



**HAL**  
open science

# Modélisation prospective du bilan économique d'une compagnie de réassurance non-vie dans le cadre de l'ORSA

Luca Agosta

► **To cite this version:**

Luca Agosta. Modélisation prospective du bilan économique d'une compagnie de réassurance non-vie dans le cadre de l'ORSA. Gestion des risques [q-fin.RM]. 2014. dumas-01073306

**HAL Id: dumas-01073306**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01073306>**

Submitted on 22 Nov 2016

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Mémoire présenté devant  
l'UFR de Mathématique et d'Informatique  
pour l'obtention du Diplôme Universitaire d'Actuaire de Strasbourg  
et l'admission à l'Institut des Actuaires**

**le 01 octobre 2014**

Par : AGOSTA Luca

Titre: Modélisation prospective du bilan économique d'une compagnie de réassurance  
non-vie 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*

*Membres du jury de l'Institut des  
Actuaires*

M. Jean Modry  
M. David Fitouchi

signature

Entreprise : PricewaterhouseCoopers

Nom :

Signature :

*Membres du jury de l'UdS :*

M. Jacques Franchi  
M. Karl-Théodor Eisele  
M. Jean-Lucien Netzer  
M. Jean Bérard

Directeur de mémoire en entreprise :

Nom : Corentine Hamy

Signature :

Invité :

Nom :

Signature :

*Invités :*

Mme Stephanie Foata  
Mme Magali Kelle-Vigon  
Mme Myriam Maumy-Bertrand  
M. David Fitouchi  
M. Jean Modry  
M. Sylvain Gadenne  
M. David Dubois  
M. Christian Hess  
M. Alexandre You  
M. Vincent Vigon

**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

Secrétariat : Mme Stephanie Richard

Bibliothèque : Mme Christine Disdier

Signature du candidat

# Résumé

## *Mots-clés*

*Solvabilité II, ORSA, profil de risque, projection, exigence de capital réglementaire, provisions techniques, réassurance, non-vie, run-off, exploitation continue.*

La réglementation prudentielle Solvabilité II entrera en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2016. La directive se décompose en trois piliers et l'« *Own Risk and Solvency Assessment* » (ORSA), qui s'inscrit dans le deuxième pilier et complète les exigences quantitatives du premier pilier par des exigences qualitatives, constitue le cœur de ce mémoire. EIOPA (*European Insurance and Occupational Pensions Authority*) exige que les autorités nationales compétentes veillent à ce que les compagnies d'assurance et de réassurance réalisent une évaluation de leur besoin global de solvabilité pendant la phase préparatoire qui s'étend du 1<sup>er</sup> janvier 2014 au 31 décembre 2015. Cette évaluation du besoin global de solvabilité rentre dans le cadre de l'ORSA.

L'ORSA exige de chaque compagnie d'assurance d'adopter une vision prospective, afin de maîtriser l'évolution de son profil de risque et de garantir une solvabilité permanente. Ce mémoire propose un modèle générale qui peut être mis en place pour déterminer l'évolution future de l'exigence de capital réglementaire et des provisions techniques. Le modèle sera appliqué dans le cadre d'une compagnie de réassurance non-vie.

Le concept de base du modèle de projection est de décomposer la projection du capital de solvabilité requis (*Solvency Capital Requirement* (SCR)) et des provisions techniques, en adoptant une approche de run-off. Cette décomposition permet de décomposer la projection des affaires en exploitation continue en plusieurs projections de *run-off*, ce qui permet d'avoir une projection plus précise et plus détaillée. La décomposition de la projection permet également d'intégrer facilement une multitude de *stress tests* au modèle.

Le modèle a un intérêt général car son cadre est flexible. Il se base en effet sur la projection de quatre éléments de pilotage de l'activité, ce qui permet d'appliquer le modèle à n'importe quelle compagnie d'assurance ou de réassurance non-vie.

Le modèle a également un intérêt spécifique pour la compagnie de réassurance auquel il a été appliqué. Il permet de mettre en évidence l'évolution probable de l'exigence de capital réglementaire, des provisions techniques et du profil de risque. De plus, le modèle permet d'établir un programme de rétrocession optimal en fonction de l'appétence au risque de la compagnie de réassurance.

# Abstract

## *Keywords*

*Solvency 2, ORSA, risk profile, projection, regulatory capital requirement, technical provisions, reinsurance, non-life, run-off, ongoing business*

The Solvency 2 Directive will enter into force on 1 January 2016. Solvency 2 is composed of three pillars and the Own Risk and Solvency Assessment is part of the second pillar which's objective is to supplement the quantitative requirements of the first pillar with qualitative requirements. The ORSA will form the main point of interest of this Master's Thesis. EIOPA (European Insurance and Occupational Pensions Authority) requires all national competent authorities to ensure that all insurance undertakings perform a valuation of their own solvency needs during the preparatory phase. The valuation of the own solvency needs is one of the main objectives of the ORSA.

The ORSA requires each insurance undertaking to adopt a forward-looking perspective of their risk profile in order to meet the solvency requirements on a constant basis. This Master's Thesis establishes a general model which is able to predict the probable future solvency capital requirements and the probable future value of the technical provisions. This model is implemented in the framework of a non-life reinsurance company.

The key concept of the model is to split the main projection up in different sub-projections. This is done by adopting a run-off approach. This concept allows to split the projection of the ongoing business into multiple projections of the business in run-off. This approach gives more reliable and detailed results, and it can also be used in order to implement a multitude of stress-tests.

The model also has a more general interest because it can be applied to any non-life insurance or reinsurance undertaking with the help of the projection of four business drivers.

The model also has a more specific interest for the reinsurance company to which it was applied to. It shows the probable evolution of its risk profile, solvency requirements and technical provisions. It can also help in the choice of an optimal retrocession program depending on the company's risk appetite.

## Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Corentine Hamy, ma maître de stage et *reviewer* auprès de PwC, pour sa disponibilité et pour m'avoir accompagné tout au long de la réalisation de ce mémoire. C'est surtout grâce à son expérience que j'ai pu développer mes connaissances actuarielles.

Je remercie également Sylvain Gadenne, mon tuteur universitaire, pour son suivi régulier et pédagogique et pour ses conseils pertinents qui m'ont aidé à dépasser les difficultés que j'ai pu rencontrer dans la rédaction de mon mémoire.

Enfin, je souhaite également remercier l'ensemble de l'équipe du service actuariel de PwC pour leur accueil chaleureux, ils ont certainement contribué au déroulement fructueux de ce stage.

# Table des matières

Introduction .....	8
<b>Partie 1. De Solvabilité I à Solvabilité II.....</b>	<b>10</b>
<b><i>Titre 1. La notion de solvabilité .....</i></b>	<b><i>10</i></b>
Chapitre 1. Introduction générale au bilan sous Solvabilité I .....	11
Chapitre 2. Analyse approfondie de Solvabilité I.....	12
Section 1. Présentation du détail des éléments du bilan sous Solvabilité I.....	12
Section 2. Critiques à Solvabilité I .....	14
<b><i>Titre 2. Le passage à la directive Solvabilité II.....</i></b>	<b><i>15</i></b>
Chapitre 1. Le bilan sous Solvabilité II .....	15
Chapitre 2. Les trois piliers.....	17
Section 1. Le premier pilier, ou le pilier quantitatif.....	19
Section 2. Le second pilier, ou le pilier qualitatif .....	26
<b>Partie 2. Évaluation des risques propres à une réassurance non-vie .....</b>	<b>32</b>
<b><i>Titre 1. La structure de la compagnie de réassurance et l'initiation au modèle.....</i></b>	<b><i>33</i></b>
Chapitre 1. La structure de la compagnie de réassurance .....	33
Section 1. La politique de souscription.....	33
Section 2. La structure des traités de réassurance.....	35
Section 3. La structure de rétrocession .....	36
Section 4. Le profil de risque de la compagnie de réassurance .....	38
Chapitre 2. L'initiation au modèle .....	44
Section 1. La décomposition du problème.....	44
Section 2. Les hypothèses principales .....	47
Section 3. Les éléments de pilotage de l'activité de la compagnie de réassurance .....	48
<b><i>Titre 2. Le modèle de projection de l'activité en run-off .....</i></b>	<b><i>50</i></b>
Chapitre 1. La projection des « Best Estimate ».....	51
Section 1. La projection des « Best Estimate » pour sinistres .....	52
Section 2. La projection des « Best Estimate » pour primes .....	54
Section 3. La projection de la courbe des taux sans risque.....	55
Section 4. Résultats de la projection du Best Estimate .....	56

Chapitre 2. La projection du Solvency Capital Requirement.....	60
Section 1. La projection du module de risque « marché ».....	60
Section 2. La projection du module de risque souscription non-vie.....	62
Section 3. La projection du module de risque « souscription santé ».....	66
Section 4. La projection du module de risque « défaut des contreparties ».....	68
Section 5. La projection du Basic Solvency Capital Requirement.....	70
Section 6. La projection du module « risque opérationnel ».....	71
Section 7. La projection de l'ajustement pour capacité d'absorption des pertes par les impôts différés.....	72
Section 8. L'évolution du « Solvency Capital Requirement ».....	73
Section 9. La projection de la marge pour risque.....	75
<b>Titre 3. La projection des éléments de pilotage de l'activité.....</b>	<b>77</b>
Chapitre 1. La projection des primes.....	77
Section 1. Tests de robustesse des échantillons.....	78
Section 2. La projection des primes brutes.....	81
Section 3. La projection des primes nettes.....	84
Chapitre 2. La projection des ratios combinés ultimes.....	85
Section 1. La projection des ratios sinistres sur primes ultimes bruts.....	85
Section 2. La projection des ratios combinés ultimes nets.....	89
<b>Titre 4. Les ajustements nécessaires du modèle de run-off pour les compagnies fictives.....</b>	<b>92</b>
<b>Titre 5. La version consolidée du modèle.....</b>	<b>94</b>
Chapitre 1. Analyse de linéarité du Solvency Capital Requirement.....	94
Section 1. Non-linéarité du sous-module de risque de primes et réserves.....	95
Section 2. Non-linéarité du module de risque opérationnel.....	95
Section 3. Non-linéarité du module de risque de défaut des contreparties.....	96
Section 4. Non-linéarité de l'ajustement pour la capacité d'absorption des pertes.....	96
Chapitre 2. Linéarité de la « Risk Margin ».....	97
<b>Titre 6. Analyse des résultats et stress-tests.....</b>	<b>98</b>
Chapitre 1. Résultat en scénario central.....	98
Section 1. La projection des provisions techniques.....	98
Section 2. La projection du SCR.....	101
Chapitre 2. L'augmentation générale des S/P.....	103

Chapitre 3. L'exposition au risque de réputation.....	105
Section 1. Hypothèse 1 : Les primes du portefeuille B ou D diminuent et les primes des autres portefeuilles augmentent.....	105
Section 2. Hypothèse 2 : Baisse globale des primes due à une perte de réputation.....	106
Section 3. Hypothèse 3 : Baisse du chiffre d'affaires d'un seul portefeuille .....	107
Chapitre 4. Stress test sur les frais .....	108
Chapitre 5. Stress test ponctuel sur le portefeuille A.....	110
Section 1. Traité d'excédent de pertes en base d'année de survenance .....	110
Section 2. Traité d'excédent de pertes en base d'année comptable .....	112
Conclusion .....	114
Table des figures .....	116
Bibliographie.....	119
Annexes.....	122

## Liste des abréviations utilisées

ALM	<i>Assets and Liabilities Management</i> , gestion actif-passif
BE	<i>Best-Estimate</i> , Meilleure estimation
BEL	<i>Best-Estimate Liabilities</i> , Meilleure estimation des engagements
BSCR	<i>Basic Solvency Capital Requirement</i> , Capital de solvabilité requis de base
CAA	Commissariat Aux Assurances (autorité officiel luxembourgeois de surveillance du secteur des assurances)
EIOPA	<i>European Insurance and Occupational Pensions Authority</i>
EMS	Exigence de Marge de Solvabilité
FLAOR	<i>Forward Looking Assessment of Own Risks</i>
LTGA	<i>Long-term guarantees assessment</i>
MCR	<i>Minimum Capital Requirement</i> , Capital minimum requis
MS	Marge de Solvabilité
NAV	<i>Net Asset Value</i> , Valeur de l'actif net
NCA	<i>National Competent Authority</i>
ORSA	<i>Own Risk and Solvency Assessment</i>
RM	<i>Risk Margin</i> , Marge pour risque
SCR	<i>Solvency Capital Requirement</i> , Capital de solvabilité requis
VaR	<i>Value-at-Risk</i>

## Introduction

La directive Solvabilité II entrera en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2016. Depuis plusieurs années, l'implémentation du premier pilier de la directive, dédié aux exigences quantitatives, a été au cœur des débats et a entretemps bien été assimilée par les compagnies d'assurance.

