selon le mécanisme projection décrit dans la partie précédente et obtient pour l'année N+1 les résultats suivant pour des hypothèses initiales données :

| Bilan projeté N+1 |      | Profil de risque N+1 |     |
|-------------------|------|----------------------|-----|
| 7000              | 1000 | Marché               | 200 |
|                   | 6000 | Défaut               | 50  |
|                   |      | souscription         | 100 |
|                   |      | Opérationnel         | 50  |
|                   |      | autre                | 0   |
|                   |      | SCR 90%              | 291 |

### ➤ Hypothèses

On suppose que toutes les hypothèses que l'assureur avait initialement émises sont vérifiées, sauf pour l'indice action (ex :CAC 40).

Le « Loss absorbing rate » est évalué à 75%.

### ➤ Calcul

L'assureur avait estimé le CAC 40 à 3500 pour l'année N+1 mais la valeur actuellement observée n'est que de 3150. Le marché étant très volatile, l'assureur décide d'estimer la valeur future de l'indice à la dernière valeur connue : 3150.

Ainsi, le changement d'hypothèse correspond à un choc de -10% de l'indice action.

En supposant que le risque de marché est réduit au risque action, le profil de risque N+1 indique qu'une baisse de 90% des actions entraîne une baisse de la NAV de 200.

De plus, la variation de la NAV est la différence de la variation de l'actif et de la variation du passif :

$$\Delta NAV = \Delta Actif - \Delta Passif = \Delta Actif \times (1 - LossAbsorbingRate)$$

On obtient alors la variation de l'actif :

$$\begin{aligned} \Delta Actif \times (1 - 75\%) &= 200 \\ \text{et } \Delta Actif &= 800 \end{aligned}$$

Puis, nous déterminons la variation du passif :

$$\begin{aligned} \Delta Passif &= LossAbsorbingRate \times \Delta Actif \\ \Delta Passif &= 75\% \times 800 = 600 \end{aligned}$$

Or, le changement d'hypothèse correspond à une baisse de 10% de l'indice boursier. Les impacts pour ce niveau de choc sont déterminés proportionnellement aux SCR(90%):

$$\begin{aligned} Im\ pact_{Actif} &= \frac{10\%}{90\%} \times 800 = 89 \\ \text{et } Im\ pact_{Passif} &= \frac{10\%}{90\%} \times 200 = 67 \end{aligned}$$

Le bilan N+1 est ainsi recalibré :

| Bilan projeté N+1 |      |   | Bilan N+1 recalibré |      |
|-------------------|------|---|---------------------|------|
| 7000              | 1000 | → | 6911                | 978  |
|                   | 6000 |   |                     | 5973 |

Nous avons vu que le profil de risque dépendait du volume de l'actif, donc après recalibration le profil de risque change également. Ainsi le risque de marché qui était initialement de 200 devient :  $200 \times 6911 / 7000 = 197$ .

#### **4.2.3. Impact des nouvelles hypothèses sur les facteurs des risques de souscription**

Les risques de souscription n'impacte que le passif. De ce fait, les variations des hypothèses que l'assureur émet sur les paramètres tels que le ratio S/P ou les dépenses ne vont modifier que le passif et la NAV.

##### **Exemple :**

On reprend l'exemple précédent, mais en supposant cette fois que toutes les hypothèses initialement émises sont vérifiées sauf pour le ratio S/P.

On émet les hypothèses suivantes :

- Les risques de souscription sont réduits au risque de mortalité
- Le ratio S/P est un indicateur de la mortalité

Le profil de risque N+1 indique qu'un choc à un niveau de 90% des taux de mortalité entraîne une baisse de la NAV de 100.

Le choc à 90% de la mortalité est évalué à une augmentation de 7,50% des taux de mortalité.

Le S/P estimé initialement était de 50%. En cours d'année, le service inventaire calcule un ratio de 80%.

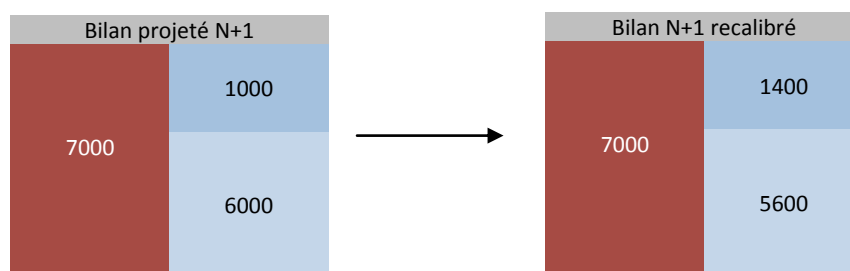
L'assureur estime alors par pondération un nouveau ratio de 65% pour l'année N+1.

Ce changement d'hypothèse correspond à une augmentation du ratio S/P de 30%.

L'impact sur le passif est alors de :

$$\text{Im } \textit{pact}_{\textit{passif}} = \frac{30\%}{7,50\%} \times 100 = 400$$

Et le bilan projeté N+1 devient :



#### **4.2.4. Impact des nouvelles hypothèses sur les autres risques**

Risque de défaut : le modèle ne tient pas compte des facteurs régissant ce risque, il faudrait notamment prendre en compte des probabilités de chaque contrepartie.

**Risque opérationnel** : il n'y a pas de recalibration effectuée pour ce risque. En cas de perte opérationnelle significative, l'impact sur le bilan sera évalué selon la situation.

Risque des actifs intangibles : La recalibration de ce risque n'affecte le bilan que par effet volume.

**Risque business** : ce risque concerne le volume des affaires futures. La recalibration n'affecte alors le bilan que par effet volume.

#### **4.2.5. Problème de circularité pour recalibrer le bilan N+1**

La recalibration du bilan projeté N+1 nécessite de connaître le profil de risque correspondant à l'année N+1.

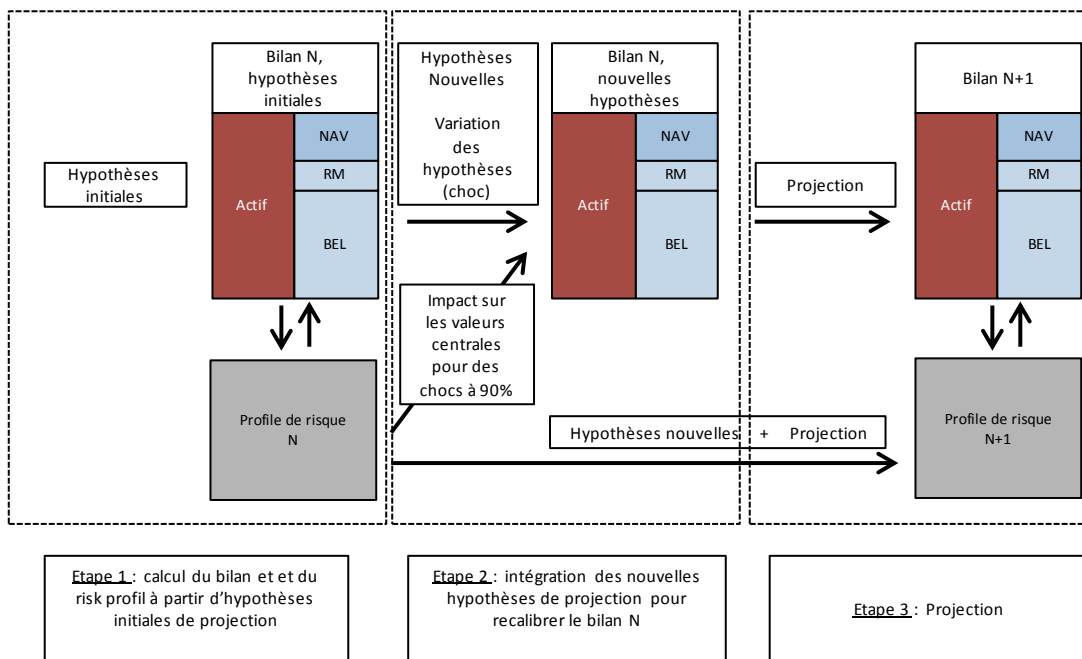
Or, le profil N+1 a été obtenu en projetant le profil N avec les hypothèses initiales, cela signifie qu'il n'intègre pas les nouvelles informations. De plus, la projection du profil de risque nécessite de posséder le bilan N+1. En effet, comme nous l'avons décrit dans la partie sur la projection, la métrique retenue pour mesurer le profil de risque tient compte de l'évolution des volumes des différents postes du bilan, il s'agit de l'effet « volume ».

Ainsi, un problème de circularité apparaît pour cette étape de recalibration.

#### **Solution appliquée:**

Pour résoudre ce problème de circularité, la recalibration va s'appliquer au bilan N pour lequel le profil de risque réel est connu.

L'intégration des nouvelles hypothèses dans le processus de projection va alors suivre le schéma suivant :



Cette méthode de recalibration permet de déterminer un bilan N qui correspond à celui qui aurait été établi en N si les conditions initiales avaient été celles de la situation nouvelle.

On intègre alors les nouvelles hypothèses dans le bilan N+1 en projetant le bilan N recalibré.

## **Partie III : Application à un portefeuille**

Le modèle décrit dans la partie précédente a été implémenté dans un outil Excel et va être appliqué dans cette partie.

L'objectif de cette 3<sup>ème</sup> partie est d'illustrer les méthodes de projections proposées dans la partie précédente. Nous proposons pour cela de considérer un portefeuille fictif correspondant au « Business » d'une compagnie d'assurance nommée CIE.

Pour les besoins de notre étude, le portefeuille est composé en trois catégories de contrats :

- les contrats Epargne au fonds général (Epargne Euro)
- les contrats Epargne en Unité de Compte (Epargne UC)
- les contrats de prévoyance

Dans une 1<sup>ère</sup> étape, nous présenterons à la date initiale de projection (soit le 31/12/N) le bilan économique, le profil de risque ainsi que le ratio de couverture évalués dans les métriques retenues (NAV@99,5%).

Puis dans une 2<sup>ème</sup> étape nous projetterons ce ratio de couverture sur un horizon de trois années selon un scénario.

L'objectif de la 3<sup>ème</sup> étape sera de tester la robustesse de la compagnie à différents stress-tests effectués sur les principaux facteurs de risque de la compagnie.

Enfin dans une dernière étape nous tenterons de définir des seuils d'alerte qui permettra à la compagnie de réagir et d'enclencher des actions en cas de forte dégradation du ratio de couverture.

L'étude numérique se porte principalement du point des régulateurs. L'attention sera donc portée sur la métrique « SCR » (NAV@99,5%).

### **I. Bilan, profil de risque et ratio de couverture en date initiale**

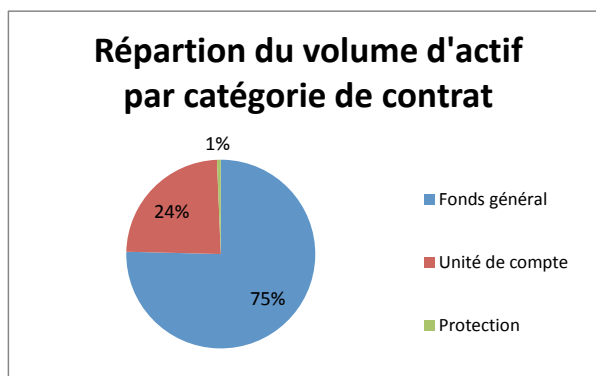
Nous décrivons ici le portefeuille étudié, notamment la répartition du portefeuille entre les trois catégories de contrat considérées, le bilan et le profil de risque en date initiale. Le profil de risque sera présenté avant et après intégration du risque « business ».

#### **1. Composition du portefeuille étudié**

Pour les besoins de notre étude, le portefeuille étudié est scindé en trois catégories de portefeuille (nous parlerons aussi de Lob « Line of business ») :

- Epargne « fonds général » : cette catégorie inclut les contrats d'épargne en fonds général. Le portefeuille étudié se compose en particulier de contrats d'épargne avec participation au bénéfice avec sortie en capital au terme du contrat et option de sortie en rente, ou sortie obligatoire en rente.
- Epargne en unités de compte : cette catégorie inclut les contrats en unité de compte et se compose de contrats d'épargne avec participation au bénéfice avec sortie en capital au terme du contrat et option de sortie en rente, de contrats d'épargne avec sortie obligatoire en rente.

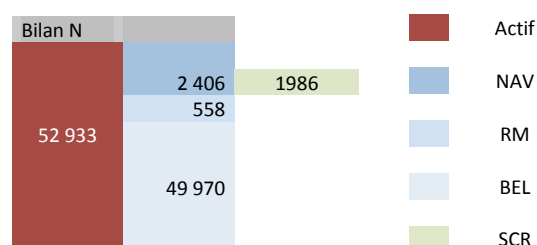
- Prévoyance : cette catégorie inclut les contrats de prévoyance (principalement de l'assurance emprunteur).



Le graphique décrit la répartition de l'actif en face des engagements de l'assureur par catégorie de contrat. Le portefeuille est composé à 75% d'épargne en fonds général, 24% d'épargne en unité de compte et 1% de prévoyance. Le faible poids du portefeuille prévoyance s'explique par une activité récente de la compagnie dans cette branche.

## 2. Le bilan économique en date initiale

Selon la méthode de valorisation décrite dans la partie précédente, le bilan économique en  $t=0$  pour le portefeuille considéré se compose comme suit :



Le portefeuille est représenté par un volume d'actif global de 52 933. Ce volume d'actif est en représentation du BEL (49 970), de la marge de risque (558) et de la NAV (2 406). Le risque global est évalué à un SCR égal à 1986.

## 3. Le profil de risque en date initiale

### 3.1. Le profil de risque du portefeuille global (hors risque « business »)

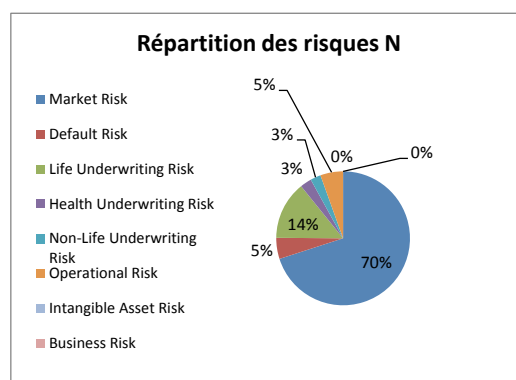
Le profil de risque du portefeuille global est obtenu selon la méthode de calcul standard du SCR (métrique SCR).

| Portefeuille Global        | N     |
|----------------------------|-------|
| Métrique                   | SCR   |
| Expected Value             | 2 406 |
| Market Risk                | 1 597 |
| Default Risk               | 116   |
| Life Underwriting Risk     | 321   |
| Health Underwriting Risk   | 63    |
| Non-Life Underwriting Risk | 58    |
| Operational Risk           | 125   |
| Intangible Asset Risk      | -     |
| Business Risk              | -     |
| Deviation @ 99,5% risk     | 1 903 |
| Relative deviation         | 79%   |
| Coverage ratio             | 126%  |

Le profil de risque indique que le capital réglementaire est couvert à 126%.

Le profil de risque de la compagnie respecte donc les exigences réglementaires (couverture supérieure à 100%) et les actionnaires peuvent craindre une perte de 40% de la valeur de la société au plus une fois tous les 10 ans.

#### ➤ Répartition des risques en date initiale



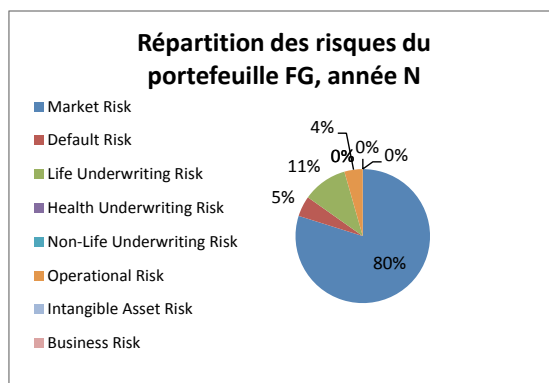
La répartition des risques est obtenue à partir de la métrique « SCR ».

Le risque prépondérant est relatif aux risques de marché, cela s'explique notamment par le poids important du portefeuille Fonds Général (+70% de l'actif total) dont le fonctionnement entraîne une forte exposition à ces risques.

Pour expliquer le profil de risque global sans le risque business de manière plus précise, nous allons décrire les profils de risques par catégorie de contrat (Fonds général, Unité de compte, prévoyance).

### **3.2. Le profil de risque du portefeuille fonds général (hors risque « business »)**

Le graphique suivant montre la répartition des risques du portefeuille fonds général :

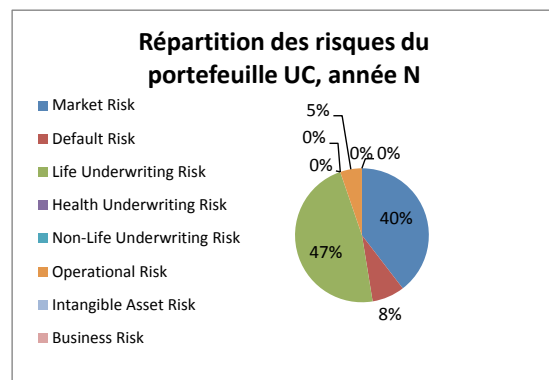


Le risque pour les contrats d'épargne en fonds général est principalement concentré dans le module de marché. En effet, pour ce type de contrat un TMG (Taux minimum garanti) est défini annuellement, et correspond au taux minimal brut de revalorisation des provisions mathématiques que l'assureur garantit contractuellement. Le risque est donc que l'évolution des facteurs de risques ne permettent pas aux actifs en face des engagements d'atteindre un rendement minimum égal au TMG.

Ainsi, pour ce portefeuille, le risque est concentré à 80% dans les risques de marché.

### **3.3. Le profil de risque du portefeuille unité de compte sans le risque business**

Le graphique suivant montre la répartition des risques du portefeuille fonds général :

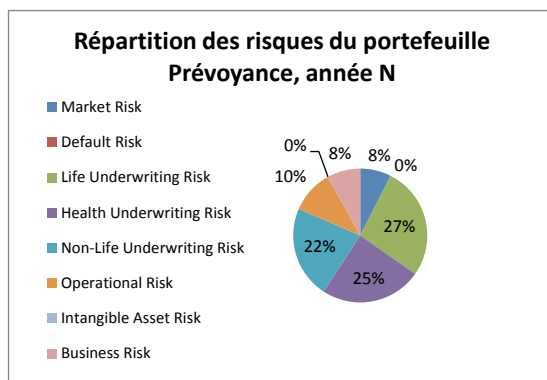


Pour les contrats d'épargne en unité de compte, les risques liés au rendement des actifs sont supportés par les assurés. Le risque des contrats en unité de compte se concentre donc principalement dans le module de risque souscription vie, notamment le risque de rachat.

Cependant, nous constatons que le module risque de marché représente une part importante du risque de notre portefeuille (40%). Cela s'explique par le fait que les contrats en unité de compte proposent une garantie plancher qui garantit au bénéficiaire le versement d'une somme minimale en cas de décès de l'assuré.

### **3.4. Le profil de risque du portefeuille prévoyance (hors risque « business »)**

Ces contrats sont principalement soumis aux risques de souscription. En effet, les prestations sont conditionnées à la réalisation des risques auxquels les assurés se sont protégés auprès de l'assureur, et le montant de ces prestations ne sont pas indexés sur la valeur des actifs.



## 4. Intégration du risque business dans le profil de risque

Le profil de risque à proprement dit correspond à l'évaluation de tous les risques auxquels est soumis l'assureur. Ainsi, dans notre étude la prise en compte du risque business permet de déterminer ce profil de risque.

### 4.1. Evaluation du risque Business

Le risque business<sup>12</sup> est évalué comme décrit dans la partie précédente. Nous ne considérons cependant que le risque « volume ».

En évaluant ce risque avec les deux méthodes proposées, les résultats obtenus sont les suivants :

|                         | Méthode 1 | Méthode 2 |
|-------------------------|-----------|-----------|
| SCR Risk Business 99,5% | 49        | 60        |

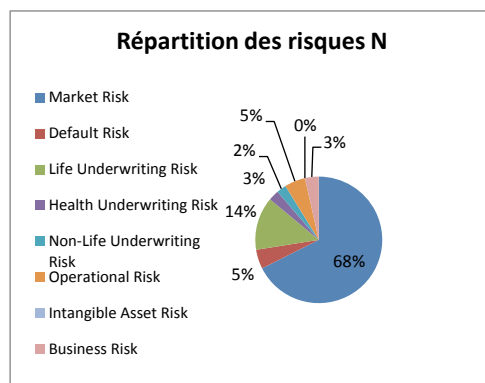
Méthode retenue : Dans la suite de l'étude nous retenons la méthode qui permet à l'assureur d'être le plus prudent. La méthode 2 est donc retenue.

### 4.2. Le profil de risque

Le tableau suivant montre le profil de risque obtenu en intégrant le risque business:

| Portefeuille Global        | N     |
|----------------------------|-------|
| Métrique                   | SCR   |
| Expected Value             | 2 406 |
| Market Risk                | 1 597 |
| Default Risk               | 116   |
| Life Underwriting Risk     | 321   |
| Health Underwriting Risk   | 63    |
| Non-Life Underwriting Risk | 58    |
| Operational Risk           | 125   |
| Intangible Asset Risk      | -     |
| Business Risk              | 60    |
| Deviation @ 99,5% risk     | 1 986 |
| Relative 99,5% deviation   | 83%   |
| Coverage ratio             | 121%  |

<sup>12</sup> Le détail des calculs se trouve en annexe : Annexe 2 risque business



Après intégration du risque business, la part du risque de marché baisse de 3% au profit du risque business.

Le ratio de couverture passe de 126% à 121%

L'intégration de ce risque a donc un impact non négligeable sur l'entreprise. En effet, le ratio de couverture subit une baisse de 5%. Cependant, il reste au-dessus du seuil minimal réglementaire de 100%.

## **II. Projection du ratio de couverture sur 3 années**

Dans cette partie l'étude se concentre sur la métrique « SCR », et plus particulièrement sur le ratio de couverture : NAV/SCR.

### **1. Projection dans le scénario central**

Le profil de risque projeté dans le scénario central va permettre à l'assureur d'estimer sa solvabilité sur l'horizon de projection (trois ans) ainsi que la valeur économique de la compagnie.

#### **1.1. Le scénario central**

Dans le cadre de l'étude, nous considérons que le scénario central correspond au scénario où les différents paramètres de projection sont constants. Cela permettra notamment de faciliter l'analyse et la comparaison des résultats obtenus dans les projections dans des scénarios stressés.

##### **1.1.1. Hypothèses et paramètres retenus**

Ces paramètres correspondent à ceux de la date initiale et permette de déterminer le bilan ainsi que le profil de risque.

**Paramètres relatifs à l'actif retenus pour les projections sont les suivants :**

- La répartition de l'actif <sup>13</sup>
- La répartition des obligations par rating <sup>14</sup>

<sup>13</sup> Voir annexe 3

<sup>14</sup> Voir annexe 3

- La courbe des taux d'intérêt <sup>15</sup>
- La duration des obligations : 5 ans
- L'indice boursier : 3160
- L'indice immobilier : 1725

**Paramètres relatifs au passif retenus pour les projections sont les suivants :**

- Le ratio Sinistre sur Prime (S/P) :70%
- Taux d'absorption des provisions techniques :

|                                                 | Epargne FG | Epargne UC | Prévoyance |
|-------------------------------------------------|------------|------------|------------|
| Taux d'absorption par les provisions techniques | 50%        | 95%        | 0%         |

- Chronique des flux par catégorie de contrats, les flux correspondent à la différence de tous les flux sortant (prestation, commission, dépense, ...) et de tous les flux entrant (primes):

Ces chroniques de flux sont les résultats du modèle interne de projection de la compagnie, et servent notamment au calcul du *Best Estimate*.

| FG       | N+1   | N+2   | N+3   |
|----------|-------|-------|-------|
| Flux     | 2 458 | 2 491 | 2 525 |
| Bénéfice | -94   | -51   | -29   |

| UC       | N+1   | N+2   | N+3   |
|----------|-------|-------|-------|
| Flux     | 1 118 | 1 125 | 1 000 |
| Bénéfice | 53    | 46    | 40    |

| Prévoyance | N+1 | N+2 | N+3 |
|------------|-----|-----|-----|
| Flux       | -50 | -34 | -20 |
| Bénéfice   | 79  | 63  | 51  |

**Autres paramètres et hypothèses :**

- Taux de taxe : 36,10%
- Gestion des bénéfices : les bénéfices sont recapitalisés au taux sans risque, et donc aucun dividende n'est versé aux actionnaires.

### **1.1.2. Les futures affaires**

Contrairement au pilier I, le pilier II prend en compte les affaires futures. Pour chaque année de projection, le profil de risque des nouvelles affaires peut être évalué de la même manière que les contrats en stock (c'est-à-dire calcul des différents risques selon la méthode décrite).

Cependant, pour des contraintes opérationnelles et par simplification, le profil de risque des affaires nouvelles est pris semblable à celui du stock au prorata des volumes d'affaires.

Notons que pour les risques qui intègrent un effet de «duration », l'estimation du risque a été adaptée. En effet, les nouveaux contrats ont par nature une duration plus grande que les contrats déjà souscrits (pour des contrats de mêmes caractéristiques) et présentent donc un risque plus grand.

Exemple : pour le risque de mortalité, un choc entraîne un changement sur le BEL. Or, le BEL dépend directement de la duration des contrats. Ainsi, le SCR mortalité relatif aux futures affaires est pris

<sup>15</sup> Voir annexe 4

semblable au SCR mortalité des affaires en stock au prorata du volume d'affaire et de la durations des contrats.

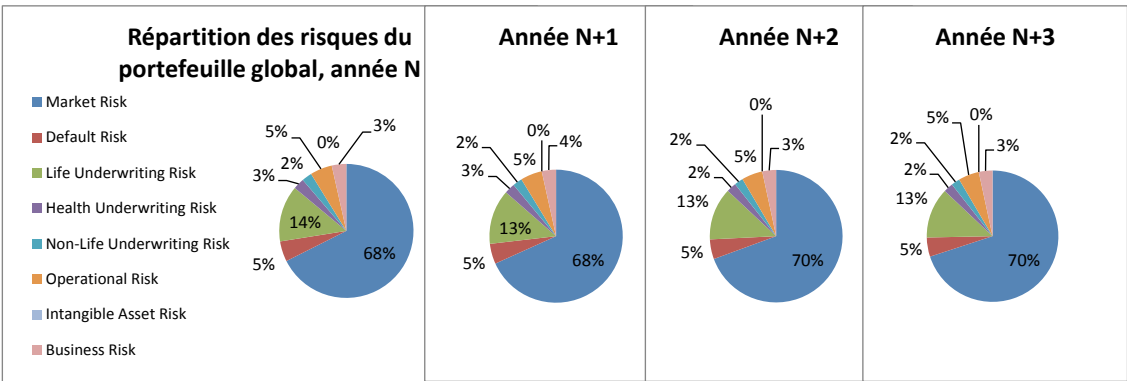
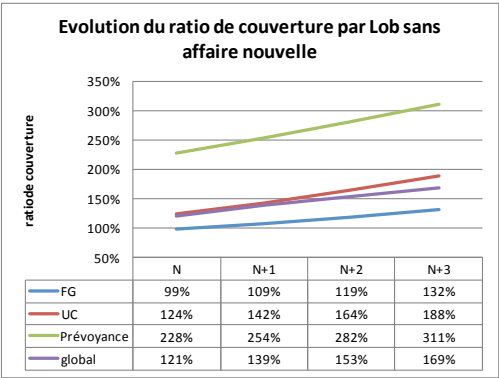
Limite : cette méthode suppose, que l'âge est le même pour tous les assurés lors de la souscription. Plus l'assuré est âgé, plus le risque de mortalité est grand.

## 1.2. Résultat de la projection<sup>16</sup>

Nous allons présenter les résultats avec et sans prise en compte des futures affaires pour mettre en évidence leur influence sur le profil de risque global.

### 1.2.1. Sans prise en compte des futures affaires

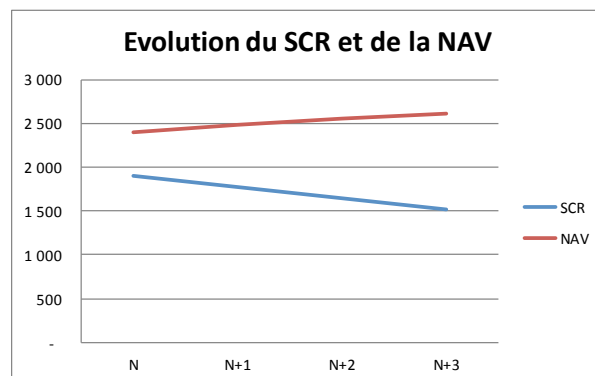
Les graphiques suivants montrent l'évolution du SCR et de la répartition des risques dans le temps, sans prise en compte des futures affaires :



Lorsqu'on projette le portefeuille sans tenir compte des affaires nouvelles la répartition des risques reste stable, mais cela s'explique surtout par le fait qu'aucun choc n'a été appliqué au scénario. En effet, les facteurs de risque étant constants, seul l'effet volume a un impact sur le profil de risque (le même effet pour tous les risques) et la répartition des risques reste inchangée.