L'« *Own Risk and Solvency Assessment* » qui est un élément primordial du second pilier dédié aux exigences qualitatives pose un nouveau défi aux assureurs. Les autorités nationales compétentes doivent veiller à ce que les compagnies d'assurance et de réassurance réalisent une évaluation de leur besoin global de solvabilité pendant la phase préparatoire précédant l'entrée en vigueur de la directive en 2016. Cette évaluation du besoin global de solvabilité rentre dans le cadre de l'ORSA.

L'ORSA est le processus d'évaluation interne des risques et de la solvabilité des compagnies d'assurance. Cette évaluation va plus loin que le premier pilier dédié aux exigences quantitative, car elle adopte une vision prospective. Les compagnies d'assurance doivent donc démontrer une compréhension parfaite de leur profil de risque et de son évolution future pour être en mesure de pouvoir garantir leur solvabilité à tout moment.

Ce mémoire, qui a été réalisé au sein de l'équipe actuarielle de PwC Luxembourg, aura pour objectif de déterminer l'évolution future des provisions techniques et du SCR d'une compagnie de réassurance non-vie qui a adopté la formule standard pour quantifier son exigence de capital réglementaire. La compagnie de réassurance en question fait partie d'un groupe dont l'activité bancaire constitue l'activité principale. La réassurance des risques liés à l'émission de cartes de crédit est donc son activité principale.

L'intérêt majeur de ce mémoire est le développement d'un modèle de projection qui se base sur une approche de décomposition. L'approche choisie consiste à modéliser dans une première étape le run-off de la compagnie de réassurance. Dans une deuxième étape, le même modèle est appliqué à une compagnie de réassurance fictive nouvellement créée qui souscrit des affaires pendant un an après le début du run-off de la compagnie initiale. Bien évidemment cette compagnie a la même structure et le même profil de risque que la compagnie de réassurance initiale. La deuxième étape est répétée tout au long de la projection pour pouvoir déduire la projection des affaires de la compagnie de réassurance en exploitation continue.

La première partie de ce mémoire est dédiée à la présentation de la directive Solvabilité II et des outils nécessaires pour pouvoir déterminer les exigences quantitatives de l'ORSA.

La deuxième partie détaille le modèle de projection des affaires de la compagnie de réassurance en exploitation continue. En premier lieu, la seconde partie est consacrée à l'identification de la structure de la compagnie de réassurance et de son profil de risque, car il est important que les hypothèses prises pour effectuer la projection soient adaptées à la structure de la

compagnie. Dans un second temps, le concept général du modèle est introduit. Le modèle se base sur quatre éléments de pilotage de l'activité :

- Les primes brutes et nettes
- Les ratios combinés ultimes bruts et nets

La projection des ces quatre éléments de pilotage permet de calculer le SCR et les provisions techniques à tout moment. De plus, le modèle peut facilement être adapté pour déterminer l'impact sur le bilan économique en cas de survenance d'une catastrophe. Outre les stress-tests, le modèle permet également de déterminer un programme de rétrocession optimal adapté à l'appétence au risque de la compagnie de réassurance.

Il convient à présent de débiter par la présentation de la directive Solvabilité II.

# Partie 1. De Solvabilité I à Solvabilité II

---

La première partie de ce mémoire sera consacrée à une introduction générale de la notion de ‘solvabilité’. Avant de pouvoir introduire la notion de ‘solvabilité’, il est crucial de procéder à l’étude du bilan d’une compagnie d’assurance. Ensuite, les différentes réglementations en matière de solvabilité qu’a connu le secteur des assurances avant Solvabilité II vont être présentées (Titre 1). Dans un second temps, il conviendra de procéder à l’étude des changements apportés par la directive Solvabilité II, ainsi qu’à la présentation des éléments essentiels à la bonne compréhension de ce mémoire (Titre 2).

## Titre 1. La notion de solvabilité

---

Le bilan d’une compagnie d’assurance peut être vu comme une photographie de son patrimoine à un moment donné  $t$ . Il est décomposé en deux parties, l’actif et le passif. Ces deux parties sont liées par l’égalité comptable.

Le passif représente la dette de l’assureur et peut à son tour être décomposé en deux parties principales, les fonds propres et les provisions techniques. Les fonds propres peuvent être définis comme la dette de l’assureur envers les actionnaires. Ils correspondent à l’excédent de richesse de la compagnie d’assurance, plus précisément l’investissement initial des actionnaires et la somme des résultats comptables enregistrés non-distribués. Les provisions techniques correspondent à la dette de l’assureur envers les assurés. Plus précisément, le montant des provisions techniques est le montant que la compagnie d’assurance doit détenir pour pouvoir faire face à ses engagements.

Par la suite, les différentes méthodes d’évaluation des provisions techniques seront développées. Sous Solvabilité 1, les provisions techniques sont évaluées selon le principe de prudence. Or, le principe d’estimation des provisions techniques préconisé par la directive Solvabilité 2 est celui de la juste valeur ou en anglais « *fair value* ».

L’actif représente l’ensemble du patrimoine d’une compagnie d’assurance. Il s’agit en fait de la valeur de l’ensemble des biens et créances détenus par la compagnie d’assurance. En ce qui concerne l’actif, la méthode d’évaluation diffère également en fonction du régime applicable.

Sur base des éléments fondamentaux nécessaires à la définition de la notion de solvabilité dégagés ci-dessus, il peut être déduit qu’une compagnie d’assurance est solvable lorsque la valeur des actifs est supérieure à la valeur des provisions techniques, autrement dit lorsque l’assureur peut faire face à ses engagements. La compagnie d’assurance est en situation d’insolvabilité lorsque la valeur des actifs est inférieure à la valeur des provisions techniques. Dans ce cas, la compagnie d’assurance ne détient plus les fonds nécessaires pour pouvoir honorer l’ensemble de ses contrats, elle ne peut donc pas faire face à ses engagements.

Il convient à présent de procéder à une présentation générale du bilan d’un assureur sous Solvabilité I (Chapitre 1), avant de procéder à une analyse plus approfondie (Chapitre 2).

## Chapitre 1. Introduction générale au bilan sous Solvabilité I

Sous Solvabilité I, les postes du bilan sont évalués en accord avec les normes comptables en vigueur. Les principes de comptabilité générale sont par exemple :

- Le principe de la comptabilité en partie double
- Le principe de continuité de l'exploitation
- Le principe de permanence des méthodes et des modes de présentation
- Le principe de prudence

Ces principes sont d'ailleurs les mêmes en France et au Luxembourg. Une représentation graphique simplifiée du bilan sous Solvabilité I est la suivante :

Actif	Passif	
Actifs en valeur comptable	Excédent de marge	} Fonds propres
	Exigence de marge de solvabilité	
	Provisions techniques	

Les provisions techniques sous Solvabilité I, évaluées selon le principe de prudence, peuvent être définies comme suit:

*Les provisions techniques sont égales à la différence de la valeur actuelle probable des engagements de l'assureur et la valeur actuelle probable des engagements pris par les assurés.*

Dans le cadre de la réglementation Solvabilité I, le régulateur exige que chaque compagnie d'assurance détienne en plus des provisions techniques un niveau minimum de fonds propres, appelé « Exigence de Marge de Solvabilité » (EMS). Au vu de la définition de la solvabilité ci-dessus, une compagnie d'assurance est donc solvable si et seulement si les fonds propres sont supérieurs à l'EMS.

Les fonds propres supérieurs à l'EMS s'appellent l' « excédent de marge ».

L'actif est évalué selon la méthode d'évaluation du coût historique c'est-à-dire en valeur comptable.

Il convient à présent d'introduire les expressions mathématiques des éléments du passif, ainsi que d'exposer les points forts et les points faibles de la réglementation Solvabilité I.

## Chapitre 2. Analyse approfondie de Solvabilité I

---

L'ambition principale d'une réglementation comme Solvabilité I et Solvabilité II est de protéger les preneurs d'assurances et d'assurer le maintien d'une économie stable.

A titre liminaire, il est utile de noter que dans le cadre de ce mémoire l'appellation « Solvabilité I » sera utilisée pour désigner la directive européenne de 1973 pour la branche non-vie et celle de 1979 pour la branche vie.

En premier lieu, il est pertinent de procéder à une présentation des principaux éléments du bilan sous Solvabilité I (Section 1), avant d'en venir à une appréciation critique de la réglementation Solvabilité I (Section 2).

### Section 1. Présentation du détail des éléments du bilan sous Solvabilité I

---

À l'époque où la réglementation Solvabilité 1 fut adoptée, la majorité des calculs étaient effectués à la main, d'où la nécessité d'une formule simple et efficace pour calculer les exigences en capitaux propres. Le montant des capitaux propres est censé permettre aux assureurs une exploitation continue de leur activité.

Solvabilité I fait intervenir en tout trois éléments :

- La Marge de Solvabilité qui décrit le montant dont dispose l'assureur
- L'Exigence de Marge de Solvabilité (EMS) qui est le montant en-dessous duquel ne doit pas descendre la Marge de Solvabilité
- Le Fonds de Garantie (FdG), un deuxième seuil en-dessous duquel la Marge de Solvabilité ne doit pas descendre. Il est obtenu en prenant le maximum entre 33,3% de l'EMS et le FdG minimum qui est déterminé en fonction de la branche d'activité.

Par la suite, une analyse de chacun des ces trois éléments est proposée.

#### §1. La marge de solvabilité

La marge de solvabilité est le montant des fonds propres nécessaire pour qu'une compagnie puisse effectuer l'activité de compagnie d'assurance.

La marge de solvabilité (MS) ne constitue pas le montant des capitaux propres que l'assureur doit détenir, mais plutôt la richesse dont il dispose pour faire face à ses engagements. Ce n'est que dans une seconde étape que la Marge de Solvabilité sera comparée à l'Exigence de Marge de Solvabilité pour déterminer si la compagnie d'assurance a les fonds nécessaires pour rester solvable en cas de survenance d'un événement qui lui est défavorable, comme par exemple la diminution des taux d'intérêts ou la survenance d'une catastrophe naturelle.

Une définition de la solvabilité d'un assureur peut donc être déduite de ce paragraphe. Il s'agit de l'aptitude d'une compagnie d'assurance à respecter à tout moment ses engagements envers les assurés en cas de difficulté financière.