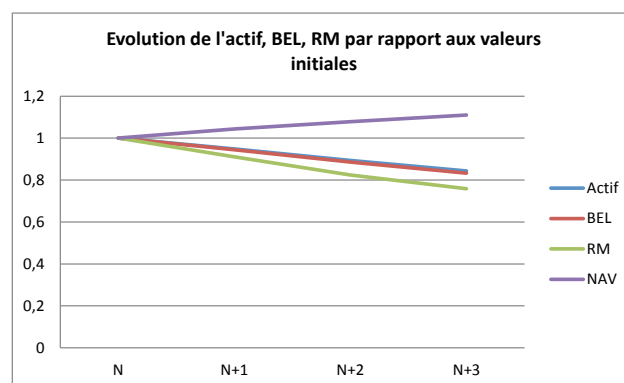
<sup>16</sup> Les résultats en chiffre de la projection sont en annexe : annexe 5 profil de risque projeté

Le ratio de couverture croît de manière linéaire quelque soit le portefeuille considéré. En effet, comme le montre les courbes d'évolution de la NAV et du SCR (ci-dessous), la NAV croît tandis que le SCR décroît.



- Le SCR décroît car le risque des contrats en stock diminue au cours du temps. Cela correspond à l'effet duration.

Pour expliquer la croissance de la NAV il faut observer l'évolution des différents postes du bilan économique :



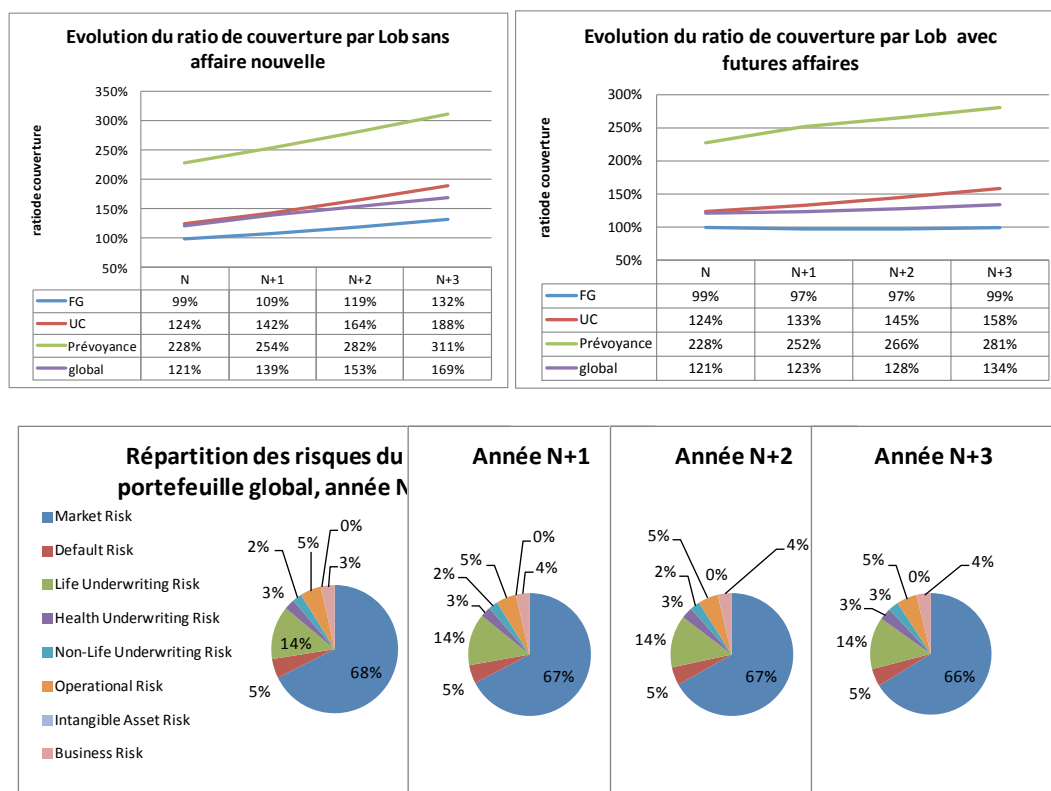
On observe une décroissance identique pour l'actif et le BEL (cela est dû au fait que le portefeuille est supposé en « run off ») tandis que la marge de risque décroît de manière plus accentuée.

Cette décroissance accentuée de la marge de risque s'explique car elle résulte de deux sources : la décroissance du portefeuille (baisse de l'actif et du BEL) et la décroissance du risque des contrats en stock au cours du temps.

Cette différence de vitesse explique la croissance de la NAV puisque la NAV est la différence entre l'actif et la somme du BEL et de la marge de risque :  $NAV = \text{actif} - (\text{BEL} + \text{RM})$ .

### **1.2.2. avec prise en compte des futures affaires**

Les graphiques suivants montrent l'évolution du SCR et de la répartition des risques dans le temps, avec prise en compte des futures affaires :



Nous constatons que la croissance du ratio de couverture global est atténuée par l'intégration du risque relatif aux affaires nouvelles. Cela s'explique par le fait que pour les portefeuilles Fonds Général et Unité de compte, le SCR est principalement couvert par les actifs en représentations des capitaux appartenant aux actionnaires. Ces capitaux sont investis dans des actifs peu risqués et permettent d'augmenter le ratio de couverture. Cependant, les affaires nouvelles génèrent la première année une perte qui correspond aux frais d'acquisition payés par l'assureur aux intermédiaires. Cela a pour effet de réduire les actifs en représentation des capitaux et donc de réduire le ratio de couverture.

#### ➤ Illustration de l'impact des futures affaires sur l'épargne FG

Le tableau suivant montre les ratios de couvertures par segment d'actif (actif en représentation des capitaux, des contrats en stock, des futures affaires) et le risque généré par ces segments :

|                       | FG année N+1         | ratio de couverture | risque couvert | poids du risque | ratio de couverture pondéré |
|-----------------------|----------------------|---------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|
| Sans affaires futures | Capitaux             | 3405%               | 44,57          | 2,7%            | 107,2%                      |
|                       | Contrat en Stock     | 14%                 | 1 581,81       | 97,3%           |                             |
|                       | Futures affaires N+1 | 0%                  | -              | 0,0%            |                             |
| Avec affaires futures | Capitaux             | 3405%               | 44,36          | 2,4%            | 96,1%                       |
|                       | Contrat en Stock     | 14%                 | 1 581,81       | 84,7%           |                             |
|                       | Futures affaires N+1 | 24%                 | 240,34         | 12,9%           |                             |

Remarque : les ratios de couverture pondérés sont obtenus en négligeant l'effet de diversification dû à l'agrégation des différents segments. Ces données permettent de mettre en évidence que les affaires futures impactent l'allocation des risques entre les segments et de ce fait le ratio de couverture global.

## 2. Projection dans des scénarios stressés<sup>17</sup>

La projection dans des scénarios stressés va permettre de tester la robustesse du ratio de couverture par rapport aux facteurs de risque considérés.

### 2.1. Choix des facteurs de risque à stresser

L'assureur décide de suivre les variables relatifs aux risques les plus importants et de les choquer afin de voir l'évolution des besoins en capital suite à ces chocs.

L'assureur constate que sur le module de marché le risque action est le plus important (35%) et que sur le module souscription vie le risque de rachat est prépondérant (52%).

Les paramètres suivis seront donc l'indice boursier, le taux de rachat. L'assureur décide également de suivre le ratio S/P qui reflète la sinistralité des contrats, et le taux d'intérêt car le portefeuille d'actif est constitué à plus de 70% d'obligation.

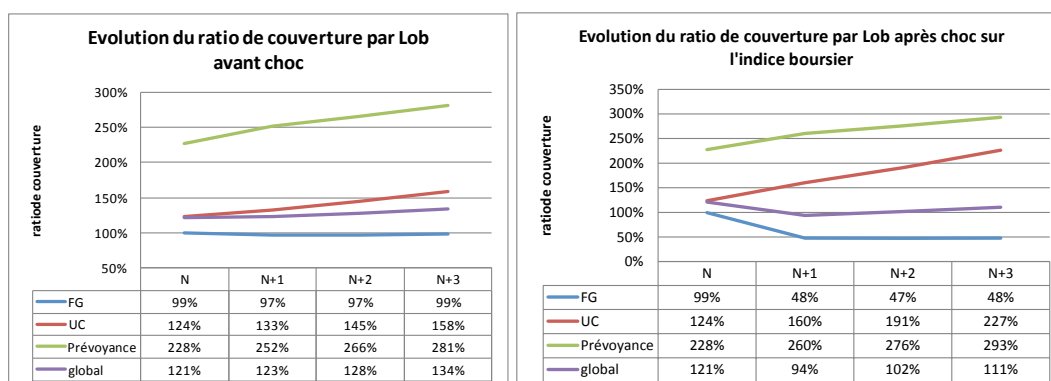
### Résumé des scénarios

Les scénarios qui seront retenus sont donc les suivants :

- **Scénario 1** : baisse de 30% de l'indice boursier
- **Scénario 2** : hausse de 50% sur le taux de rachat
- **Scénario 3** : Augmentation de de 15% du ratio S/P du portefeuille global au titre des risques de mortalité, incapacité et invalidité
- **Scénario 4** : hausse de 50% des taux d'intérêt
- **Scénario 5** : baisse de 50% des taux d'intérêt

### 2.2. Scénario 1 : choc sur l'indice boursier

Le choc appliqué correspond à une baisse instantanée au 31/12/N+1 de l'indice boursier de 30%, passant de 3160 à 2212 points (CAC 40). Les résultats obtenus sont alors les suivants :



Ce choc a un impact significatif sur le portefeuille global et plus particulièrement sur le portefeuille Fonds général. En effet, le risque Action représente 30% du risque de ce portefeuille ce qui entraîne après choc une baisse du ratio de couverture (97%→48%). Il s'agit d'une forte dégradation, l'assureur devra donc porter une attention particulière à ce risque.

<sup>17</sup> Les résultats en chiffre des projections sont en annexe : annexe 5 : profil de risque projeté

Le choc sur le portefeuille en unité de compte a un impact positif sur le ratio de couverture la première année. Cela s'explique par le fait que ce portefeuille a une capacité d'absorption des provisions techniques de 95%. Le choc action n'impacte alors que faiblement la NAV, tandis que le SCR sur les risques de marché décroissent de la même manière que la baisse du volume d'actif provoquée par le choc.

Cependant, ce résultat est obtenu sans tenir compte des rachats dynamiques qui augmenteraient le volume de BEL et diminuerait la NAV.

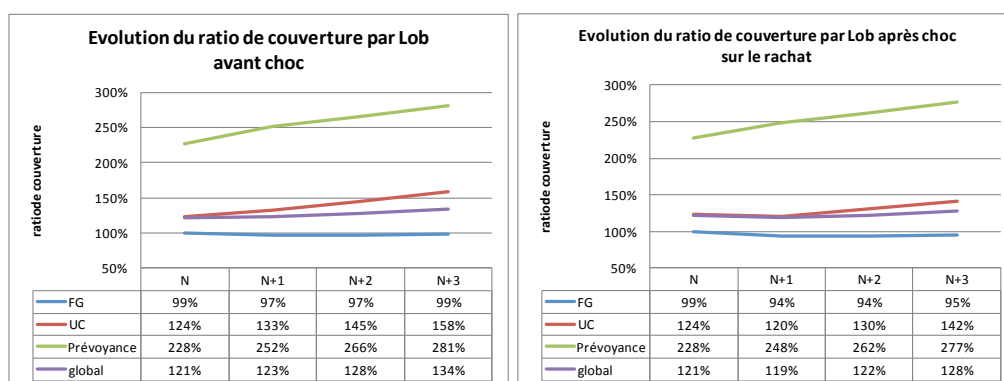
Sur le portefeuille Prévoyance, une hausse du ratio de couverture est également observée. Cela est dû au modèle implémenté dans l'outil. En effet, que le volume d'actif a été pris comme indicateur pour faire évoluer les risques de souscription au lieu du volume de BEL.

Cela ne reflète pas la réalité, un choc sur les actions provoque une baisse de la valeur des actifs, cependant les engagements restent inchangés, et les risques de souscription ne devraient donc pas diminuer.

Le volume d'actif a été choisi par défaut car le BEL peut changer de signe et entraîner un changement le signe du SCR entre deux périodes.

### 2.3. Scénario 2 : choc sur le taux de rachat

Le choc appliqué correspond à une augmentation instantanée au 31/12/N+1 du taux de rachat, passant de 5% à 7,5%. Les résultats obtenus sont alors les suivants :



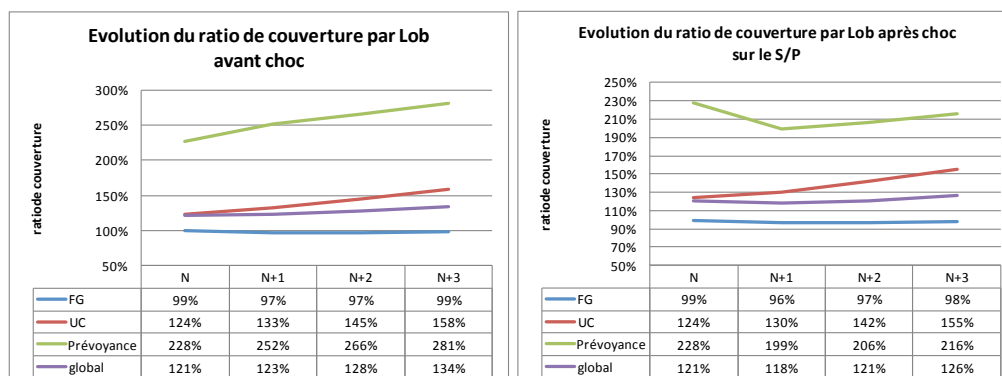
Au global, nous observons une baisse du ratio de couverture de 4% après choc. Cette baisse reflète principalement la sensibilité des portefeuilles unité de compte et prévoyance au taux de rachat. En effet, l'impact est moindre sur le fonds général car le risque ne représente que 3,5% du risque du portefeuille, la baisse observée est de 3% du ratio.

Sur la prévoyance le risque de rachat représente près de 20% des risques. Cependant, l'impact sur le ratio de couverture est faible car ce risque correspond principalement au risque de rachat en masse qui ne dépend pas de la valeur du taux de rachat en lui-même. En effet, le risque masse est évalué dans un scénario choqué fixe qui ne dépend pas la valeur actuel du taux de rachat.

Sur le portefeuille en unité de compte, le risque de rachat y est prépondérant. Il représente 39% du risque. Un choc sur le rachat impacte donc significativement ce portefeuille (le ratio de couverture passe de 133% à 120%).

## 2.4. Scénario 3 : choc sur la sinistralité

Le choc appliqué correspond à une augmentation instantanée au 31/12/N+1 du ratio S/P, passant de 70% à 85%. Les résultats obtenus sont alors les suivants :

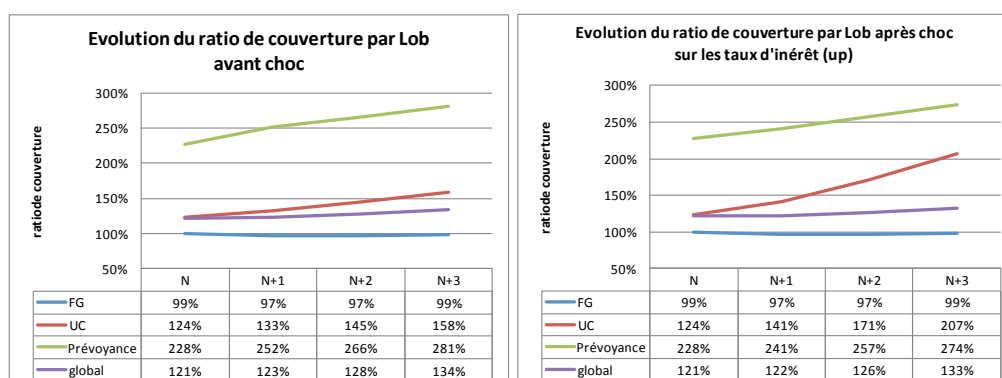


Le ratio de couverture global subit en N+1 une baisse de 11% suite au choc sur la sinistralité. Cette baisse est principalement due à l'impact sur le portefeuille prévoyance dont les risques liés à la sinistralité (mortalité, longévité, incapacité, prime et réserve) représentent 40% des risques.

L'impact est faible sur les portefeuilles fonds général et unité de compte qui subissent respectivement une baisse de 1% et 3% du ratio de couverture. En effet, pour ces deux portefeuilles le poids des risques liés à la sinistralité sont inférieurs à 5%.

## 2.5. Scénario 4 : choc sur le taux d'intérêt up

Le choc appliqué correspond à une augmentation instantanée au 31/12/N+1 de la courbe des taux d'intérêt de 50%.



Le portefeuille global est peu sensible à la hausse des taux (baisse de 1%). Cette baisse n'est due qu'à la sensibilité du portefeuille prévoyance à ce risque. En effet, les portefeuilles fonds général et unité de compte ont des ratios de couverture inchangé ou à la hausse.

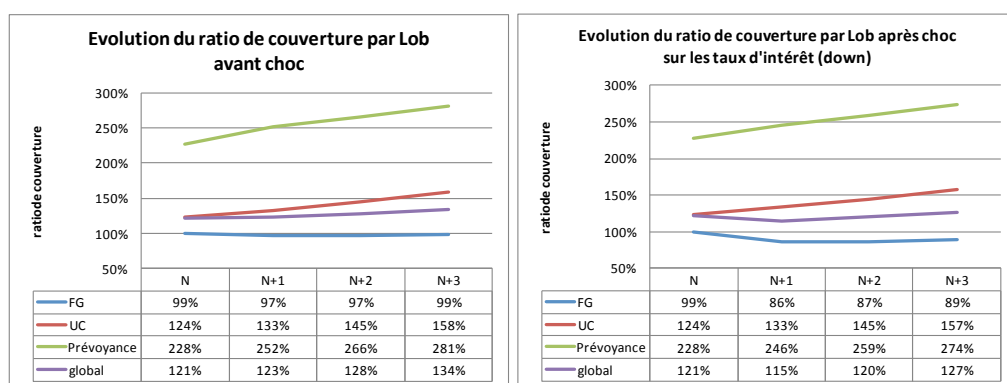
Le portefeuille unité de compte est bien sensible ( $SCR > 0$ ) à la hausse des taux. Cependant pour les mêmes raisons que le choc action, par effet d'absorption des provisions techniques, le choc entraîne une baisse de l'actif et du BEL ce qui laisse la NAV relativement stable tandis que le risque diminue de la même manière que le volume du portefeuille (le ratio de couverture augmente).

Le portefeuille fonds général n'est pas sensible ( $SCR < 0$ ) à la hausse des taux. En effet, la durée du passif (8 ans) qui représente la durée des contrats, est plus grande que celle des obligations en portefeuille (5ans). Une hausse de taux a donc un impact (diminution) plus important sur le passif que sur l'actif, et cela entraîne par différence (actif – passif) une augmentation de la NAV.

Dans les faits, une hausse importante des taux entraîne une liquidation du portefeuille de contrats, reflétant le rachat des contrats par les assurés pour souscrire à des contrats bénéficiant du nouveaux taux. Cette liquidation augmente donc les flux sortant et donc le passif. Cependant, le modèle utilisé pour estimer les rachats ne compense pas la baisse importante des flux due à l'actualisation avec le taux choqué.

## 2.6. Scénario 5 : choc sur le taux d'intérêt down

Le choc appliqué correspond à une baisse instantanée au 31/12/N+1 de la courbe des taux d'intérêt de 50%.



On constate une baisse du ratio de couverture de 8% du portefeuille global en N+1. Cette baisse est due à la sensibilité des portefeuilles fonds général et prévoyance à la baisse des taux.

Comme expliqué précédemment, le portefeuille fonds général n'est pas sensible à la hausse mais à la baisse des taux. Une dégradation de 11% du ratio de couverture est alors observée.

Le portefeuille prévoyance subit également une dégradation du ratio de couverture de 6%, tandis que le portefeuille unité de compte n'est pas sensible au risque de baisse des taux, ceci explique que le ratio de couverture reste stable.

### **III. Détermination de seuils d'alerte**

La directive à travers le pilier II, exige des assureurs que leur capital économique soit couvert de manière continue.

La compagnie ne pouvant effectuer les calculs liés au profil de risque et ratio de couvertures de manière journalière, celle-ci peut déterminer les facteurs de risque auxquels son portefeuille est sensible et définit ensuite des seuils d'alerte qui annoncent un risque que la société atteigne les limites réglementaires ou des limites fixées en interne.

Nous prenons l'exemple que la compagnie choisisse de déterminer des seuils d'alerte en fonction des facteurs de risque vus dans la partie II.

#### **1. Les niveaux de couverture suivis**

Le seuil réglementaire de couverture est de 100%. L'assureur a donc l'obligation de ne pas descendre en dessous de ce ratio de couverture.

De plus, avec la norme actuellement en vigueur un ratio de couverture de 120% est constaté. La direction souhaite donc maintenir avec la nouvelle directive ce niveau de couverture. Ce ratio de couverture correspond à l'appétence au risque de l'assureur.

Les niveaux de couverture définis sont les suivants:

- 100 % : ratio réglementaire
- 110% : seuil d'alerte du ratio réglementaire
- 120% : ratio souhaité par la société
- 130% : seuil d'alerte du ratio souhaité

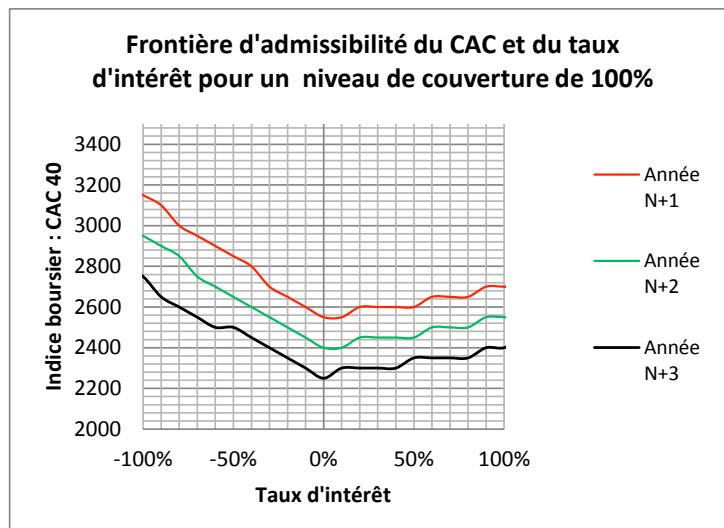
On constate que la société est actuellement en zone d'alerte puisque qu'elle couvre son capital économique à un niveau 121% au 31/12/N.

#### **2. Les seuils d'alerte**

Les seuils d'alerte sont déterminés par couple de facteurs de risques. Pour chacun des couples considérés, nous traçons dans un plan (dont les axes correspondent aux facteurs de risques) les frontières d'admissibilité pour les seuils de ratio de couverture définis précédemment. Nous décrivons ensuite les courbes ainsi obtenues, puis déterminons les valeurs des différents seuils.

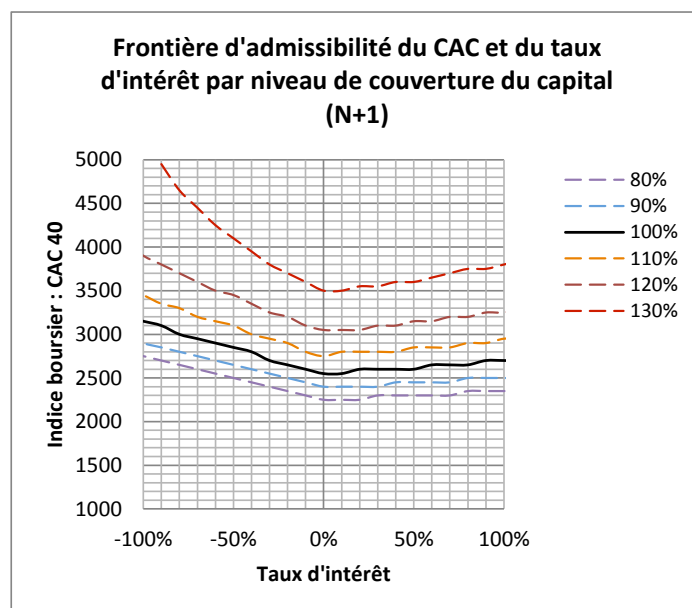
##### **2.1. Seuil d'alerte pour l'indice boursier et le taux d'intérêt**

Les résultats ont été obtenus en faisant varier en N+1 les taux d'intérêt avec un pas de 10% et l'indice action avec un pas de 50. Les courbes suivantes montrent dans un plan (Taux d'intérêt ; CAC 40) les frontières d'admissibilité des paramètres en N+1 ; N+2 et N+3. L'abscisse correspond plus exactement au choc appliqué aux taux d'intérêt.



On constate que pour un taux d'intérêt donné, un indice boursier plus faible est admis si l'horizon d'observation est plus éloigné. Ceci s'explique car les paramètres sont modifiés en N+1 et le modèle fait croître le ratio de couverture au cours du temps si les paramètres restent constants par ailleurs.

Par prudence, l'assureur décide donc de déterminer les seuils à un horizon un an.



Le point (0% ; 3160) correspond au ratio de couverture projeté en N+1 dans le scénario central : 123%.

Pour les chocs à la baisse du taux d'intérêt, nous constatons une pente plus élevée en valeur absolue que pour les chocs à la hausse. Ce constat concorde avec les scénarios 4 et 5 de la partie précédente. En effet, le portefeuille global est constitué à 70% du portefeuille fonds général qui est sensible à la baisse des taux. En conséquence, un choc à la baisse requerra un indice boursier plus important pour compenser le choc.

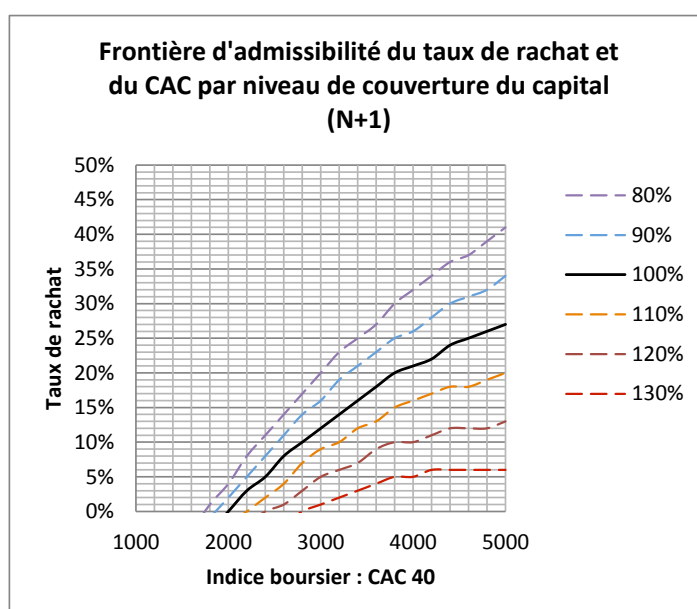
En reprenant les scénarios 4 et 5 (choc sur le taux d'intérêt : + 50% et -50%), un choc de -50% des taux nécessiterait un indice boursier de 3500 pour maintenir un ratio de 120%, et un indice de 3100 pour un choc de +50% des taux.

Pour un taux d'intérêt constant choqué à 0%, il faudrait que le CAC 40 dépasse 3500 pour sortir de toutes les zones d'alerte. Le ratio de 120% n'est plus atteint pour un indice inférieur à 3050, et nous entrons en zone d'alerte (110%) lorsque le CAC 40 descend sous la barre 2750. Le ratio réglementaire n'est plus atteint pour un CAC 40 inférieur à 2550.

## 2.2. Seuil d'alerte pour l'indice boursier et le taux de rachat

Les résultats ont été obtenus en faisant varier en N+1 les taux de rachat avec un pas de 1% et l'indice action avec un pas de 200 points.

Les courbes suivantes montrent dans un plan (CAC 40 ; taux de rachat) les frontières d'admissibilité des paramètres en N+1 pour les différents niveaux de couverture du capital considérés.



On constate que plus l'indice boursier est élevé, plus les courbes sont éloignées les unes des autres. Cela s'explique par la capacité d'absorption des provisions techniques. Lorsque le CAC 40 subit une forte augmentation, la valeur des actions augmente fortement et par effet d'absorption le Best Estimate augmente également. Dans les faits, la NAV qui s'obtient par différenciation de l'actif et du passif (BEL et Risque pour marge) croît également mais de manière moins marquée. Cependant, le modèle suppose que le risque (SCR) croît au rythme de l'actif. En conséquence, le ratio de couverture (NAV/SCR) croît d'autant moins vite que l'indice boursier est élevé. Et pour atteindre des niveaux de couverture élevés, il faut alors un taux de rachat d'autant plus faible pour compenser ce phénomène.