La marge de solvabilité doit donc être supérieure à tout moment à l'Exigence de Marge de Solvabilité, et l'Exigence de Marge de Solvabilité est quantifiée en fonction de provisions techniques constituées, des primes et des sinistres passés.

## §2. L'Exigence de Marge de Solvabilité

L'Exigence de Marge de Solvabilité (EMS) dépend d'abord de la branche d'activité d'assurance.

L'EMS d'un produit d'assurance non-vie est le maximum de ses deux montants :

- 18% des primes de l'année en cours pour les 50 premiers millions de primes plus 16% sur l'ensemble des autres primes.
- 26% sur la moyenne des sinistres des trois dernières années pour les premiers 35 millions plus 23% sur tout ce qui dépasse 35 millions.

L'EMS d'un produit d'assurance vie est la somme de :

- 4% des provisions mathématiques, avec la possibilité de réduire ce montant, car la réassurance est partiellement reconnue.
- [0,1%;0,15%;0,3%] fois les capitaux sous risques en fonction de la durée d'engagement, il y a également ici la possibilité de réduire ce montant à l'aide de la réassurance.

Il convient de noter que ces formules ne dépendent que très peu des risques réels auxquels les compagnies d'assurance sont exposées.

## §3. Le Fonds minimum de Garantie

Le Fonds minimum de Garantie est un deuxième seuil dont doit disposer l'assureur.

Il s'agit de 33,3% de l'EMS et il est au minimum égal à un montant fixé entre 2,5 et 3,7 millions d'euros. Ce montant dépend de la branche d'activité pour laquelle on souhaite déterminer le Fonds minimum de Garantie.

Le Fonds minimum de Garantie d'une compagnie de réassurances est de 3,4 millions d'euros.

Après avoir présenté les principaux éléments du bilan sous Solvabilité I, il convient à présent d'exposer les critiques qui peuvent être faites à Solvabilité I.

## Section 2. Critiques à Solvabilité I

---

Avant de s'intéresser aux critiques qui peuvent être faites à la réglementation Solvabilité I, il convient de remarquer que, malgré le fait que les formules à appliquer sont relativement simples, le passé a démontré l'efficacité de ces formules, car très peu de faillites ont pu être observées dans le secteur des assurances.

Cependant, beaucoup de compagnies d'assurance de taille importante reprochent à Solvabilité I d'être trop pénalisante et de constituer un frein à leur développement international.

Les critiques qui peuvent être exprimées par rapport à Solvabilité I sont nombreuses. Cependant, il convient de se limiter aux principaux éléments de critique ci-dessous.

Le principal reproche qui est fait à Solvabilité I est qu'uniquement le risque de souscription est pris en compte dans l'évaluation de l'EMS, et que par conséquent les risques spécifiques de la compagnie d'assurance ne sont pas pris en compte.

Ceci a comme conséquence directe que l'EMS n'est pas adaptée au profil de risque des compagnies d'assurance. Cela veut dire que deux entreprises de même taille ont des EMS équivalents sous Solvabilité I, alors qu'il se peut qu'elles aient des profils de risque très différents.

Une autre remarque qui est souvent faite est que le régime Solvabilité I est entièrement rétrospectif, car la réglementation se base uniquement sur le passé. Cela veut dire qu'il est supposé que le passé est un estimateur adéquat du futur. Or il a pu être constaté par le passé qu'il existe des événements qui ne sont pas reflétés par le passé, comme par exemple l'acte de terrorisme du 11 septembre 2001 ou l'affaire Kerviel qui a démontré la nécessité de mettre en place des contrôles pour limiter le risque opérationnel.

Sous Solvabilité I, il n'y a également pas d'harmonisation au niveau international. Cela veut dire que les calculs peuvent changer fondamentalement d'un pays à l'autre, ce qui est évidemment contraire à l'idée européenne du marché unique

Au vu des critiques exprimées à l'égard de Solvabilité I, il s'est avéré nécessaire de procéder à une réforme de la réglementation du secteur des assurances. A cet effet, l'initiative fut prise d'introduire une nouvelle directive Solvabilité II, qu'il convient à présent d'étudier. A cet effet, le bilan économique sera présenté en premier lieu. Ensuite, les éléments nécessaires à la compréhension de ce mémoire seront présentés par le biais des trois piliers de la directive.

## Titre 2. Le passage à la directive Solvabilité II

La directive-cadre sur l'accès aux activités de l'assurance et de la réassurance et leur exercice<sup>1</sup>, dite « Solvabilité II », fut adoptée le 25 novembre 2009. La date d'application de la directive Solvabilité II fut reportée au 1<sup>er</sup> janvier 2016 par une directive<sup>2</sup> du 11 décembre 2013. De plus, la directive-cadre fut complétée par des actes délégués de la Commission européenne, ainsi que par des normes techniques et des lignes directrices de l'Autorité Européenne des Assurances et des Pensions Professionnelles (communément appelée EIOPA selon son appellation anglaise).

La réglementation Solvabilité II vise à corriger les défauts de la réglementation Solvabilité I énoncés ci-dessus, ce qui n'est pas une tâche facile, car une difficulté majeure est qu'il est nécessaire de trouver un système qui peut s'adapter à la fois aux compagnies de taille importante, ainsi qu'à des compagnies de taille réduite. C'est notamment pour cette raison qu'EIOPA a décidé de mettre en place un cadre flexible. Cependant, une flexibilité élevée requière un contrôle prudentiel plus important.

Dans ce Titre 2, les éléments les plus importants de la directive seront développés en détail. D'abord, les particularités du bilan sous Solvabilité II seront analysées, notamment en mettant en évidence les différences que présente le bilan sous Solvabilité II en comparaison avec le bilan sous Solvabilité I (Chapitre 1). Ensuite, il conviendra de procéder à l'étude des piliers de la directive qui constituent le fondement de la réforme opérée par Solvabilité II (Chapitre 2).

### Chapitre 1. Le bilan sous Solvabilité II

Mieux appréhender et mieux gérer le risque est une des principales améliorations apportées par la directive Solvabilité II. Un changement majeur par rapport à la réglementation Solvabilité I est la mise en place d'un bilan économique.

Le graphique suivant montre une représentation simplifiée du bilan économique d'une compagnie d'assurance sous Solvabilité II :



<sup>1</sup> Directive 2009/138/CE

<sup>2</sup> Directive 2013/58/UE

EIOPA souhaite adopter une méthode d'évaluation du bilan dite « Market Consistent », c'est-à-dire en cohérence avec le marché. En ce qui concerne l'actif du bilan économique, une évaluation à la valeur du marché est réalisable pour la plupart des actifs, on parle alors d'une méthode d'évaluation « mark-to-market ». Si il n'existe pas de valeur de marché pour une catégorie d'actifs, alors une approche « market-to-model » doit être adoptée.

En ce qui concerne le passif du bilan, il n'y a que très peu de transferts de portefeuilles, il n'est donc pas adapté d'adopter une approche « mark-to-market » pour déterminer la valeur des provisions techniques sous Solvabilité II, le marché des transferts de portefeuilles étant très réduit. Ainsi, la valeur des provisions techniques sous Solvabilité II sera obtenue en faisant la somme des « Best Estimate Liabilities » (BEL) et de la marge pour risque (RM).

Il y a également deux exigences de capitaux différentes :

- le « Solvency Capital Requirement » (SCR), ou capital de solvabilité requis, et
- le « Minimum Capital Requirement » (MCR) ou capital minimum de solvabilité requis.

Le SCR représente le niveau de fonds propres que doit détenir la compagnie d'assurance. Il correspond à la Value-at-Risk (VaR) à 99,5% de la distribution des pertes de la compagnie d'assurance à horizon d'un an. Cela signifie que la probabilité que la compagnie d'assurance se trouve en situation d'insolvabilité dans l'année qui suit correspondrait à un événement qui ne surviendrait qu'une fois tous les 200 ans, lorsque la VaR est utilisée comme mesure de risque.

Le MCR correspond à un seuil critique en-dessous duquel les fonds propres ne doivent pas tomber. Il est calibré pour correspondre à une VaR de la distribution des pertes entre 80% et 90% d'une compagnie d'assurance.

Après avoir introduit le bilan économique sous Solvabilité II et avoir défini brièvement les éléments qui le constituent, la philosophie de la directive Solvabilité va être présentée par la définition des trois piliers qui constituent le fondement de la directive.

## Chapitre 2. Les trois piliers

Avoir un marché unique européen est un des objectifs principaux de l'Union européenne. A cet effet, il est primordial d'aboutir à une harmonisation des normes et des pratiques prudentielles dans le secteur des assurances au niveau européen.

Les nouvelles règles prudentielles introduites par la directive Solvabilité II ont pour objet de prendre en compte le profil de risque de chaque compagnie d'assurance. Ainsi, il est nécessaire de proposer un cadre suffisamment flexible afin de permettre d'un côté aux petites compagnies d'assurance de passer à Solvabilité II sans devoir avoir recours à une main d'œuvre démesurée, tandis que les grandes compagnies d'assurance sont soumises à des exigences plus poussées, les obligeant de démontrer une compréhension parfaite des risques qui pèsent sur leur compagnie à travers les trois piliers de la directive. Le principe de proportionnalité a pour objet de régler cette problématique. Il prévoit que les compagnies d'assurance utilisent des méthodes actuarielles ou des techniques statistiques qui soient proportionnelles à la nature, à l'échelle et à la complexité des risques auxquels elles sont exposées.

Ce cadre flexible est aussi nécessaire pour donner plus de liberté aux compagnies d'assurance pour qu'elles puissent innover et démontrer une gestion et une maîtrise parfaite des risques. Il est cependant nécessaire d'avoir un contrôle prudentiel renforcé pour pouvoir suivre le développement du secteur d'assurance.

La directive Solvabilité II est organisée autour de 3 piliers qui sont représentés par le graphique suivant :

Pilier 1 Les exigences quantitatives	Pilier 2 Les exigences qualitatives et le contrôle	Pilier 3 Reporting et discipline de marché
<u>Provisions techniques :</u> BE et RM  <u>Exigences de capital :</u> SCR et MCR  <u>Fonds propres</u>	Contrôle interne et gestion des risques : ORSA  Système de contrôle prudentiel (capital add-on)	Reporting prudentiel  Informations à l'attention du public

Le premier pilier de la directive, qui correspond au pilier quantitatif, s'intéresse surtout à la méthodologie à mettre en œuvre pour établir le bilan économique d'une compagnie d'assurance. Il s'agit donc d'établir les différentes postes du bilan en valeur de marché. En ce qui concerne l'évaluation du capital de solvabilité requis (SCR) EIOPA propose trois approches différentes :

- Application de la formule standard
- Un modèle interne partiel
- Un modèle interne complet

Le deuxième pilier, qui correspond au pilier qualitatif, traite de sujets tels que la gouvernance, la gestion des risques, le rôle du superviseur et le processus de supervision. L'élément « gestion des risques » consiste en la mise en place d'un système de gestion des risques, pour lequel la compagnie d'assurance doit prouver qu'elle est en mesure de gérer ses risques sur un horizon de temps plus long que celui retenu pour le premier pilier. En effet, il convient de démontrer la maîtrise des risques sur la durée totale du *business plan*, c'est-à-dire sur 3 à 5 ans. L'exigence d'un système de gestion des risques peut être interprétée comme une incitation adressée aux compagnies d'instaurer une fonction de « *Risk Management* ». En effet, les assureurs et réassureurs sont invités à mettre en place un processus « *Own Risk and Solvency Assessment* » (ORSA). Le pilier 2 introduit également les « *capital add-ons* » qui tombent dans le domaine de compétence des superviseurs nationaux (*National Competent Authorities NCA*).