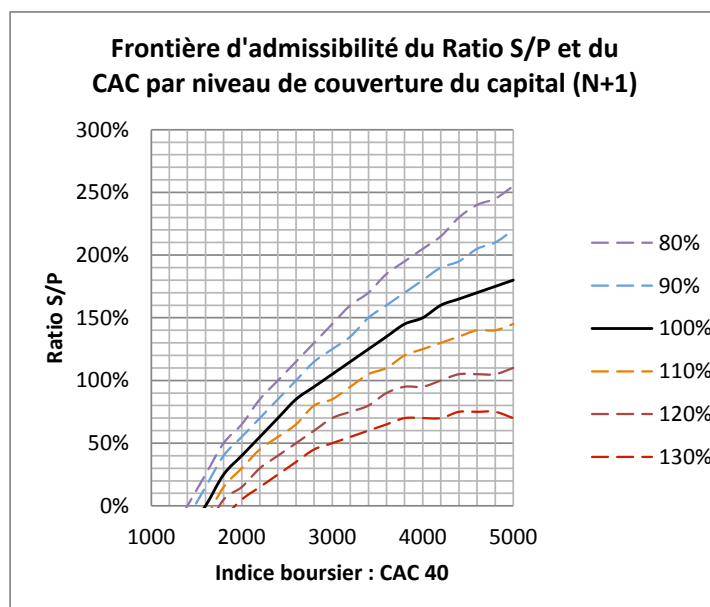
Les courbes permettent de déterminer les seuils d'alerte pour différentes valeurs des paramètres. Par exemples, pour un indice boursier à 3160 les seuils pour le taux de rachat aux différents niveaux sont les suivants :

- niveau 130% : seuil à 1%
- niveau 120% : seuil à 6%
- niveau 110% : seuil à 10%
- niveau 100% : seuil à 14%

### **2.3. Seuil d'alerte pour l'indice boursier et le ratio S/P**

Les résultats ont été obtenus en faisant varier en N+1 l'indice action avec un pas de 200 et le ratio sinistre sur prime avec un pas de 5%.

Les courbes suivantes montrent dans un plan (CAC 40 ; ratio S/P) les frontières d'admissibilité des paramètres en N+1 pour les différents niveaux de couverture du capital considérés.



Les formes des courbes sont semblables au cas (indice boursier ; ratio S/P) et s'expliquent de la même manière.

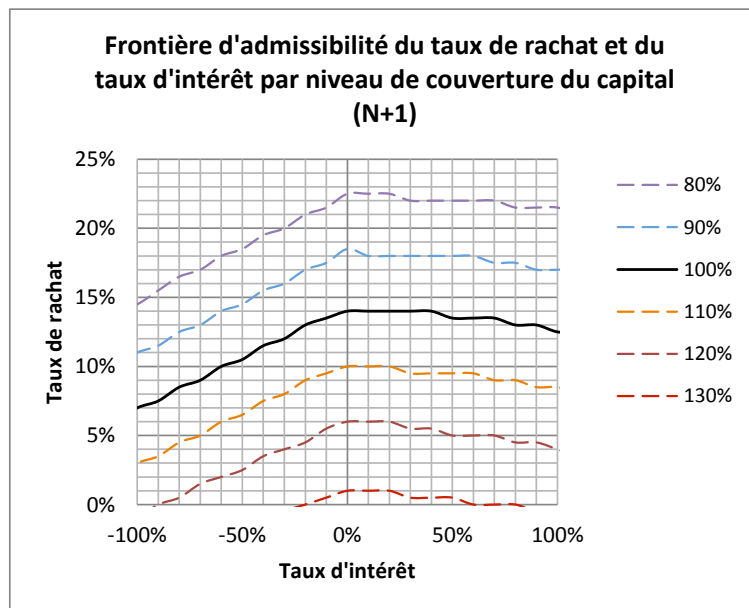
L'assureur détermine les seuils d'alerte du ratio S/P aux différents niveaux pour un CAC égale à 3160

- 130% : seuil 55%
- 120% : seuil 75%
- 110% : seuil 95%
- 100% : seuil 115%

### **2.4. Seuil d'alerte pour le taux d'intérêt et le taux de rachat**

Les résultats ont été obtenus en faisant varier en N+1 le taux d'intérêt avec un pas de 10% et le taux de rachat avec un pas de 1%.

Les courbes suivantes montrent dans un plan (taux d'intérêt ; taux de rachat) les frontières d'admissibilité des paramètres en N+1 pour les différents niveaux de couverture du capital considérés.



On constate pour les chocs à la baisse des taux d'intérêt, les courbes présentent une pente supérieure en valeur absolue que pour les chocs à la hausse. L'explication est identique que pour le couple (indice action ; taux d'intérêt).

Les seuils d'alerte du taux de rachat pour des taux d'intérêt choqués à 0% sont les suivants :

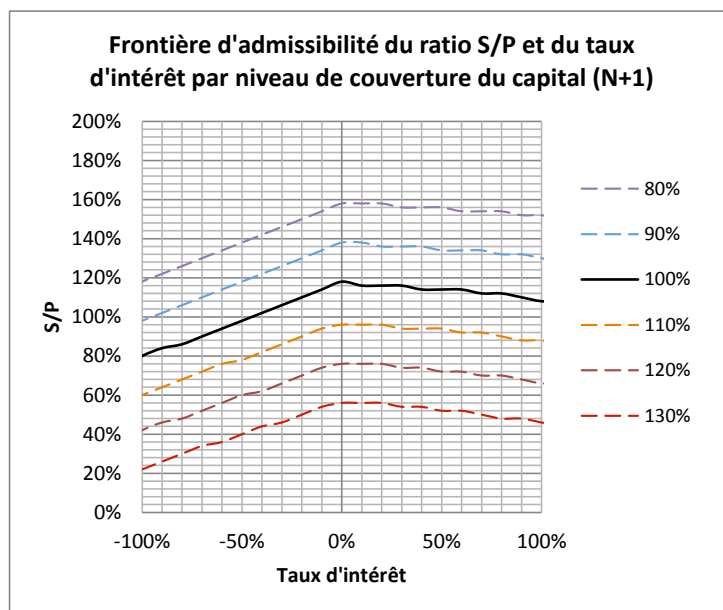
- 130% : seuil 1%
- 120% : seuil 6%
- 110% : seuil 10%
- 100% : seuil 14%

On vérifie bien que ces seuils correspondent à ceux déterminés dans le cas (indice action ; taux de rachat), pour un indice action fixe à 3160.

## **2.5. Seuil d'alerte pour le taux d'intérêt et le ratio S/P**

Les résultats ont été obtenus en faisant varier en N+1 le taux d'intérêt avec un pas de 10% et le ratio sinistre sur prime avec un pas de 2%.

Les courbes suivantes montrent dans un plan (taux d'intérêt ; S/P) les frontières d'admissibilité des paramètres en N+1 pour les différents niveaux de couverture du capital considérés.



La forme des courbes est semblable à celle des courbes du cas précédent, l'explication est également semblable.

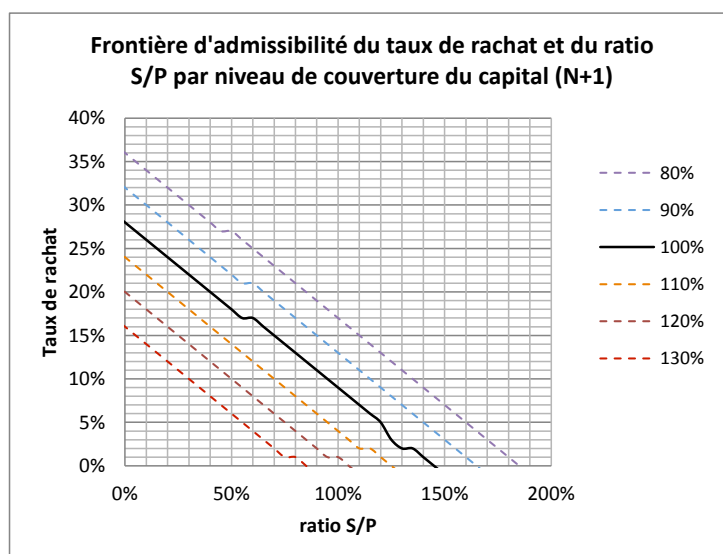
Les seuils d'alerte du ratio S/P pour des taux d'intérêt choqués à 0% sont les suivants :

- 130% : seuil 55%
- 120% : seuil 75%
- 110% : seuil 95%
- 100% : seuil 115%

## 2.6. Seuil d'alerte pour le taux de rachat et le ratio S/P

Les résultats ont été obtenus en faisant varier en N+1 les taux de rachat avec un pas de 1% et le ratio sinistre sur prime avec un pas de 5%.

Les courbes suivantes montrent dans un plan (S/P ; taux de rachat) les frontières d'admissibilité des paramètres en N+1 pour les différents niveaux de couverture du capital considérés.



Les données obtenues ont permis de tracer des courbes quasiment linéaires. En effet, contrairement au risque action et taux d'intérêt, il n'y a pas d'effet d'absorption qui joue sur les variables taux de rachat et ratio S/P. Un choc sur ces variables entraîne une augmentation du BEL, et une baisse directe de la NAV et du ratio de couverture.

Les seuils d'alerte du taux de rachat pour un ratio S/P à 70% sont les suivants :

- 130% : seuil 2%
- 120% : seuil 6%
- 110% : seuil 10%
- 100% : seuil 15%

Dans notre étude, l'assureur a atteint son premier seuil d'alerte. En effet, son ratio de couverture en date 31/12/N (121%) est inférieur à 130% mais reste au-delà de la limite qu'il s'est fixé : 120%.

Pour sortir de cette zone d'alerte, les analyses montrent par exemple qu'un ratio S/P inférieur à 55% serait suffisant si les autres paramètres restent inchangés. Les autres variables permettent également de sortir de cette zone d'alerte si elles atteignent les seuils correspondant au niveau de couverture 130%.

Une autre solution serait d'entreprendre des actions de managements : la direction pourrait, par exemple, décider de vendre plus de contrat Prévoyance pour améliorer le ratio de couverture et ainsi diminuer le poids des contrats d'épargne dont le ratio couverture est plus faible.

## **CONCLUSION**

Si la nouvelle Directive Solvabilité 2 exige des assureurs une couverture minimale de 100% de leur capital réglementaire à travers le Pilier I, la directive exige également qu'ils maîtrisent leurs risques de manière continue notamment dans le cadre de l'ORSA.

Les assureurs seront donc dans l'obligation de mettre en place un système interne leur permettant de suivre leur profil de risque et leur ratio de couverture à tout instant. Si certains assureurs ont les capacités opérationnelles de calculer et de fournir des chiffres résultant d'un modèle de projection simulant des millions de scénarios, d'autres sont soumis à des risques moins complexes et mettent en place des outils qui requièrent des ressources informatiques moins importants tout en respectant les exigences réglementaires.

Notre étude a permis de montrer qu'en appliquant la méthode décrite notre assureur maîtrise les risques de son portefeuille de contrats. Pour cela, une analyse du profil de risque initiale a été nécessaire pour chaque catégorie significative du portefeuille. Cette analyse permet notamment de déterminer les principaux facteurs de risques auxquels est soumis l'assureur et d'identifier les impacts sur le portefeuille en cas de modification des facteurs.

Cependant, l'outil est un prototype et présente des limites. Nous relevons notamment l'impact important du paramétrage sur les résultats. En effet, nous avons observé que selon la valeur du taux d'absorption une catégorie de contrat pouvait avoir un ratio de couverture amélioré même dans des scénarios adverses.

Il est donc essentiel d'estimer ce taux de manière précise. Or, actuellement l'absorption a été supposée constante car pour projeter ce taux en date future, il faudrait générer et simuler des millions de scénarios ce qui est incompatible avec l'objectif de mettre en place un outil nécessitant peu de puissance de calcul.

De plus, dans le scénario où les taux d'intérêt subissent une hausse de 50%, une amélioration du ratio de couverture a été constatée du fait du taux d'absorption élevé (95%). Cependant, le phénomène des rachats n'a pas été modélisé et n'est pas négligeable. En effet, lorsque les taux augmentent les assurés ont tendance à racheter leur contrat ce qui entraîne une augmentation des flux sortant et l'assureur doit vendre ses actifs, en conséquence le ratio de couverture diminue.

## **Bibliographie**

**EIOPA** (anciennement CEIOPS) (2010) QIS5 Technical Specifications

**EIOPA** (2011) Consultation Paper On the Proposal for Guidelines on Own Risk and Solvency Assessment, November 2011

**THEROND P.E., VALADE P.** (2010) Appétence au risque : intégration au pilotage d'une société d'assurance

**THEROND P.E.** (2007) Thèse : Mesure et gestion des risques d'assurance : analyse critique des futurs référentiels prudentiel et d'information financière

**AGENOS X.** (2006) Mémoire : Appétit pour le risque et gestion stratégique d'une société d'assurance non-vie

**ARTZNER P., DELBAEN F., Jean-Marc, HEATH D. (1998)** COHERENT MEASURES OF RISK

Document non utilisé dans la réalisation de l'étude mais qui aide à la compréhension :

**DEVINEAU L., LOISEL S.** Construction d'un algorithme d'accélération de la méthode des « simulations dans les simulations » pour le calcul du capital économique solvabilité II. *Bulletin français d'actuariat* Vol. 9, n°17, janvier-juin 2009, pp. 188-221

## ANNEXES

### Annexe 1 : Bilan et profil de risque en date initiale

➤ **Bilan en date initial :**

|              | Fonds général | Unité de compte | Prévoyance | Global |
|--------------|---------------|-----------------|------------|--------|
| <b>Actif</b> | 40 258        | 12 271          | 404        | 52 933 |
| <b>BEL</b>   | 38 160        | 11 821          | -12        | 49 970 |
| <b>RM</b>    | 395           | 150             | 12         | 558    |
| <b>NAV</b>   | 1 703         | 299             | 404        | 2 406  |

➤ **Profil de risque en date initiale :**

- Portefeuille global :

| Portefeuille Global        | N     | N         |
|----------------------------|-------|-----------|
| Métrique                   | SCR   | NAV @ 90% |
| Expected Value             | 2 406 | 2 406     |
| Market Risk                | 1 597 | 859       |
| Default Risk               | 116   | 67        |
| Life Underwriting Risk     | 321   | 156       |
| Health Underwriting Risk   | 63    | 26        |
| Non-Life Underwriting Risk | 58    | 25        |
| Operational Risk           | 125   | 7         |
| Intangible Asset Risk      | -     | -         |
| Business Risk              | -     | -         |
| Deviation @ 99,5% risk     | 1 903 | 954       |
| Relative deviation         | 79%   | 40%       |
| Coverage ratio             | 126%  | 252%      |

- Portefeuille fonds général :

| FG                         | N     | N         |
|----------------------------|-------|-----------|
| Métrique                   | SCR   | NAV @ 90% |
| Expected Value             | 1 703 | 1 703     |
| Market Risk                | 1 486 | 841       |
| Default Risk               | 92    | 53        |
| Life Underwriting Risk     | 200   | 101       |
| Health Underwriting Risk   | -     | -         |
| Non-Life Underwriting Risk | -     | -         |
| Operational Risk           | 82    | 5         |
| Intangible Asset Risk      | -     | -         |
| Business Risk              | -     | -         |
| Deviation @ 90% risk       | 1 658 | 892       |
| Relative 90% deviation     | 97%   | 52%       |
| Coverage ratio             | 103%  | 191%      |

- Portefeuille unité de compte :

| UC                         | N    | N         |
|----------------------------|------|-----------|
| Métrique                   | SCR  | NAV @ 90% |
| Expected Value             | 299  | 299       |
| Market Risk                | 121  | 28        |
| Default Risk               | 24   | 14        |
| Life Underwriting Risk     | 145  | 50        |
| Health Underwriting Risk   | -    | -         |
| Non-Life Underwriting Risk | -    | -         |
| Operational Risk           | 16   | 1         |
| Intangible Asset Risk      | -    | -         |
| Business Risk              | -    | -         |
| Deviation @ 90% risk       | 236  | 69        |
| Relative 90% deviation     | 79%  | 23%       |
| Coverage ratio             | 127% | 430%      |

- Portefeuille prévoyance :

| Prevoyance                 | N    | N         |
|----------------------------|------|-----------|
| Métrique                   | SCR  | NAV @ 90% |
| Expected Value             | 404  | 404       |
| Market Risk                | 19   | 10        |
| Default Risk               | -    | -         |
| Life Underwriting Risk     | 71   | 32        |
| Health Underwriting Risk   | 63   | 26        |
| Non-Life Underwriting Risk | 58   | 25        |
| Operational Risk           | 27   | 2         |
| Intangible Asset Risk      | -    | -         |
| Business Risk              | -    | -         |
| Deviation @ risk           | 157  | 59        |
| Relative deviation         | 39%  | 15%       |
| Coverage ratio             | 258% | 690%      |

➤ Détail des modules de risque de marché et de souscription du profil global :

| Portefeuille global               | SCR      | poids<br>module | par<br>poids   |
|-----------------------------------|----------|-----------------|----------------|
| <b>Market Risk</b>                | 1 597,10 |                 |                |
| Interest Rates                    | 178,65   | 7,64%           | 6,27%          |
| Equity                            | 821,50   | 35,12%          | 28,85%         |
| Property                          | 216,84   | 9,27%           | 7,62%          |
| Spread                            | 494,67   | 21,15%          | 17,38%         |
| Currency                          | -        | 0,00%           | 0,00%          |
| Concentration                     | 93,27    | 3,99%           | 3,28%          |
| Illiquidity Premium               | 534,46   | 22,85%          | 18,77%         |
|                                   |          | <b>100,00%</b>  |                |
| <b>Life Underwriting Risk</b>     | 320,98   |                 |                |
| Mortality                         | 35,48    | 10,03%          | 1,25%          |
| Longevity                         | - 52,93  | -14,96%         | -1,86%         |
| Disability                        | - 0,46   | -0,13%          | -0,02%         |
| Lapse                             | 183,98   | 52,00%          | 6,46%          |
| Expenses                          | 172,97   | 48,89%          | 6,08%          |
| Revision                          | -        | 0,00%           | 0,00%          |
| CAT                               | 14,75    | 4,17%           | 0,52%          |
|                                   |          | <b>100,00%</b>  |                |
| <b>Health Underwriting Risk</b>   | 63,41    |                 |                |
| - Health SLT                      | 13,45    |                 |                |
| Mortality                         | 0,02     | 0,10%           | 0,00%          |
| Longevity                         | - 0,02   | -0,13%          | 0,00%          |
| Disability                        | 8,91     | 48,86%          | 0,31%          |
| Lapse                             | 5,31     | 29,15%          | 0,19%          |
| Expenses                          | 4,02     | 22,03%          | 0,14%          |
| Revision                          | -        | 0,00%           | 0,00%          |
| - Health Non SLT                  | 55,60    | <b>100,00%</b>  |                |
| Premium & Reserve Risk            | 52,55    | 74,29%          | 1,85%          |
| Lapse                             | 18,18    | 25,71%          | 0,64%          |
| - Health CAT                      | -        | <b>100,00%</b>  |                |
|                                   |          |                 |                |
| <b>Non-Life Underwriting Risk</b> | 57,69    |                 |                |
| Premium & Reserve Risk            | 57,18    | 88,16%          | 2,01%          |
| Lapse                             | 7,68     | 11,84%          | 0,27%          |
| CAT                               | 0,00     | 0,00%           | 0,00%          |
|                                   |          | <b>100,00%</b>  | <b>100,00%</b> |

➤ Détail des modules de risque de marché et de souscription du portefeuille FG :

| Portefeuille FG                   | SCR      | poids par module | poids          |
|-----------------------------------|----------|------------------|----------------|
| <b>Market Risk</b>                | 1 486,12 |                  |                |
| Interest Rates                    | 196,09   | 8,38%            | 8,06%          |
| Equity                            | 745,32   | 31,86%           | 30,64%         |
| Property                          | 211,49   | 9,04%            | 8,70%          |
| Spread                            | 435,95   | 18,64%           | 17,92%         |
| Currency                          | -        | 0,00%            | 0,00%          |
| Concentration                     | 93,27    | 3,99%            | 3,83%          |
| Illiquidity Premium               | 531,02   | 22,70%           | 21,83%         |
|                                   |          | <b>100,00%</b>   |                |
| <b>Life Underwriting Risk</b>     | 200,37   |                  |                |
| Mortality                         | 14,11    | 3,99%            | 0,58%          |
| Longevity                         | - 22,51  | -6,36%           | -0,93%         |
| Disability                        | -        | 0,00%            | 0,00%          |
| Lapse                             | 96,91    | 27,39%           | 3,98%          |
| Expenses                          | 130,30   | 36,83%           | 5,36%          |
| Revision                          | -        | 0,00%            | 0,00%          |
| CAT                               | 0,26     | 0,07%            | 0,01%          |
|                                   |          | <b>100,00%</b>   |                |
| <b>Health Underwriting Risk</b>   | -        |                  |                |
| - Health SLT                      | -        |                  |                |
| Mortality                         | -        | 0,00%            | 0,00%          |
| Longevity                         | -        | 0,00%            | 0,00%          |
| Disability                        | -        | 0,00%            | 0,00%          |
| Lapse                             | -        | 0,00%            | 0,00%          |
| Expenses                          | -        | 0,00%            | 0,00%          |
| Revision                          | -        | 0,00%            | 0,00%          |
| - Health Non SLT                  | -        | <b>100,00%</b>   |                |
| Premium & Reserve Risk            | -        | 0,00%            | 0,00%          |
| Lapse                             | -        | 0,00%            | 0,00%          |
| - Health CAT                      | -        | <b>100,00%</b>   |                |
|                                   |          |                  |                |
| <b>Non-Life Underwriting Risk</b> | -        |                  |                |
| Premium & Reserve Risk            | -        | 0,00%            | 0,00%          |
| Lapse                             | -        | 0,00%            | 0,00%          |
| CAT                               | -        | 0,00%            | 0,00%          |
|                                   |          | <b>100,00%</b>   | <b>100,00%</b> |

➤ Détail des modules de risque de marché et de souscription du portefeuille UC :

| Portefeuille UC                   | SCR     | poids par module | poids          |
|-----------------------------------|---------|------------------|----------------|
| <b>Market Risk</b>                | 121,33  |                  |                |
| Interest Rates                    | 39,65   | 1,70%            | 12,42%         |
| Equity                            | 67,46   | 2,88%            | 21,13%         |
| Property                          | 3,42    | 0,15%            | 1,07%          |
| Spread                            | 52,44   | 2,24%            | 16,43%         |
| Currency                          | -       | 0,00%            | 0,00%          |
| Concentration                     | -       | 0,00%            | 0,00%          |
| Illiquidity Premium               | 2,06    | 0,09%            | 0,65%          |
|                                   |         | <b>100,00%</b>   |                |
| <b>Life Underwriting Risk</b>     | 145,07  |                  |                |
| Mortality                         | 7,65    | 2,16%            | 2,40%          |
| Longevity                         | - 11,95 | -3,38%           | -3,74%         |
| Disability                        | -       | 0,00%            | 0,00%          |
| Lapse                             | 124,52  | 35,20%           | 39,00%         |
| Expenses                          | 33,66   | 9,51%            | 10,54%         |
| Revision                          | -       | 0,00%            | 0,00%          |
| CAT                               | 0,34    | 0,10%            | 0,11%          |
|                                   |         | <b>100,00%</b>   |                |
| <b>Health Underwriting Risk</b>   | -       |                  |                |
| - Health SLT                      | -       |                  |                |
| Mortality                         | -       | 0,00%            | 0,00%          |
| Longevity                         | -       | 0,00%            | 0,00%          |
| Disability                        | -       | 0,00%            | 0,00%          |
| Lapse                             | -       | 0,00%            | 0,00%          |
| Expenses                          | -       | 0,00%            | 0,00%          |
| Revision                          | -       | 0,00%            | 0,00%          |
| - Health Non SLT                  | -       | <b>100,00%</b>   |                |
| Premium & Reserve Risk            | -       | 0,00%            | 0,00%          |
| Lapse                             | -       | 0,00%            | 0,00%          |
| - Health CAT                      | -       | <b>100,00%</b>   |                |
|                                   |         |                  |                |
| <b>Non-Life Underwriting Risk</b> | -       |                  |                |
| Premium & Reserve Risk            | -       | 0,00%            | 0,00%          |
| Lapse                             | -       | 0,00%            | 0,00%          |
| CAT                               | -       | 0,00%            | 0,00%          |
|                                   |         | <b>100,00%</b>   | <b>100,00%</b> |

➤ Détail des modules de risque de marché et de souscription du portefeuille Prévoyance :

| Portefeuille Prévoyance           | SCR     | poids par module | poids          |
|-----------------------------------|---------|------------------|----------------|
| <b>Market Risk</b>                | 19,38   |                  |                |
| Interest Rates                    | 11,32   | 0,48%            | 4,36%          |
| Equity                            | 8,95    | 0,38%            | 3,45%          |
| Property                          | 1,92    | 0,08%            | 0,74%          |
| Spread                            | 6,28    | 0,27%            | 2,42%          |
| Currency                          | -       | 0,00%            | 0,00%          |
| Concentration                     | -       | 0,00%            | 0,00%          |
| Illiquidity Premium               | 1,37    | 0,06%            | 0,53%          |
|                                   |         | <b>100,00%</b>   |                |
| <b>Life Underwriting Risk</b>     | 70,57   |                  |                |
| Mortality                         | 13,72   | 3,88%            | 5,28%          |
| Longevity                         | - 18,46 | -5,22%           | -7,11%         |
| Disability                        | - 0,46  | -0,13%           | -0,18%         |
| Lapse                             | 57,93   | 16,37%           | 22,32%         |
| Expenses                          | 9,01    | 2,55%            | 3,47%          |
| Revision                          | -       | 0,00%            | 0,00%          |
| CAT                               | 14,15   | 4,00%            | 5,45%          |
|                                   |         | <b>100,00%</b>   |                |
| <b>Health Underwriting Risk</b>   | 63,41   |                  |                |
| - Health SLT                      | 13,45   |                  |                |
| Mortality                         | 0,02    | 0,10%            | 0,01%          |
| Longevity                         | - 0,02  | -0,13%           | -0,01%         |
| Disability                        | 8,91    | 48,86%           | 3,43%          |
| Lapse                             | 5,31    | 29,15%           | 2,05%          |
| Expenses                          | 4,02    | 22,03%           | 1,55%          |
| Revision                          | -       | 0,00%            | 0,00%          |
| - Health Non SLT                  | 55,60   | <b>100,00%</b>   |                |
| Premium & Reserve Risk            | 52,55   | 74,29%           | 20,24%         |
| Lapse                             | 18,18   | 25,71%           | 7,01%          |
| - Health CAT                      | -       | <b>100,00%</b>   |                |
|                                   |         |                  |                |
| <b>Non-Life Underwriting Risk</b> | 57,69   |                  |                |
| Premium & Reserve Risk            | 57,18   | 88,16%           | 22,03%         |
| Lapse                             | 7,68    | 11,84%           | 2,96%          |
| CAT                               | 0,00    | 0,00%            | 0,00%          |
|                                   |         | <b>100,00%</b>   | <b>100,00%</b> |

## **Annexe 2 : Risque business**

Pour calculer le risque business en date 31/12/N, nous considérons le risque sur les futures affaires [N, N+1] et nous projetons le profil de risque en N+1.

La projection se fait en scénario central et en scénario choqué. En comparant, le profil central au profil choqué, nous déterminons ainsi le risque business (selon les méthodes décrites dans le mémoire).

### ➤ Détermination des chocs appliqués :

Le tableau suivant montre les primes prévues et réalisées au titre des nouveaux contrats souscrits.

|      | Budget | Réel  | Déviations |
|------|--------|-------|------------|
| 2004 | 2 224  | 2 169 | -2,46%     |
| 2005 | 2 692  | 2 859 | 6,21%      |
| 2006 | 3 167  | 3 393 | 7,11%      |
| 2007 | 3 247  | 3 334 | 2,69%      |
| 2008 | 3 373  | 2 995 | -11,22%    |
| 2009 | 3 318  | 3 581 | 7,93%      |
| 2010 | 3 823  | 4 299 | 12,46%     |
| 2011 | 4 589  | 3 609 | -21,36%    |

Les données n'étant pas suffisantes pour faire des tests d'adéquation, par défaut, une structure normale des déviations est retenue : moyenne= 0,17%, écart-type=11%.