L'objectif principal du troisième pilier, ou encore le pilier du « reporting » et de la discipline de marché, est d'améliorer la transparence du marché.

Une plus grande transparence du marché implique une plus grande réactivité du marché. Il est intéressant de noter que l'augmentation de la transparence donne naissance à nouveau panel de risques dont notamment le risque de réputation qui est un risque qualitatif qu'il convient de prendre en compte dans le processus ORSA. Ceci montre que les trois piliers ne sont pas des piliers indépendants, mais qu'ils sont interconnectés.

Le troisième pilier définit principalement les informations à fournir aux acteurs financiers et le « reporting » détaillé qui sera soumis aux superviseurs nationaux à des fins prudentielles.

Après avoir introduit brièvement les trois piliers qui constituent ensemble la directive Solvabilité II, il convient de mener une analyse approfondie des éléments essentiels du premier et du second pilier, qui sont primordiaux pour la mise en place d'un ORSA.

## Section 1. Le premier pilier, ou le pilier quantitatif

L'objet de cette section est de présenter les méthodes d'évaluation des différents postes du bilan prudentiel qui ont pu être identifiés au début de ce chapitre. En effet, la connaissance d'éléments essentiels de Solvabilité II comme les provisions techniques (ou *Best Estimate Liabilities* (BEL)) ou le capital réglementaire (*Solvency Capital Requirement* (SCR) et *Minimum Capital Requirement*) est indispensable pour la mise en place d'un processus ORSA, qui s'inscrit dans le second pilier.

Le premier paragraphe de cette section traitera du calcul du « *Best Estimate Liabilities* » (§1). Ensuite, le second paragraphe traitera du calcul de la marge pour risque (§2). Les prochains paragraphes seront consacrés au calcul des deux exigences de capital, à savoir le « *Solvency Capital Requirement* » (§3) et le « *Minimum Capital Requirement* » (§4).

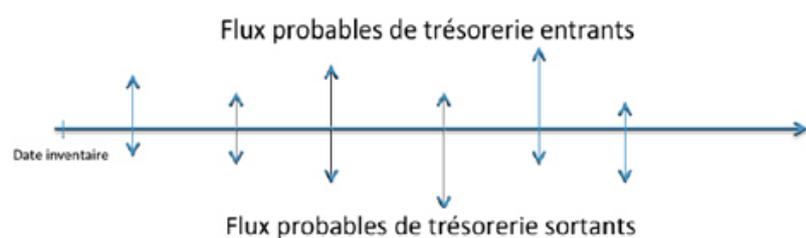
Finalement, il conviendra de présenter les limites du premier pilier (§5).

### §1. Best Estimate Liabilities

L'autorité de contrôle prudentielle européenne EIOPA a énoncé, dans les spécifications techniques de son étude quantitative d'impact 4 (QIS4), la définition suivante du Best Estimate:

*"La moyenne pondérée en fonction de leur probabilité des futurs flux de trésorerie compte tenu de la valeur temporelle de l'argent, laquelle est estimée sur la base de la courbe des taux sans risque pertinente"*

Pour faciliter la compréhension de cette définition, une version simplifiée peut être proposée. Ainsi, le « Best Estimate » représente les flux de trésorerie futurs actualisés et probabilisés de l'assureur en valeur réelle.



Plus précisément, les flux de trésorerie sont actualisés à partir de la courbe des taux sans risque fournie par EIOPA. En annexe 1, le lecteur intéressé peut trouver une présentation de la méthode Smith-Wilson, qui est la méthode utilisée par EIOPA pour modéliser la courbe des taux sans risque. La probabilisation se fait ensuite en appliquant par exemple une table de mortalité d'expérience au lieu d'une table de mortalité réglementaire et donc souvent prudente.

Mathématiquement, la définition du BEL se traduit :

$$BEL = E \left( \sum_{i=0}^{\infty} \frac{CF_i}{(1+t_i)^i} \right)$$

Avec  $t_i$  = le taux d'actualisation issu de la courbe de taux sans risque,

et  $CF_i$  = le Cash-flow probabilisé au moment  $i$  de la compagnie.

Au paragraphe suivant, la définition et la méthode de calcul de la marge pour risque est introduite.

## §2. La marge pour risque ou Risk Margin (RM)

La marge pour risque constitue la deuxième composante des provisions techniques. La marge pour risque a pour objectif de garantir que la valeur des provisions techniques est équivalente au montant qu'une compagnie d'assurance ou de réassurance devrait exiger pour la reprise d'un portefeuille, et donc de ses engagements et de ses obligations. Elle correspond donc au coût d'immobilisation des fonds propres futurs lors d'un transfert de portefeuille d'une compagnie d'assurance à une autre.

La nécessité de la *Risk Margin* se traduit par le fait que les flux de trésorerie de la compagnie d'assurance ne peuvent pas être reproduits exactement par la stratégie d'investissement de l'assurance. On dit également que les risques du contrat d'assurance ne sont pas « couvrables ». Un exemple d'un contrat d'assurance « couvrable » est le contrat en unités de compte sans garantie plancher. L'assureur place l'argent obtenu par l'assuré dans des titres financiers définis lors de la souscription du contrat. À l'échéance, ou au moment du rachat du contrat, l'assureur revend les titres et donne la valeur en euros à l'assuré.

Après de longues discussions EIOPA a décidé de préconiser une méthode qui repose sur l'idée du coût du capital au lieu d'une méthode reposant sur un quantile de la distribution pour le calcul de la marge pour risque. La formule de la marge pour risque est donc la suivante :

$$RM = CoC * \sum_{t>0} \frac{SCR(t)}{(1+tx_{spot}(t))^t}$$

Avec  $CoC$  le coût du capital (*Cost of Capital*), qui est égal à 6%,

$SCR(t)$  = *Solvency Capital Requirement* en  $t$ ,

et  $tx_{spot}(t)$  le taux sans risque de la courbe EIOPA en  $t$ .

Le calcul de la marge pour risque nécessite alors la connaissance du SCR en  $t=0$ , ainsi que des SCR futurs. Le calcul des SCR futurs étant particulièrement délicat, EIOPA propose des méthodes simplifiées pour déterminer la marge pour risque, et propose notamment :

- D'approximer le SCR à chaque moment de calcul, en utilisant une approche proportionnelle ;

- D'estimer l'ensemble des SCR futurs en un fois en se basant sur la duration des engagements ;
- D'approximer la marge pour risque en se basant sur un pourcentage du BEL.

Le lecteur intéressé trouvera une présentation détaillée de certaines des méthodes simplifiées en annexe 2 de ce mémoire.

### §3. Le Solvency Capital Requirement (SCR)

Le *Solvency Capital Requirement* constitue l'exigence de capital sous Solvabilité II. En termes de solvabilité, le SCR sera, lorsque la directive sera entrée en vigueur, l'indicateur si la compagnie d'assurance est solvable ou non. Le SCR est ainsi un outil de contrôle très important pour le régulateur, et également un indicateur qui doit être suivi de très près par les compagnies d'assurance.

Le SCR correspond au montant de fonds propres à détenir pour limiter la probabilité de ruine à un an de la compagnie d'assurance à 0,5%. La contrainte de solvabilité associée à cette exigence de capital se traduit comme suit :

$$P(E_1 \geq 0) \geq 99.5\%$$

avec  $E_1$  la valeur économique des fonds propres dans une année.

Le calcul du SCR est beaucoup plus complexe que celui de l'EMS, mais le SCR a l'avantage d'être mieux adapté au profil de risque de la compagnie d'assurance.

Le calcul du SCR peut se faire selon trois approches différentes :

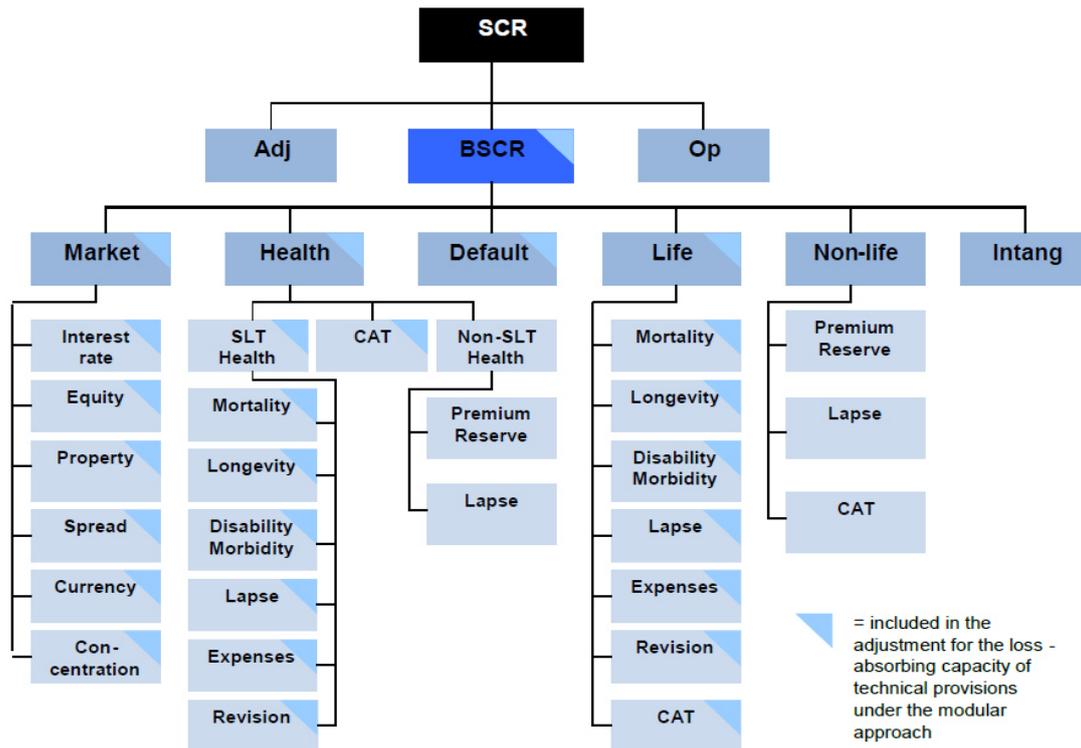
- Par formule standard ;
- Par mise en place d'un modèle interne ;
- Par mise en place d'un modèle interne partiel, c.-à-d. une combinaison des deux méthodes.

La majorité des compagnies d'assurance au Luxembourg ont recours à la formule standard, voilà pourquoi il convient d'approfondir uniquement cette approche du calcul du SCR.

#### *La formule standard*

EIOPA a mis en place une formule qui peut être appliquée par toutes les compagnies d'assurance pour déterminer leur SCR. Pour calibrer cette formule, EIOPA a modélisé la distribution des fonds propres d'une compagnie d'assurance « standard » ou « moyenne » et elle a utilisé la VaR comme mesure de risque pour déterminer les fonds propres à détenir pour limiter la probabilité de ruine à un an à 0,5%.

La formule standard décompose les risques de la compagnie d'assurance en différents facteurs de risque. Il s'agit donc d'une approche modulaire. Voici un schéma des différents modules de risques :



La compagnie d'assurance doit calculer la perte subie en cas de réalisation d'événements défavorables. Ces événements sont définis dans chaque module. Pour tenir compte de la probabilité faible de réalisation simultanée de tous ces événements, la formule standard a recours à des matrices de corrélation pour agréger les modules entre eux. Ainsi, un effet de diversification peut être constaté. Le montant trouvé après agrégation des risques est appelé le SCR de base (*Basic Solvency Capital Requirement* (BSCR)). Pour trouver le montant final de l'exigence en capital, il convient de prendre en compte deux facteurs qui permettent de le diminuer :

- Notamment en assurance-vie, il est possible de transférer une partie de la perte aux assurés par le biais de participations aux bénéfices.
- Les pertes peuvent également être imputées au résultat fiscal ce qui a comme effet de payer moins d'impôts dans le futur.