Les chocs ainsi obtenus sont les suivants :

|           | Choc         | quantile |
|-----------|--------------|----------|
| Choc up   | 0,294135337  | 99,50%   |
|           | 0,147200899  | 90%      |
| Choc down | -0,290712905 | 99,50%   |
|           | -0,143778467 | 90%      |

### ➤ Primes prévues pour l'année N+1 :

En date initiale, le budget prévoit par Lob les primes suivantes pour l'année N+1 :

|        | FG   | UC  | Prévoyance |
|--------|------|-----|------------|
| Budget | 2602 | 637 | 40         |

### ➤ Profil de risque par Lob et par scénario :

On détermine pour chaque Lob le risque business, et le risque global est pris comme la somme des risques :

- Portefeuille fonds général

|                            | central   | Choc up    |           | Choc down  |           |
|----------------------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
|                            |           | choc 99,5% | choc 90%  | choc 99,5% | choc 90%  |
| Métrique                   | NAV @ 90% | NAV @ 90%  | NAV @ 90% | NAV @ 90%  | NAV @ 90% |
| Expected Value             | 1 793     | 1 808      | 1 800     | 1 778      | 1 786     |
| Market Risk                | 875       | 898        | 886       | 853        | 864       |
| Default Risk               | 57        | 59         | 58        | 55         | 56        |
| Life Underwriting Risk     | 113       | 120        | 117       | 107        | 111       |
| Health Underwriting Risk   | -         | -          | -         | -          | -         |
| - Health SLT               | -         | -          | -         | -          | -         |
| - Health Non SLT           | -         | -          | -         | -          | -         |
| - Health CAT               | -         | -          | -         | -          | -         |
| Non-Life Underwriting Risk | -         | -          | -         | -          | -         |
| Operational Risk           | 5         | 5          | 5         | 5          | 5         |
| Intangible Asset Risk      | -         | -          | -         | -          | -         |
| Business Risk              | -         | -          | -         | -          | -         |
| Deviation @ 90% risk       | 932       | 958        | 945       | 907        | 920       |
| Relative 90% deviation     | 52%       | 53%        | 52%       | 51%        | 52%       |
| Coverage ratio             | 192%      | 189%       | 191%      | 196%       | 194%      |

|                            | SCR   | SCR   | SCR   | SCR   | SCR   |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Métrique                   | SCR   | SCR   | SCR   | SCR   | SCR   |
| Expected Value             | 1 793 | 1 808 | 1 800 | 1 778 | 1 786 |
| Market Risk                | 1 597 | 1 657 | 1 627 | 1 538 | 1 568 |
| Default Risk               | 99    | 102   | 101   | 95    | 97    |
| Life Underwriting Risk     | 223   | 235   | 229   | 212   | 218   |
| Health Underwriting Risk   | -     | -     | -     | -     | -     |
| - Health SLT               | -     | -     | -     | -     | -     |
| - Health Non SLT           | -     | -     | -     | -     | -     |
| - Health CAT               | -     | -     | -     | -     | -     |
| Non-Life Underwriting Risk | -     | -     | -     | -     | -     |
| Operational Risk           | 88    | 92    | 90    | 85    | 87    |
| Intangible Asset Risk      | -     | -     | -     | -     | -     |
| Business Risk              | -     | -     | -     | -     | -     |
| Deviation @ 99,5% risk     | 1 785 | 1 853 | 1 819 | 1 718 | 1 752 |
| Relative 99,5% deviation   | 100%  | 103%  | 101%  | 97%   | 98%   |
| Coverage ratio             | 100%  | 98%   | 99%   | 104%  | 102%  |

|                     | Méthode 1 | Méthode 2 |
|---------------------|-----------|-----------|
| <b>Choc up</b>      |           |           |
| Risk Business 99,5% | - 15      | 54        |
| Risk Business 90%   | - 7       | 27        |
| <b>Choc down</b>    |           |           |
| Risk Business 99,5% | 15 -      | 53        |
| Risk Business 90%   | 7 -       | 26        |

- Portefeuille Unité de compte

|                            | central   | Choc up    |           | Choc down  |           |
|----------------------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
|                            |           | choc 99,5% | choc 90%  | choc 99,5% | choc 90%  |
| Métrique                   | NAV @ 90% | NAV @ 90%  | NAV @ 90% | NAV @ 90%  | NAV @ 90% |
| Expected Value             | 326       | 330        | 328       | 322        | 324       |
| Market Risk                | 37        | 41         | 39        | 33         | 35        |
| Default Risk               | 14        | 15         | 14        | 14         | 14        |
| Life Underwriting Risk     | 53        | 56         | 55        | 51         | 52        |
| Health Underwriting Risk   | -         | -          | -         | -          | -         |
| - Health SLT               | -         | -          | -         | -          | -         |
| - Health Non SLT           | -         | -          | -         | -          | -         |
| - Health CAT               | -         | -          | -         | -          | -         |
| Non-Life Underwriting Risk | -         | -          | -         | -          | -         |
| Operational Risk           | 1         | 1          | 1         | 1          | 1         |
| Intangible Asset Risk      | -         | -          | -         | -          | -         |
| Business Risk              | -         | -          | -         | -          | -         |
| Deviation @ 90% risk       | 79        | 84         | 81        | 73         | 76        |
| Relative 90% deviation     | 24%       | 25%        | 25%       | 23%        | 23%       |
| Coverage ratio             | 415%      | 392%       | 403%      | 440%       | 427%      |

|                            | SCR  | SCR  | SCR  | SCR  | SCR  |
|----------------------------|------|------|------|------|------|
| Métrique                   | SCR  | SCR  | SCR  | SCR  | SCR  |
| Expected Value             | 326  | 330  | 328  | 322  | 324  |
| Market Risk                | 124  | 128  | 126  | 120  | 122  |
| Default Risk               | 24   | 25   | 25   | 24   | 24   |
| Life Underwriting Risk     | 147  | 152  | 149  | 142  | 145  |
| Health Underwriting Risk   | -    | -    | -    | -    | -    |
| - Health SLT               | -    | -    | -    | -    | -    |
| - Health Non SLT           | -    | -    | -    | -    | -    |
| - Health CAT               | -    | -    | -    | -    | -    |
| Non-Life Underwriting Risk | -    | -    | -    | -    | -    |
| Operational Risk           | 16   | 17   | 17   | 16   | 16   |
| Intangible Asset Risk      | -    | -    | -    | -    | -    |
| Business Risk              | -    | -    | -    | -    | -    |
| Deviation @ 99,5% risk     | 240  | 248  | 244  | 233  | 236  |
| Relative 99,5% deviation   | 74%  | 75%  | 74%  | 72%  | 73%  |
| Coverage ratio             | 136% | 133% | 135% | 138% | 137% |

|                     | Méthode 1 | Méthode 2 |
|---------------------|-----------|-----------|
| <b>Choc up</b>      |           |           |
| Risk Business 99,5% | - 4       | 6         |
| Risk Business 90%   | - 2       | 3         |
| <b>Choc down</b>    |           |           |
| Risk Business 99,5% | 4 -       | 6         |
| Risk Business 90%   | 2 -       | 3         |

- Portefeuille Prévoyance

|                            | central   | Choc up    |           | Choc down  |           |
|----------------------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
|                            |           | choc 99,5% | choc 90%  | choc 99,5% | choc 90%  |
| Métrique                   | NAV @ 90% | NAV @ 90%  | NAV @ 90% | NAV @ 90%  | NAV @ 90% |
| Expected Value             | 512       | 543        | 528       | 482        | 498       |
| Market Risk                | 11        | 12         | 11        | 11         | 11        |
| Default Risk               | -         | -          | -         | -          | -         |
| Life Underwriting Risk     | 39        | 42         | 41        | 36         | 38        |
| Health Underwriting Risk   | 31        | 34         | 32        | 29         | 30        |
| - Health SLT               | 6         | 7          | 7         | 6          | 6         |
| - Health Non SLT           | 27        | 30         | 29        | 25         | 26        |
| - Health CAT               | -         | -          | -         | -          | -         |
| Non-Life Underwriting Risk | 30        | 32         | 31        | 28         | 29        |
| Operational Risk           | 2         | 2          | 2         | 2          | 2         |
| Intangible Asset Risk      | -         | -          | -         | -          | -         |
| Business Risk              | -         | -          | -         | -          | -         |
| Deviation @ 90% risk       | 70        | 76         | 73        | 65         | 68        |
| Relative 90% deviation     | 14%       | 14%        | 14%       | 13%        | 14%       |
| Coverage ratio             | 728%      | 716%       | 722%      | 742%       | 734%      |

|                            | SCR  | SCR  | SCR  | SCR  | SCR  |
|----------------------------|------|------|------|------|------|
| Métrique                   | SCR  | SCR  | SCR  | SCR  | SCR  |
| Expected Value             | 512  | 543  | 528  | 482  | 498  |
| Market Risk                | 22   | 23   | 23   | 22   | 22   |
| Default Risk               | -    | -    | -    | -    | -    |
| Life Underwriting Risk     | 85   | 92   | 89   | 78   | 82   |
| Health Underwriting Risk   | 71   | 75   | 73   | 67   | 69   |
| - Health SLT               | 16   | 18   | 17   | 15   | 16   |
| - Health Non SLT           | 61   | 64   | 63   | 58   | 60   |
| - Health CAT               | -    | -    | -    | -    | -    |
| Non-Life Underwriting Risk | 63   | 66   | 64   | 60   | 62   |
| Operational Risk           | 29   | 31   | 30   | 28   | 29   |
| Intangible Asset Risk      | -    | -    | -    | -    | -    |
| Business Risk              | -    | -    | -    | -    | -    |
| Deviation @ 99,5% risk     | 178  | 189  | 184  | 168  | 173  |
| Relative 99,5% deviation   | 35%  | 35%  | 35%  | 35%  | 35%  |
| Coverage ratio             | 287% | 287% | 287% | 287% | 287% |

|                     | Méthode 1 | Méthode 2 |
|---------------------|-----------|-----------|
| <b>Choc up</b>      |           |           |
| Risk Business 99,5% | - 31      | 0,02      |
| Risk Business 90%   | - 15      | 0,00      |
| <b>Choc down</b>    |           |           |
| Risk Business 99,5% | 30        | 0,07      |
| Risk Business 90%   | 15        | 0,02      |

### **Annexe 3 : le portefeuille d'actif**

- Composition du portefeuille d'actif :

|                                    | <b>31/12/2011</b> |
|------------------------------------|-------------------|
| <b>Obligation à taux fixe</b>      | 73,7%             |
| <b>Obligation à taux variables</b> | 6,6%              |
| <b>Action</b>                      | 13,4%             |
| <b>Immobilier</b>                  | 6,3%              |
|                                    | 100,0%            |

- Répartition du portefeuille d'obligation par rating :

|                | <b>31/12/2011</b> |                          |                             |
|----------------|-------------------|--------------------------|-----------------------------|
| <b>Ratings</b> | <b>Obligation</b> | <b>Obligation d'Etat</b> | <b>Obligation corporate</b> |
| AAA            | 42%               | 34%                      | 8%                          |
| AA+            | 9%                | 5%                       | 4%                          |
| AA             | 6%                | 3%                       | 3%                          |
| AA-            | 7%                | 0%                       | 7%                          |
| A+             | 16%               | 6%                       | 10%                         |
| A              | 8%                | 0%                       | 8%                          |
| A-             | 6%                | 2%                       | 3%                          |
| BBB+           | 4%                | 2%                       | 2%                          |
| BBB            | 1%                | 0%                       | 1%                          |
| BBB-           | 0%                | 0%                       | 0%                          |
| BB+            | 1%                | 1%                       | 0%                          |
| <b>Total</b>   | 100%              | 100%                     | 100%                        |

## **Annexe 4 : Taux d'intérêt :**

Courbe des taux fournie par la direction de gestion des actifs (DGA) :

| <b>Année</b> | <b>Taux</b> |
|--------------|-------------|
| 1            | 1,572%      |
| 2            | 1,468%      |
| 3            | 1,621%      |
| 4            | 1,988%      |
| 5            | 2,343%      |
| 6            | 2,688%      |
| 7            | 2,976%      |
| 8            | 3,174%      |
| 9            | 3,370%      |
| 10           | 3,445%      |
| 11           | 3,504%      |
| 12           | 3,578%      |
| 13           | 3,658%      |
| 14           | 3,735%      |
| 15           | 3,798%      |
| 16           | 3,841%      |
| 17           | 3,866%      |
| 18           | 3,877%      |
| 19           | 3,880%      |
| 20           | 3,879%      |
| 21           | 3,878%      |
| 22           | 3,877%      |
| 23           | 3,877%      |
| 24           | 3,878%      |
| 25           | 3,879%      |
| 26           | 3,881%      |
| 27           | 3,883%      |
| 28           | 3,885%      |
| 29           | 3,887%      |
| 30           | 3,889%      |
| 31           | 3,889%      |
| 32           | 3,889%      |
| 33           | 3,889%      |
| 34           | 3,889%      |
| 35           | 3,889%      |
| 36           | 3,889%      |
| 37           | 3,889%      |
| 38           | 3,889%      |
| 39           | 3,889%      |
| 40           | 3,889%      |

## Annexe 5 : Profil de risque projeté

On ne présente que les profils au global. Les affaires nouvelles et le risque sur business ont été pris en compte.