Ces éléments sont pris en compte dans le module d'ajustement pour capacité d'absorption des pertes (*adjustment* (adj)).

Enfin on ajoute encore l'exigence de capital déterminée dans le module de risque opérationnel pour déterminer le SCR final.

Voici une illustration de la méthode générale pour le calcul du BSCR. Les modules de risques principaux qui composent le BSCR sont :

- Le risque de marché
- Le risque de défaut
- Le risque de souscription vie
- Le risque de souscription non-vie (santé)
- Le risque de souscription non-vie (p.ex. IARD)
- Le risque des actifs intangibles

La plupart de ces modules de risques principaux sont composés de sous-modules de risques. La démarche à suivre pour déterminer le BSCR est la suivante :

- Quantification des SCR des sous-modules de risques
- Agrégation intra-modulaire, c.-à-d. à l'intérieur des modules de risques principaux
- Agrégation inter-modulaire, c.-à-d. entre les modules de risques principaux

Lors de la quantification des SCR des sous-modules de risques, les SCR de chaque sous-module de risque sont déterminés avec une méthode:

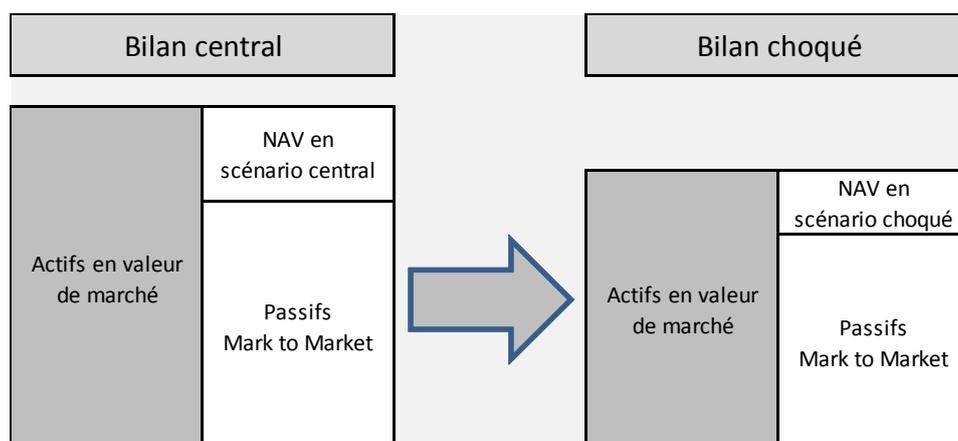
- Factorielle, c'est-à-dire à l'aide d'une formule fermée ;
- De Stress Test, c'est-à-dire appliquer un choc prédéfini sur le bilan économique.

La dernière méthode consiste à calculer le SCR comme la variation des fonds propres économiques ou de l'actif net réévalué (NAV) entraînée par les scénarios chocs prévu dans la formule standard. Il est donc évident que la compagnie d'assurance va avoir besoin d'un modèle de gestion actif-passif (*Assets and Liabilities Management (ALM)*).

Une compagnie d'assurance doit passer par les étapes suivantes afin de déterminer la variation des fonds propres dûe à un choc défini par la formule standard :

- Tout d'abord la compagnie d'assurance aura besoin du bilan en valeur économique qui va constituer le scénario central.
- Ensuite, à l'aide du modèle ALM et des paramètres du choc en question définis par la formule standard, le bilan en valeur économique du scénario choqué sera établi.
- Finalement, le SCR du sous-module de risque sera obtenu en calculant la diminution des fonds propres engendrée par le scénario.

Le graphique illustre la méthode décrite :



La méthode décrite revient à appliquer la formule suivante :

$$SCR_{\text{sous-module}} = \max(\Delta NAV; 0)$$

Avec NAV : Actifs-Passifs, l'actif net réévalué,

$\Delta NAV$  : NAV(0)-NAV(1) la différence entre l'actif net réévalué du scénario central et l'actif net réévalué du scénario choqué et,

$SCR_{\text{sous-module}}$  : le capital de solvabilité requis d'un sous-module de risque.

Il convient de noter que si le scénario mis en place entraîne une augmentation de la NAV, alors le SCR correspondant est nul. A l'aide de la méthode de Stress Test ou de la méthode factorielle, il est possible d'établir le SCR des sous-modules.

Une fois que les exigences de capital de chaque sous-module de risque ont été déterminées, il convient d'effectuer d'abord l'agrégation intra-modulaire et ensuite l'agrégation inter-modulaire à l'aide des différentes matrices de corrélation. Ainsi, toutes les étapes de détermination du BSCR ont été effectuées.

Finalement, afin de déterminer le SCR, il reste à déterminer l'exigence de capital du module de risque opérationnel, ainsi que l'ajustement pour capacité d'absorption des pertes.

#### §4. Le Minimum Capital Requirement (MCR)

A côté du SCR, une autre exigence de capital requise par Solvabilité II est le Capital Minimum Requis ou encore *Minimum Capital Requirement* (MCR).

Le MCR représente le niveau des fonds propres en-dessous duquel les intérêts des assurés se verraient sérieusement menacés. Dans ce cas une intervention du régulateur national serait automatique et le retrait de l'agrément presque certain.

EIOPA souhaite que la formule du Capital Minimum Requis soit facile à implémenter et facilement auditable. Le MCR est censé correspondre à une VaR entre 80% et 90% de la distribution des pertes sur un an.

Le calcul est très semblable à celui de l'EMS sous Solvabilité I.

EIOPA indique un seuil minimal de MCR qui dépend de la nature de la compagnie d'assurance. Pour le cas d'une compagnie de réassurance, la valeur minimale du MCR est égale à 3,6 millions d'euros.

Cette valeur minimale du MCR est comparée à un deuxième composante du MCR. Si cette composante du MCR est supérieure à la valeur minimal, alors la valeur de la deuxième composante est retenue.

Pour le cas d'une compagnie de réassurance souscrivant des affaires en non-vie, cette deuxième composante est linéaire et dépend du volume de primes nettes et des BE nets.

Lorsque le résultat du SCR est inférieur au résultat du MCR, alors la compagnie doit couvrir le MCR par les fonds propres, afin d'être solvable.

L'implémentation du calcul du MCR pose donc peu de difficultés aux compagnies d'assurance, car il reprend des éléments qui ont été calculés préalablement par la compagnie d'assurance.

Jusqu'à présent, le pilier 1 a été introduit à travers les éléments qui le constituent. Par la suite, les limites du premier pilier sont exposées.

## §5. Les limites du premier pilier

L'harmonisation des normes du secteur des assurances en Europe est l'objectif principal de la directive Solvabilité II. Notamment le calcul de l'exigence de capital du premier pilier à travers la formule standard est beaucoup critiqué, car il peut s'avérer trop sévère pour certains et pas assez sévère pour d'autres. Plus concrètement, cela veut dire que la calibration des risques est trop générale pour s'adapter aux profils de risques de chacune des compagnies d'assurance. EIOPA propose en réponse à cela aux compagnies d'assurance d'implémenter un modèle interne qui est censé traduire plus exactement leur profil de risque. Cependant, l'implémentation d'un modèle interne est très onéreuse et très peu de compagnies d'assurance ont les ressources financières et intellectuelles nécessaires pour mettre en place un tel modèle. La formule standard est donc la seule méthode envisageable pour l'implémentation du premier pilier pour beaucoup de compagnies d'assurance du secteur d'assurances en Europe.

Un autre défaut de la formule standard est qu'elle ne prend pas en compte certains risques, or ces risques peuvent avoir des conséquences non-négligeables sur la solvabilité d'une compagnie d'assurance et doivent donc être suivis de près. Il est également très important de contrôler les risques sur une durée plus importante qu'un an pour pouvoir établir un « *business plan* » en cohérence avec les besoins en fonds propres et pour garantir la solvabilité de la compagnie d'assurance pendant la durée du « *business plan* ».

Une grande partie des critiques sont corrigées par EIOPA dans le second pilier à travers l'« *Own Risk and Solvency Assessment* » (ORSA). En effet, lors de l'ORSA, les compagnies d'assurance sont tenues de calculer un capital de solvabilité économique qui permet de prendre en compte le profil de risque de l'entité et sa stratégie. Ce capital de solvabilité peut différer du SCR. La prochaine section sera consacrée à une présentation détaillée du second pilier et donc de l'ORSA.

## Section 2. Le second pilier, ou le pilier qualitatif

Le second pilier, ou encore le pilier des exigences qualitatives, se situe au cœur de la philosophie de Solvabilité II. Il permet de compléter les exigences quantitatives de fonds propres par des exigences qualitatives. Il s'agit donc de mettre en place un dispositif de gestion et de gouvernance des risques, afin de garantir une gestion saine, prudente et efficace de l'activité. Ce dispositif donne naissance à la création de 4 fonctions-clés, à savoir la gestion des risques, l'audit interne, la fonction actuarielle et la fonction conformité.



Il est intéressant de noter que les systèmes ne sont pas susceptibles d'être externalisés, alors que les fonctions-clés peuvent être externalisées.

Contrairement au pilier 1, dans le second pilier il n'y a pas de formule standard proposée par EIOPA. Ceci donne une grande liberté aux compagnies d'assurance qui est très appréciée par les grandes compagnies d'assurance, mais l'est moins par les petites.

Il convient à présent d'approfondir les aspects du second pilier qui sont pertinents pour ce mémoire, à savoir l'*Own Risk and Solvency Assessment* (§1) et le *Forward Looking Assessment of Own Risks* (§2).

### §1. L'Own Risk and Solvency Assessment (ORSA)

La crise financière a montré qu'une approche quantitative pour déterminer les exigences en fonds propres n'est pas suffisante, de sorte que la crise a mis en évidence le besoin de renforcer les exigences qualitatives.

La mise en place de contrôles, de procédures ainsi que d'une méthodologie d'évaluation des risques et des besoins en fonds propres correspondants, ne doit donc pas être considérée comme une contrainte réglementaire supplémentaire, mais comme des outils qui garantissent une meilleure maîtrise des risques et un meilleur pilotage de l'activité d'assurance. Il s'agit donc d'aller au-delà du calcul réglementaire imposé par le premier pilier et de démontrer une compréhension parfaite du profil de risque de la compagnie d'assurance et de traduire cette compréhension en un montant qui définit le besoin en capital de la compagnie.

L'ORSA permet d'identifier les risques, mais aussi de les évaluer et de les contrôler, il s'agit donc d'un outil puissant de « *risk management* ».

L'ORSA sera aussi utilisé à des fins prudentielles, car il permet d'identifier l'impact sur le court terme. Par exemple lorsqu'un nouveau contrat est émis, alors l'impact, sur le besoin global de solvabilité peut être évalué. Lorsqu'une potentielle insuffisance future est mise en lumière grâce à l'ORSA, l'autorité de contrôle nationale peut décider de mettre en place un « capital add-on » qui permet de garantir la solvabilité permanente de la compagnie d'assurance.

L'ORSA est considéré comme un outil de décision stratégique par EIOPA. La majorité des décisions stratégiques doivent être prises de manière objective, afin de maximiser certains éléments clés, comme par exemple le profit. Un outil de décision stratégique permet donc d'objectiver les décisions de la compagnie pour garantir un pilotage efficace de l'activité.

L'ORSA a donc deux aspects :

- un aspect quantitatif, et
- un aspect qualitatif qui est caractérisé par la mise en place d'un dispositif de gestion et de contrôle des risques, décliné en divers éléments dont :
  - la mise en place d'un tableau de bord permettant le suivi de l'activité ;
  - la définition des procédures et des outils d'allocation du capital ;
  - la définition de l'appétence au risque ;
  - la mise en place de limites de risques en fonction de l'appétence au risque.

L'aspect qualitatif permet aussi d'évaluer des risques spécifiques à l'entreprise qui n'ont pas été pris en compte par la formule standard dans le cadre du premier pilier dédié aux exigences quantitatives. La compréhension de ces risques spécifiques est nécessaire pour avoir une compréhension réelle de l'ensemble des risques qu'encourt la compagnie d'assurance.

L'aspect quantitatif du processus ORSA est surtout traduit par l'évaluation du besoin global de solvabilité de la compagnie.

L'ORSA d'une compagnie d'assurance doit au moins remplir les objectifs suivants :

- Déduire le besoin global de solvabilité de la compagnie selon le profil de risque de l'entité, tout en prenant en compte la stratégie et les limites de risques qui dépendent de l'appétence au risque de la compagnie.
- Assurer la solvabilité tout au long de la projection de la compagnie d'assurance en respectant à tout moment les exigences de capital.
- Déterminer les écarts entre le profil de risque de la compagnie et les hypothèses qui sous-tendent le capital de solvabilité requis.

Afin de bien comprendre la complexité du processus ORSA, une définition des notions de besoin global de solvabilité, du profil de risque, de l'appétence au risque, de la tolérance au risque et des limites de risque est nécessaire.

## I. Le Besoin Global de Solvabilité

Contrairement à la notion de SCR, qui est clairement définie, il n'y a pas de définition précise du besoin global de solvabilité, ce qui laisse une certaine marge de manœuvre aux compagnies d'assurance. L'objectif du besoin global de solvabilité est cependant bien défini :

*« Il s'agit de déterminer le niveau de capital nécessaire sous contrainte de vérifier les conditions d'appétence au risque de la compagnie et bien évidemment la contrainte principale qui est la solvabilité à tout moment de la compagnie. »*

Le régulateur impose aux compagnies d'assurance de justifier de leur capacité à respecter l'exigence de marge réglementaire, non seulement à la date de l'inventaire, mais également de manière prospective sur la durée de leur « *business plan* ». Il est donc nécessaire que toutes les compagnies d'assurance projettent les éléments clés de leur bilan sur cette durée.

EIOPA souhaite que les assureurs aillent encore plus loin, en intégrant également à la projection les affaires nouvelles souscrites sur cette période, le développement d'éventuels futurs produits, ainsi que d'éventuels nouveaux risques. Des éléments comme la stratégie que souhaite adopter la compagnie d'assurance et le profil de risque propre à la compagnie d'assurance ainsi que d'éventuels changements de celui-ci dans le futur doivent ainsi être intégrés dans cette évaluation.

L'évaluation du besoin global de solvabilité compte tenu du profil de risque spécifique offre une vision prospective de l'activité de la compagnie. Le besoin de global de solvabilité donne ainsi le capital économique de la compagnie d'assurance sur la durée du « *business plan* » en prenant en compte les affaires nouvelles et les nouveaux risques.

## II. Profil de risque

L'une des étapes les plus importantes pour implémenter l'ORSA est l'établissement par les compagnies d'assurance de leur profil de risque. Cela revient surtout à répertorier l'ensemble des risques significatifs qui ne sont pas pris en compte lors de la détermination du SCR dans le premier pilier. Il convient donc de cartographier les risques auxquels l'entité est soumise et de veiller à leur juste capitalisation.

## III. L'appétence au risque

L'appétence au risque peut être définie comme le niveau de risque maximal qu'une compagnie d'assurance donnée accepte de prendre pour accomplir ses objectifs stratégiques. L'appétence au risque est généralement traduite à l'aide de la mesure de risque et des limites de risque et elle peut être déclinée sur plusieurs types de risques à l'aide de la tolérance au risque. Elle doit obligatoirement prendre en compte le profil de risque de l'entité.

L'appétence aux risques est propre à chaque compagnie et elle peut être multidimensionnelle :

- Avoir un résultat déficitaire une fois tous les x ans dans y% des cas
- Avoir un ratio de couverture supérieur à x% dans y% des cas sur toute la durée du « *business plan* »
- Avoir une rentabilité des capitaux propres de x% dans y% des cas
- Avoir une stabilité du rating dans x% des cas

Un aspect qui doit toujours être garanti est de couvrir en permanence, à l'horizon du plan stratégique, le capital de solvabilité requis calculé dans le premier pilier.

Il s'agit donc de fixer une limite globale de risques que la compagnie est prête à accepter pour réaliser les objectifs de son « *business plan* ».

#### IV. Tolérance au risque

La tolérance au risque peut être définie comme le niveau de risque que l'entreprise accepte de prendre en vue d'accomplir les objectifs de son « *business plan* » pour un périmètre plus restreint.

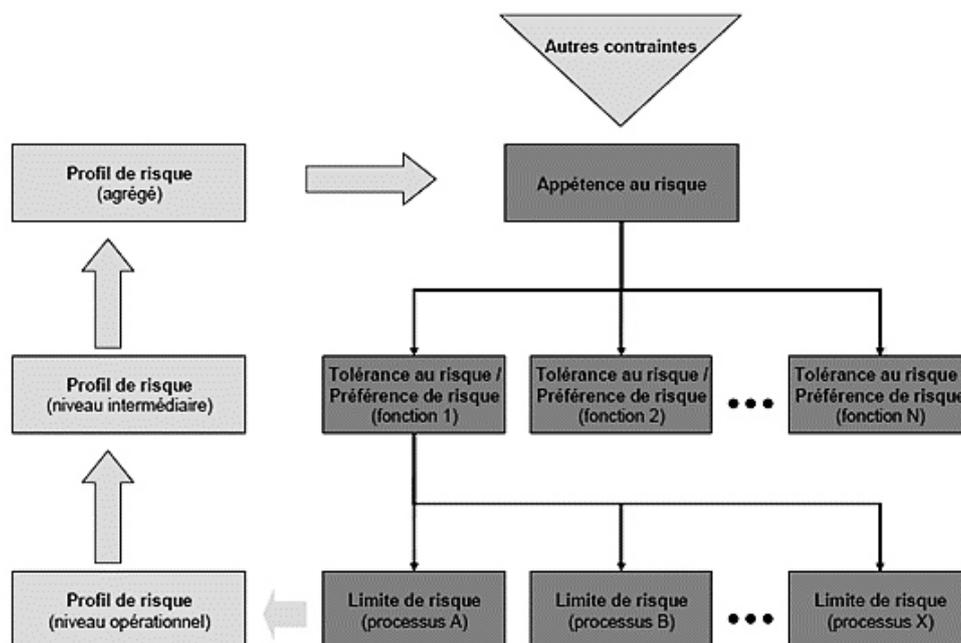
Il s'agit donc d'une répartition à un niveau plus précis que pour l'appétence au risque. Ainsi, on répartit l'appétence au risque aux différents types de risques et selon les branches d'activités de la compagnie d'assurance.

Une analyse de la tolérance au risque d'une compagnie d'assurance doit permettre de comprendre la stratégie de gestion des risques adoptée pour atteindre les objectifs du « *business plan* ».

#### V. Limites de risque

Les limites de risque sont déduites à l'aide de la tolérance au risque. Il s'agit d'indicateurs pour chaque type de risque répartis par branche d'activité qui indiquent le niveau maximal de risque que souhaite prendre la compagnie d'assurance.

Voici un schéma illustrant la décomposition de l'appétence au risque et son lien avec le profil de risque :



Source : [http://www.institutdesactuaires.com/docs/2014090509\\_Dcoumentsynthese.pdf](http://www.institutdesactuaires.com/docs/2014090509_Dcoumentsynthese.pdf)

Après avoir présenté l'ORSA, il convient à présent de s'intéresser au *Forward Looking Assessment of Own Risks*.

## §2. Le Forward Looking Assessment of Own Risks (FLAOR)

EIOPA a publié le 27 septembre 2013 des lignes directrices préliminaires (*preparatory guidelines*) concernant :

- Le système de gouvernance
- Le « *Forward Looking Assessment of Own Risks* » (FLAOR) (*basé sur les principes de l'ORSA*)
- Le « *reporting* » aux autorités prudentielles (pilier 3)

Ces lignes directrices s'inscrivent dans la phase préparatoire précédant l'entrée en vigueur de la directive Solvabilité II au 1<sup>er</sup> janvier 2016.

L'implémentation de ces lignes directrices préliminaires est soumise à la compétence des autorités prudentielles nationales (NCA). Les NCA disposaient d'un délai de 2 mois pour informer EIOPA s'ils décident de se conformer ou non aux lignes directrices préliminaires finales et le Commissariat aux Assurances (CAA), autrement dit le NCA luxembourgeois, a décidé de se conformer à l'ensemble des lignes directrices préliminaires.

Les lignes directrices préliminaires n'introduisent pas de nouveaux concepts pratiques concernant l'implémentation de l'ORSA. Il s'agit cependant de règles directrices qui visent à implémenter certains des principes de l'ORSA qui sont déjà bien développés, de sorte que l'intention d'EIOPA derrière le FLAOR est d'appliquer des principes clés de l'ORSA bien avant l'entrée en vigueur de la directive Solvabilité II.

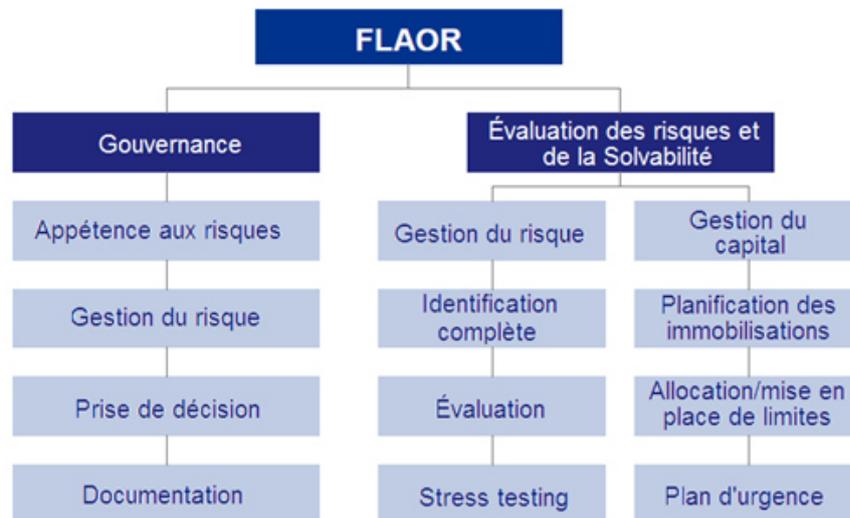
Les lignes directrices préliminaires se basent majoritairement sur le « *Level 3 ORSA guidance paper (11/08)* » qui est composé de 21 règles directrices. Les lignes directrices préparatoires quant à elles sont composées de 25 règles directrices.