➤ Scénario central :

| Global                     | N         | N+1       | N+2       | N+3       |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Métrique                   | NAV @ 90% | NAV @ 90% | NAV @ 90% | NAV @ 90% |
| Expected Value             | 2406      | 2632      | 2876      | 3119      |
| Market Risk                | 859       | 900       | 933       | 953       |
| Default Risk               | 67        | 71        | 74        | 76        |
| Life Underwriting Risk     | 156       | 173       | 186       | 194       |
| Health Underwriting Risk   | 26        | 31        | 37        | 42        |
| - Health SLT               | 5         | 6         | 8         | 9         |
| - Health Non SLT           | 23        | 27        | 33        | 37        |
| - Health CAT               | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Non-Life Underwriting Risk | 25        | 30        | 36        | 41        |
| Operational Risk           | 7         | 8         | 9         | 9         |
| Intangible Asset Risk      | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Business Risk              | 41        | 46        | 50        | 53        |
| Deviation @ 90% risk       | 995       | 1052      | 1099      | 1129      |
| Relative 90% deviation     | 41%       | 40%       | 38%       | 36%       |
| Coverage ratio             | 242%      | 250%      | 262%      | 276%      |

| Global                     | N    | N+1  | N+2  | N+3  |
|----------------------------|------|------|------|------|
| Métrique                   | SCR  | SCR  | SCR  | SCR  |
| Expected Value             | 2406 | 2632 | 2876 | 3119 |
| Market Risk                | 1597 | 1712 | 1799 | 1851 |
| Default Risk               | 116  | 123  | 128  | 131  |
| Life Underwriting Risk     | 321  | 345  | 368  | 386  |
| Health Underwriting Risk   | 63   | 71   | 81   | 89   |
| - Health SLT               | 13   | 16   | 20   | 23   |
| - Health Non SLT           | 56   | 61   | 69   | 76   |
| - Health CAT               | 0    | 0    | 0    | 0    |
| Non-Life Underwriting Risk | 58   | 63   | 70   | 77   |
| Operational Risk           | 125  | 134  | 142  | 149  |
| Intangible Asset Risk      | 0    | 0    | 0    | 0    |
| Business Risk              | 83   | 91   | 100  | 107  |
| Deviation @ 99,5% risk     | 1986 | 2132 | 2250 | 2330 |
| Relative 99,5% deviation   | 83%  | 81%  | 78%  | 75%  |
| Coverage ratio             | 121% | 123% | 128% | 134% |

|       | N      | N+1    | N+2    | N+3    |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| Actif | 52 933 | 53 483 | 53 985 | 54 219 |
| BEL   | 49 970 | 50 263 | 50 500 | 50 477 |
| RM    | 558    | 588    | 609    | 623    |
| NAV   | 2 406  | 2 632  | 2 876  | 3 119  |

➤ Scénario 1 : choc sur l'indice boursier :

| Global                     | N         | N+1       | N+2       | N+3       |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Métrique                   | NAV @ 90% | NAV @ 90% | NAV @ 90% | NAV @ 90% |
| Expected Value             | 2 406     | 1 388     | 1 564     | 1 740     |
| Market Risk                | 859       | 680       | 701       | 711       |
| Default Risk               | 67        | 64        | 66        | 66        |
| Life Underwriting Risk     | 156       | 154       | 160       | 161       |
| Health Underwriting Risk   | 26        | 29        | 35        | 39        |
| - Health SLT               | 5         | 6         | 7         | 8         |
| - Health Non SLT           | 23        | 26        | 31        | 35        |
| - Health CAT               | -         | -         | -         | -         |
| Non-Life Underwriting Risk | 25        | 28        | 33        | 38        |
| Operational Risk           | 7         | 7         | 8         | 8         |
| Intangible Asset Risk      | -         | -         | -         | -         |
| Business Risk              | 41        | 42        | 45        | 48        |
| Deviation @ 90% risk       | 995       | 821       | 851       | 867       |
| Relative 90% deviation     | 41%       | 59%       | 54%       | 50%       |
| Coverage ratio             | 242%      | 169%      | 184%      | 201%      |

| Global                     | N     | N+1   | N+2   | N+3   |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Métrique                   | SCR   | SCR   | SCR   | SCR   |
| Flow of Equity             | -     | -     | -     | -     |
| Expected Value             | 2 406 | 1 388 | 1 564 | 1 740 |
| Market Risk                | 1 597 | 1 080 | 1 118 | 1 135 |
| Default Risk               | 116   | 111   | 114   | 114   |
| Life Underwriting Risk     | 321   | 310   | 320   | 326   |
| Health Underwriting Risk   | 63    | 66    | 75    | 83    |
| - Health SLT               | 13    | 15    | 18    | 21    |
| - Health Non SLT           | 56    | 57    | 64    | 70    |
| - Health CAT               | -     | -     | -     | -     |
| Non-Life Underwriting Risk | 58    | 59    | 65    | 71    |
| Operational Risk           | 125   | 122   | 128   | 133   |
| Intangible Asset Risk      | -     | -     | -     | -     |
| Business Risk              | 83    | 84    | 91    | 97    |
| Deviation @ 99,5% risk     | 1 986 | 1 476 | 1 537 | 1 573 |
| Relative 99,5% deviation   | 83%   | 106%  | 98%   | 90%   |
| Coverage ratio             | 121%  | 94%   | 102%  | 111%  |

|              | N      | N+1    | N+2    | N+3    |
|--------------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Actif</b> | 52 933 | 48 536 | 48 287 | 47 769 |
| <b>BEL</b>   | 49 970 | 46 619 | 46 186 | 45 492 |
| <b>RM</b>    | 558    | 530    | 537    | 538    |
| <b>NAV</b>   | 2 406  | 1 388  | 1 564  | 1 740  |

➤ Scénario 2 : choc sur le taux de rachat:

| Global                     | N         | N+1       | N+2       | N+3       |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Métrique                   | NAV @ 90% | NAV @ 90% | NAV @ 90% | NAV @ 90% |
| Expected Value             | 2406      | 2543      | 2773      | 3003      |
| Market Risk                | 859       | 900       | 933       | 953       |
| Default Risk               | 67        | 71        | 74        | 76        |
| Life Underwriting Risk     | 156       | 189       | 204       | 213       |
| Health Underwriting Risk   | 26        | 31        | 38        | 42        |
| - Health SLT               | 5         | 7         | 8         | 9         |
| - Health Non SLT           | 23        | 28        | 33        | 37        |
| - Health CAT               | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Non-Life Underwriting Risk | 25        | 30        | 36        | 41        |
| Operational Risk           | 7         | 8         | 9         | 9         |
| Intangible Asset Risk      | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Business Risk              | 41        | 46        | 50        | 53        |
| Deviation @ 90% risk       | 995       | 1059      | 1107      | 1138      |
| Relative 90% deviation     | 41%       | 42%       | 40%       | 38%       |
| Coverage ratio             | 242%      | 240%      | 250%      | 264%      |

| Global                     | N    | N+1  | N+2  | N+3  |
|----------------------------|------|------|------|------|
| Métrique                   | SCR  | SCR  | SCR  | SCR  |
| Expected Value             | 2406 | 2543 | 2773 | 3003 |
| Market Risk                | 1597 | 1712 | 1799 | 1851 |
| Default Risk               | 116  | 123  | 128  | 131  |
| Life Underwriting Risk     | 321  | 371  | 400  | 421  |
| Health Underwriting Risk   | 63   | 71   | 81   | 90   |
| - Health SLT               | 13   | 16   | 20   | 23   |
| - Health Non SLT           | 56   | 61   | 69   | 76   |
| - Health CAT               | 0    | 0    | 0    | 0    |
| Non-Life Underwriting Risk | 58   | 63   | 71   | 77   |
| Operational Risk           | 125  | 134  | 142  | 150  |
| Intangible Asset Risk      | 0    | 0    | 0    | 0    |
| Business Risk              | 83   | 91   | 100  | 108  |
| Deviation @ 99,5% risk     | 1986 | 2144 | 2265 | 2346 |
| Relative 99,5% deviation   | 83%  | 84%  | 82%  | 78%  |
| Coverage ratio             | 121% | 119% | 122% | 128% |

|       | N      | N+1    | N+2    | N+3    |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| Actif | 52 933 | 53 483 | 53 986 | 54 219 |
| BEL   | 49 970 | 50 335 | 50 582 | 50 570 |
| RM    | 558    | 606    | 631    | 647    |
| NAV   | 2 406  | 2 543  | 2 773  | 3 003  |

➤ Scénario 3 : choc sur la sinistralité :

| Global                     | N         | N+1       | N+2       | N+3       |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Métrique                   | NAV @ 90% | NAV @ 90% | NAV @ 90% | NAV @ 90% |
| Expected Value             | 2406      | 2523      | 2734      | 2945      |
| Market Risk                | 859       | 900       | 933       | 953       |
| Default Risk               | 67        | 71        | 74        | 76        |
| Life Underwriting Risk     | 156       | 174       | 187       | 195       |
| Health Underwriting Risk   | 26        | 34        | 41        | 46        |
| - Health SLT               | 5         | 7         | 8         | 9         |
| - Health Non SLT           | 23        | 30        | 36        | 41        |
| - Health CAT               | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Non-Life Underwriting Risk | 25        | 33        | 39        | 44        |
| Operational Risk           | 7         | 8         | 9         | 9         |
| Intangible Asset Risk      | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Business Risk              | 41        | 46        | 50        | 53        |
| Deviation @ 90% risk       | 995       | 1054      | 1102      | 1132      |
| Relative 90% deviation     | 41%       | 42%       | 40%       | 38%       |
| Coverage ratio             | 242%      | 239%      | 248%      | 260%      |

| Global                     | N    | N+1  | N+2  | N+3  |
|----------------------------|------|------|------|------|
| Métrique                   | SCR  | SCR  | SCR  | SCR  |
| Expected Value             | 2406 | 2523 | 2734 | 2945 |
| Market Risk                | 1597 | 1713 | 1799 | 1851 |
| Default Risk               | 116  | 123  | 128  | 131  |
| Life Underwriting Risk     | 321  | 348  | 371  | 389  |
| Health Underwriting Risk   | 63   | 77   | 87   | 96   |
| - Health SLT               | 13   | 17   | 21   | 24   |
| - Health Non SLT           | 56   | 66   | 75   | 82   |
| - Health CAT               | 0    | 0    | 0    | 0    |
| Non-Life Underwriting Risk | 58   | 69   | 77   | 83   |
| Operational Risk           | 125  | 135  | 143  | 150  |
| Intangible Asset Risk      | 0    | 0    | 0    | 0    |
| Business Risk              | 83   | 92   | 100  | 108  |
| Deviation @ 99,5% risk     | 1986 | 2138 | 2257 | 2337 |
| Relative 99,5% deviation   | 83%  | 85%  | 83%  | 79%  |
| Coverage ratio             | 121% | 118% | 121% | 126% |

|       | N      | N+1    | N+2    | N+3    |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| Actif | 52 933 | 53 485 | 53 987 | 54 221 |
| BEL   | 49 970 | 50 373 | 50 642 | 50 651 |
| RM    | 558    | 589    | 611    | 624    |
| NAV   | 2 406  | 2 523  | 2 734  | 2 945  |

➤ Scénario 4 : choc sur le taux d'intérêt up :

| Global                     | N         | N+1       | N+2       | N+3       |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Métrique                   | NAV @ 90% | NAV @ 90% | NAV @ 90% | NAV @ 90% |
| Expected Value             | 2406      | 2643      | 2909      | 3173      |
| Market Risk                | 859       | 921       | 957       | 982       |
| Default Risk               | 67        | 69        | 71        | 73        |
| Life Underwriting Risk     | 156       | 162       | 170       | 173       |
| Health Underwriting Risk   | 26        | 31        | 37        | 41        |
| - Health SLT               | 5         | 6         | 8         | 9         |
| - Health Non SLT           | 23        | 27        | 32        | 36        |
| - Health CAT               | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Non-Life Underwriting Risk | 25        | 30        | 35        | 40        |
| Operational Risk           | 7         | 8         | 8         | 9         |
| Intangible Asset Risk      | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Business Risk              | 41        | 45        | 49        | 52        |
| Deviation @ 90% risk       | 995       | 1066      | 1114      | 1146      |
| Relative 90% deviation     | 41%       | 40%       | 38%       | 36%       |
| Coverage ratio             | 242%      | 248%      | 261%      | 277%      |

| Global                     | N    | N+1  | N+2  | N+3  |
|----------------------------|------|------|------|------|
| Métrique                   | SCR  | SCR  | SCR  | SCR  |
| Expected Value             | 2406 | 2643 | 2909 | 3173 |
| Market Risk                | 1597 | 1767 | 1869 | 1934 |
| Default Risk               | 116  | 119  | 124  | 126  |
| Life Underwriting Risk     | 321  | 322  | 338  | 349  |
| Health Underwriting Risk   | 63   | 71   | 80   | 88   |
| - Health SLT               | 13   | 16   | 19   | 22   |
| - Health Non SLT           | 56   | 61   | 69   | 75   |
| - Health CAT               | 0    | 0    | 0    | 0    |
| Non-Life Underwriting Risk | 58   | 63   | 70   | 76   |
| Operational Risk           | 125  | 132  | 139  | 146  |
| Intangible Asset Risk      | 0    | 0    | 0    | 0    |
| Business Risk              | 83   | 90   | 99   | 107  |
| Deviation @ 99,5% risk     | 1986 | 2171 | 2301 | 2389 |
| Relative 99,5% deviation   | 83%  | 82%  | 79%  | 75%  |
| Coverage ratio             | 121% | 122% | 126% | 133% |

|       | N      | N+1    | N+2    | N+3    |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| Actif | 52 933 | 51 961 | 52 378 | 52 477 |
| BEL   | 49 970 | 48 755 | 48 892 | 48 720 |
| RM    | 558    | 563    | 577    | 584    |
| NAV   | 2 406  | 2 643  | 2 909  | 3 173  |

➤ Scénario 5 : choc sur le taux d'intérêt down :

| Global                     | N         | N+1       | N+2       | N+3       |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Métrique                   | NAV @ 90% | NAV @ 90% | NAV @ 90% | NAV @ 90% |
| Expected Value             | 2406      | 2363      | 2591      | 2819      |
| Market Risk                | 859       | 863       | 890       | 905       |
| Default Risk               | 67        | 71        | 73        | 75        |
| Life Underwriting Risk     | 156       | 174       | 187       | 194       |
| Health Underwriting Risk   | 26        | 33        | 39        | 44        |
| - Health SLT               | 5         | 7         | 8         | 9         |
| - Health Non SLT           | 23        | 29        | 35        | 39        |
| - Health CAT               | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Non-Life Underwriting Risk | 25        | 32        | 38        | 42        |
| Operational Risk           | 7         | 8         | 9         | 9         |
| Intangible Asset Risk      | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Business Risk              | 41        | 46        | 50        | 53        |
| Deviation @ 90% risk       | 995       | 1017      | 1059      | 1083      |
| Relative 90% deviation     | 41%       | 43%       | 41%       | 38%       |
| Coverage ratio             | 242%      | 232%      | 245%      | 260%      |
| Global                     | N         | N+1       | N+2       | N+3       |
| Métrique                   | SCR       | SCR       | SCR       | SCR       |
| Expected Value             | 2406      | 2363      | 2591      | 2819      |
| Market Risk                | 1597      | 1632      | 1702      | 1741      |
| Default Risk               | 116       | 122       | 127       | 129       |
| Life Underwriting Risk     | 321       | 354       | 377       | 395       |
| Health Underwriting Risk   | 63        | 75        | 85        | 94        |
| - Health SLT               | 13        | 17        | 21        | 24        |
| - Health Non SLT           | 56        | 65        | 72        | 79        |
| - Health CAT               | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Non-Life Underwriting Risk | 58        | 66        | 74        | 80        |
| Operational Risk           | 125       | 135       | 142       | 149       |
| Intangible Asset Risk      | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Business Risk              | 83        | 92        | 100       | 107       |
| Deviation @ 99,5% risk     | 1986      | 2060      | 2162      | 2228      |
| Relative 99,5% deviation   | 83%       | 87%       | 83%       | 79%       |
| Coverage ratio             | 121%      | 115%      | 120%      | 127%      |

|       | N      | N+1    | N+2    | N+3    |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| Actif | 52 933 | 53 167 | 53 302 | 53 217 |
| BEL   | 49 970 | 50 217 | 50 104 | 49 781 |
| RM    | 558    | 588    | 606    | 617    |
| NAV   | 2 406  | 2 363  | 2 591  | 2 819  |