Les compagnies d'assurance sont amenées à réaliser un FLAOR à partir de l'année 2014, tout en appliquant le principe de proportionnalité. Selon les lignes directrices préparatoires, chaque compagnie d'assurance est supposée :

- Développer et implémenter un FLAOR des risques auxquels elle est exposée ;
- Effectuer une évaluation de leur besoin global de solvabilité à partir de 2014 ;
- Surveiller que les exigences de capitaux soient toujours respectées ;
- Déterminer si le profil de risque dévie des hypothèses sous-jacentes au calcul du SCR ;
- Émettre un rapport annuel avec les résultats du FLAOR dans les deux semaines qui suivent le FLAOR ;
- Impliquer les organes d'administration, de gestion et de surveillance dans les processus ;
- Démontrer que les résultats du FLAOR sont utilisés dans les décisions stratégiques.

Un FLAOR est un processus d'analyse stratégique qui fait le lien entre l'évaluation des risques, des capitaux et le programme stratégique pour évaluer les exigences de capital présentes et futures de la compagnie d'assurance en fonction de son business plan. Il est donc nécessaire de mettre en place une approche multifonctionnelle.

Voici une représentation du FLAOR qui vise à appliquer les principes clés de l'ORSA :



Source: <http://www.kpmg.com/MT/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/Solvency%20II%20Deciphering%20the%20FLAOR.pdf>

La seconde partie de ce mémoire sera dédiée à l'« Évaluation des risques et de la Solvabilité » et plus particulièrement à l'identification des risques et à leur évaluation.

## Partie 2. Évaluation des risques propres à une réassurance non-vie

Jusqu'à présent, une introduction générale des concepts de la directive Solvabilité II a été réalisée. Cette deuxième partie sera dédiée à la mise en place de certaines des principes clés de l'ORSA qui font partie du FLAOR dans le contexte d'une compagnie de réassurance non-vie.

L'élément principal de cette seconde partie sera la projection du « Best Estimate Liabilities », du capital de solvabilité requis et de la marge pour risque. Une identification des risques et une analyse du profil de risque complet sera également effectuée. La projection de l'actif et des autres postes du passif sera traitée en annexe, ce qui permet de déduire une projection complète du bilan économique.

Étant donné la structure de la compagnie de réassurance et de la contrainte temporelle de ce mémoire, la gouvernance, la gestion du capital, la planification des immobilisations, la mise en place de limites et d'un plan d'urgence ne seront pas traités. Cependant, le travail effectué sera quand même très utile, car il pourra servir de base pour la mise en place des éléments non-traités.

Le périmètre de cette partie est donc le suivant :



Le premier titre de cette partie sera consacré à une introduction générale sur la structure de la compagnie de réassurance. Ensuite, les titres deux à cinq présenteront le modèle sur lequel la projection se base en détail. Les méthodes et concepts de projections du BE, du SCR et de la RM y seront détaillés. Enfin au dernier titre de cette partie, les résultats principaux du modèle seront exposés, c'est-à-dire les résultats du modèle en scénario central et en scénario choqué.

Il convient à présent de débiter par l'étude de la structure de la compagnie de réassurance. A cet effet, son profil de risque complet sera identifié, la structure et la nature de ses traités seront définies et le programme de rétrocession sera détaillé. Finalement, les objectifs du modèle seront exposés et la méthodologie générale employée sera présentée, à savoir la décomposition de la projection en plusieurs morceaux.

# Titre 1. La structure de la compagnie de réassurance et l'initiation au modèle

---

La structure de la compagnie de réassurance et le profil de risque auquel s'applique le modèle de calcul du FLAOR a un impact majeur sur le modèle. Chaque compagnie de réassurance a sa propre structure d'actif, son propre programme de réassurance et sa propre politique de souscription. La projection des éléments du passif doit être adaptée à cette structure, et les hypothèses sous-jacentes au modèle doivent également être adaptées.

La structure et le profil de risque de la compagnie de réassurance seront détaillés au Chapitre 1, avant d'en venir à l'initiation au modèle (Chapitre 2).

## Chapitre 1. La structure de la compagnie de réassurance

---

Il convient de décomposer ce chapitre dédié à la structure de la compagnie de réassurance en trois sections.

La première section sera consacrée à la politique de souscription de la compagnie de réassurance.

La deuxième section servira à détailler la politique de rétrocession, l'analyse de cet élément étant clé pour pouvoir déterminer le profil de risque de la compagnie de réassurance.

Enfin, à la troisième section de ce chapitre, le profil de risque de l'entreprise sera mis en évidence, d'abord par une analyse qualitative des risques qui sont pris en compte au premier pilier de la directive et ensuite par l'étude de l'exposition de la compagnie de réassurance à d'autres risques.

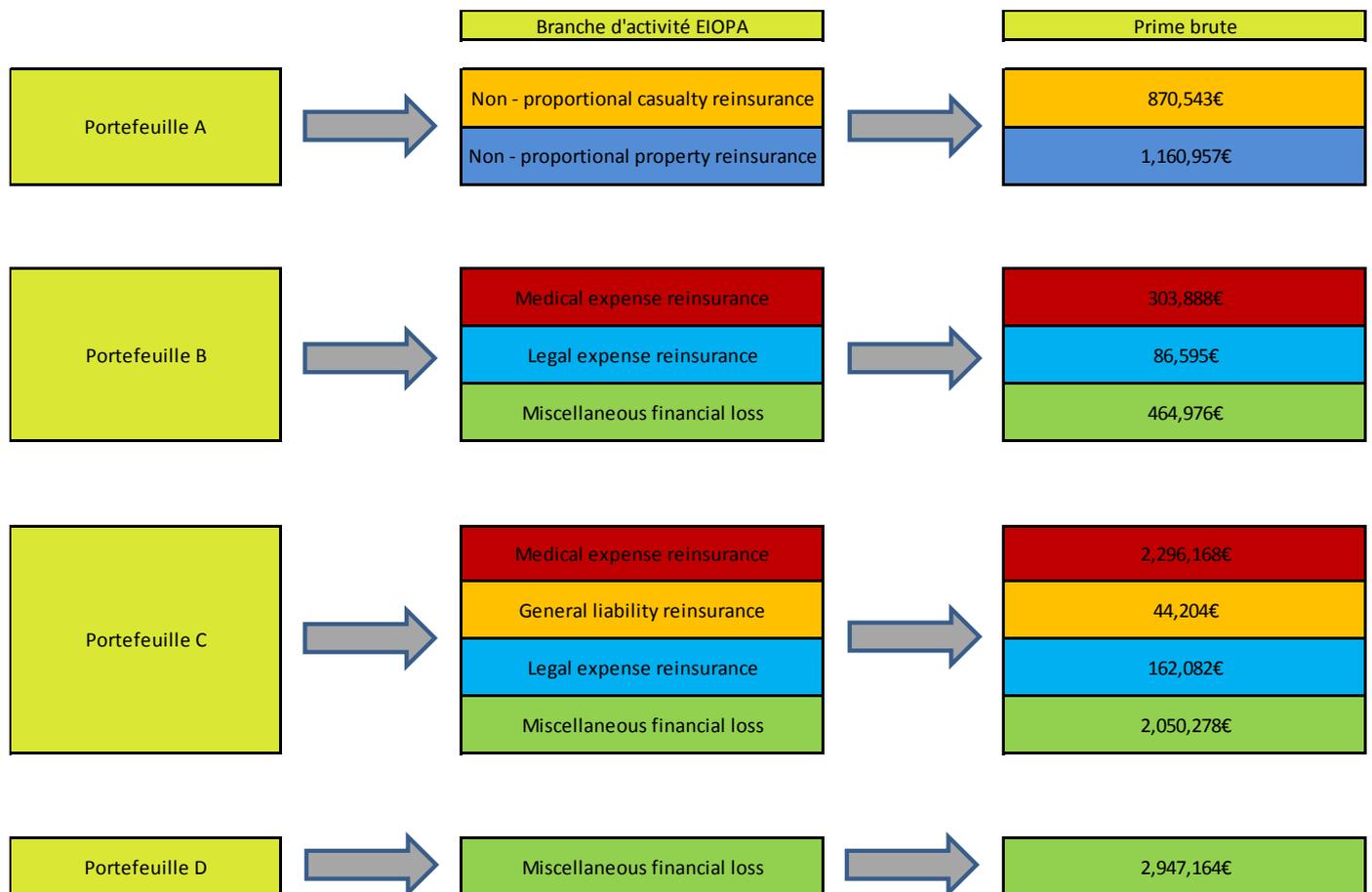
### Section 1. La politique de souscription

---

La compagnie de réassurance fait partie d'un groupe dont l'activité bancaire constitue l'activité principale. La vente de cartes de crédit fait donc partie de cette activité or à la souscription d'une carte de crédit la souscription à différentes assurances est souvent automatique. Les assurances sont proposées par trois assureurs externes au groupe et la compagnie de réassurance du groupe réassure ces trois assureurs externes.

Par la suite, l'ensemble des traités de réassurance entre l'assureur A et la compagnie de réassurance sont désignés "portefeuille A", les traités entre l'assureur B et la compagnie de réassurance "portefeuille B" et ainsi de suite.

Le schéma suivant montre les branches d'activité contenues dans les différents portefeuilles telles que définies par EIOPA :



Il peut être observé que le portefeuille C a le plus grand volume de primes brutes et la branche d'activité « pertes pécuniaires diverses » (*Miscellaneous financial losses*) est la plus importante en terme de volume de primes brutes. Il est également intéressant de noter que la réassurance est majoritairement acceptée de manière proportionnelle.

La réassurance des assurances qui sont proposées à la souscription d'une carte de crédit constitue l'activité principale de la compagnie et la majorité de ces couvertures font partie de la branche d'activité « pertes pécuniaires diverses ». Voici quelques exemples :

- Remboursement en cas d'annulation de voyages ;
- Protection des achats effectués en ligne ;
- Extension des garanties des achats effectués ;
- Couverture pécuniaire en cas d'accident de la route...

L'assurance maladie pendant le voyage constitue également une part importante de l'activité de la compagnie de réassurance, cette couverture faisant partie de la branche d'activité « frais médicaux ».

Les traités du portefeuille A couvrent les polices de l'assureur qui assure les risques propres au groupe. La réassurance des traités du portefeuille A se fait de manière non-proportionnelle. Les bâtiments et véhicules du groupe sont réassurés contre les risques d'incendie, d'inondation, de grêle et d'orage. Les biens mobiliers de valeur ainsi que les véhicules sont également réassurés contre le risque de vol.

Les traités de réassurance des portefeuilles B à D couvrent les risques liés aux assurances de cartes de crédit.

Il convient à présent de s'intéresser à la structure des traités de réassurance.

## Section 2. La structure des traités de réassurance

---

Les traités émis par la compagnie de réassurance ont tous la même structure. Le terme « structure » est utilisé pour désigner les éléments qui définissent un traité de réassurance comme par exemple la date de souscription, la date de prise d'effet et la durée du traité.

Voici le détail de la structure des traités de la compagnie de réassurance.

### La durée des traités :

Les traités ont une durée d'un an.

### La date de souscription :

Les traités sont souscrits au premier octobre chaque année et reconduits tacitement s'ils n'ont pas été résiliés avant le premier octobre de l'année suivante.

### La date de prise d'effet des traités :

Les traités prennent effet le premier janvier qui suit la date de souscription, et c'est aussi à ce moment-là que les primes annuelles sont émises. Il y a donc une seule émission de primes par an et par traité. Il est important de noter que dans ce cas de figure, il y a équivalence entre primes acquises et primes émises.

### La période de couverture des traités :

Le période de couverture s'étend du premier janvier qui suit la date de souscription, au 31 décembre de la même année.

### Les conséquences d'une telle structure :

Les primes émises sont égales aux primes acquises, car la période de couverture n'empiète pas sur une autre année comptable.

La compagnie de réassurance a des engagements vis-à-vis des assureurs à partir de la date de souscription. La compagnie de réassurance doit donc constituer un passif correspondant à ses engagements lors de l'établissement du bilan économique au 31 décembre de chaque année.

Une compagnie de réassurance qui n'a jamais souscrit de traités par le passé ayant la même structure doit donc couvrir un SCR 3 mois avant de toucher une première prime.

Jusqu'à présent, la structure des traités de réassurance a été exposée. Il convient désormais d'étudier la structure de rétrocession de la compagnie de réassurance.

### Section 3. La structure de rétrocession

---

La compagnie de réassurance rétrocède une partie de ses traités du portefeuille B et C de manière non-proportionnelle. Les traités concernés sont des traités de couverture pécuniaire en cas d'accident de la route lorsqu'on est en vacances, qui font partie de la branche d'activité "pertes pécuniaires diverses" d'EIOPA. Il s'agit d'une couverture d'excédent de sinistre par risque ayant une priorité de 68.750€ et une limite de 236.250€ combinée avec une couverture d'excédent de sinistre par événement d'une priorité de 2.950.000€ et d'une limite de 22.050.000€.

En ce qui concerne le portefeuille C, les traités de responsabilité civile sont également réassurés par un traité non-proportionnel. Il s'agit également d'un traité d'excédent de sinistre par risque et par événement d'une priorité de 95.000€ et d'une limite de 405.000€.

La prime de rétrocession de ces traités dépend de la somme assurée et varie entre 250.000€ et 300.000€. La priorité par risque a été atteinte deux fois durant les trois dernières années ce qui a engendré des paiements de 3.700€ et de 45.000€.

Le traité de rétrocession le plus important est un traité d'excédent de perte qui a pris effet au premier janvier 2010 et qui couvre l'ensemble des 4 portefeuilles. Ce traité non-proportionnel a une priorité annuelle de 7 millions d'euros et une limite de 10 millions d'euros par an et une limite cumulée de 20 millions d'euros sur la durée du contrat. La prime de la couverture est de 2,125 millions d'euros et le traité prend fin le 31 décembre 2014. C'est à ce moment qu'il sera renégocié.

Le traité d'excédent de perte est une couverture supplémentaire qui protège le bilan de la compagnie de réassurance. Il prend effet uniquement après déduction des paiements à la charge des deux traités d'excédent de sinistre. Au 31 décembre 2012 la priorité de cette couverture n'a encore jamais été atteinte.

Ce traité d'excédent de perte est un contrat de réassurance en base d'année de survenance, ce qui veut dire que le traité couvre l'ensemble des contrats de réassurance émis au 1<sup>er</sup> janvier d'une année donnée et qu'il prend en charge les paiements dès que la charge de sinistralité de ces contrats dépasse 7 millions d'euros.

Un contrat de réassurance sur base d'année de survenance convient :

- Aux portefeuilles volatiles en nombre et taille de polices d'une année à l'autre ;
- Aux sinistres à déroulement rapide.

Certains des portefeuilles réunissent ces deux conditions comme par exemple le portefeuille D qui est volatile en nombre et taille de polices.

Les trois autres portefeuilles sont plutôt stables d'une année à l'autre. Un portefeuille stable se définit par une variation relative en volume de primes brutes et en nombre de polices de moins de 10% par an. Il pourrait donc être préférable de se réassurer en base comptable, car un contrat de réassurance en base comptable convient :

- Aux portefeuilles stables en nombre et taille de polices d'une année à l'autre ;
- Aux sinistres à déroulement rapide.

Dans la partie dédiée à l'analyse des résultats, l'impact qu'aurait sur le passif le fait que la compagnie de réassurance soit réassurée en base comptable sera étudié.

Un autre aspect intéressant de ce programme de rétrocession est le lien créé entre les quatre portefeuilles. Ce lien se matérialise au niveau des ratios combinés nets de réassurance, car si la priorité de l'excédent de perte est atteinte, alors les paiements en vertu de l'excédent de pertes sont imputés aux 4 différents portefeuilles. Par exemple, si la sinistralité d'un portefeuille double et que la priorité du traité est atteinte, alors une partie des paiements du contrat de rétrocession est imputée aux trois autres portefeuilles en fonction de la sinistralité observée par portefeuille.

#### Exemple numérique :

Dans le cadre de cet exemple il est supposé que la compagnie de réassurance règle le sinistre immédiatement après la déclaration et que le réassureur de l'excédent de perte effectue le remboursement immédiatement lorsque la priorité est atteinte.

En scénario central, lorsque la sinistralité suivante des contrats souscrits au 1<sup>er</sup> janvier 2012 est observée, les flux suivants peuvent être constatés :

	Charge de sinistralité payée brute de l'année de survenance 2012	Sinistralité prise en charge par le réassureur	Charge de sinistralité payée nette de l'année de survenance 2012
Portefeuille A	1,000,000€	0€	1,000,000€
Portefeuille B	1,000,000€	0€	1,000,000€
Portefeuille C	3,000,000€	0€	3,000,000€
Portefeuille D	2,000,000€	0€	2,000,000€
<b>Total</b>	<b>7,000,000€</b>	<b>0€</b>	<b>7,000,000€</b>

Aucun lien entre les quatre portefeuilles n'est observé et les ratios "sinistres sur primes" dépendent uniquement des primes et des sinistres.

En scénario choqué, lorsque la sinistralité des portefeuilles B et C double les flux suivants sont observés:

	Charge de sinistralité payée brute de l'année de survenance 2012	Sinistralité prise en charge par le réassureur	Charge de sinistralité payée nette de l'année de survenance 2012
Portefeuille A	1,000,000€	$1,000,000\text{€}/10,000,000\text{€} \times 3,000,000\text{€} = 300,000\text{€}$	700,000€
Portefeuille B	2,000,000€	$2,000,000\text{€}/10,000,000\text{€} \times 3,000,000\text{€} = 600,000\text{€}$	1,400,000€
Portefeuille C	3,000,000€	$3,000,000\text{€}/10,000,000\text{€} \times 3,000,000\text{€} = 900,000\text{€}$	2,100,000€
Portefeuille D	4,000,000€	$4,000,000\text{€}/10,000,000\text{€} \times 3,000,000\text{€} = 1,200,000\text{€}$	2,800,000€
<b>Total</b>	<b>10,000,000€</b>	<b>3,000,000€</b>	<b>7,000,000€</b>

Dans ce scénario, il y a création d'un lien entre les quatre portefeuilles et les ratios sinistres sur primes dépendent des primes, des sinistres et des sinistres des autres portefeuilles.

La modélisation des ratios combinés nets va donc devoir tenir compte de ce phénomène, et le modèle devra corriger les triangles de développement nets si la compagnie de réassurance décide d'arrêter ce traité d'excès de pertes.

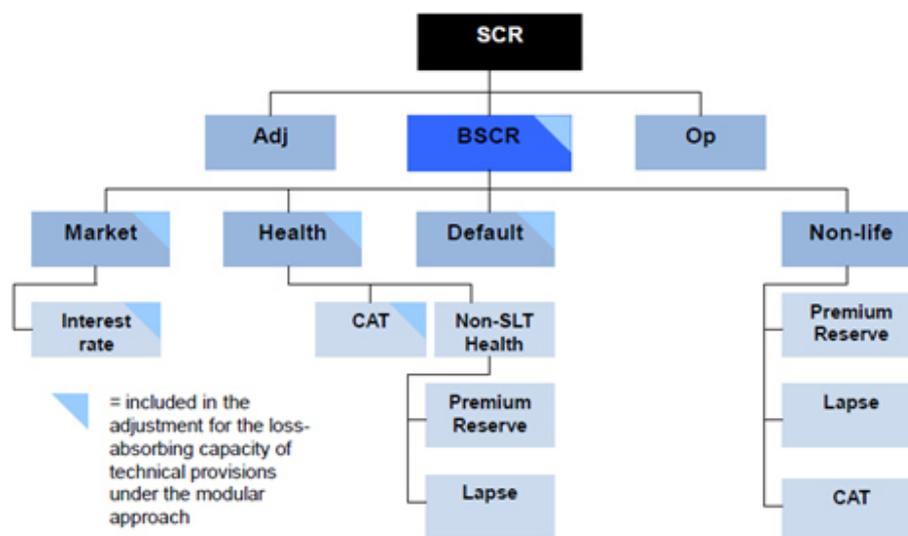
À noter que le modèle d'une compagnie qui se réassure de manière proportionnelle n'a pas besoin de prendre en compte cet effet.

Il convient donc de déduire qu'il est impossible de mettre en place un outil de projection générique. Cela prouve la nécessité de mettre en place un modèle propre à la structure et au profil de risque de chaque compagnie.

À la section suivante, le profil de risque de la compagnie de réassurance sera mis en évidence.

## Section 4. Le profil de risque de la compagnie de réassurance

L'identification et l'analyse du profil de risque constitue un élément clé pour mettre en place la projection du SCR de la compagnie de réassurance. Le graphique ci-dessous représente les risques de la formule standard auquel la compagnie de réassurance est exposée.



Dans un premier temps, une analyse de l'exposition de la compagnie de réassurance aux différents modules de risques de la formule standard est présentée. Dans un deuxième temps, une étude de l'exposition aux risques externes à la formule standard est effectuée.

## §1. Les risques de la formule standard

### *Le module de risque marché :*

En ce qui concerne le module de risque de marché, la compagnie de réassurance est uniquement exposée au risque des taux d'intérêt, car elle a une structure d'actif assez particulière qui va être analysée par la suite.

Voici le détail de l'actif de la compagnie de réassurance au 31.12.2012 :

<b>Actif de la compagnie de réassurance</b>	
Capital souscrit non versé dont: appelé	
<b>Actifs incorporels</b>	-
<b>Placements</b>	<b>8,834,887</b>
<i>Dépôts auprès des établissements de crédit</i>	8,834,887
<b>Part des réassureurs dans les provisions techniques</b>	- 1,978,828
Provision pour primes	- 2,203,075
Provision pour sinistres	224,247
<b>Créances</b>	<b>2,348,099</b>
Créances nées d'opérations de réassurance	2,296,320
Autres créances	51,779
<b>Autres éléments d'actif</b>	<b>3,748,491</b>
Actifs corporels et stocks	43,054
Avoirs en banque, avoirs en compte de chèques postaux, chèques et encaisse	3,705,437
<b>Comptes de régularisation</b>	<b>184,229</b>
Intérêts et loyers acquis non échus	184,229
<b>TOTAL DE L'ACTIF</b>	<b>13,136,878</b>

Il convient de constater que la compagnie ne détient pas d'actifs sensibles aux risques liés aux actions (« *equity* ») et au risque d'écart de taux (« *spread* »).

Étant donné que tous les actifs se situent dans la zone euro et que l'ensemble des traités sont émis en euro, la compagnie de réassurance n'est pas exposée au risque de change (« *currency* »).

Le poste « Actifs corporels et stocks » est composé d'un contrat de crédit-bail qui n'est pas soumis au risque immobilier (« *property* »). La compagnie ne détient pas d'actifs immobiliers et n'est donc pas exposée au risque immobilier.

Les postes « Avoir en banque, avoirs en compte de chèques postaux, chèques et encaisse. », « Dépôts auprès des établissements de crédit », « Intérêts et loyers acquis non échus » et « Créances nées d'opérations de réassurance » sont sensibles au risque de défaut des contreparties (« *default* ») et d'après le SCR.5.121 des spécifications techniques<sup>3</sup> publiées par EIOPA, les risques pris en compte par le module de risque « défaut des contreparties » ne sont pas à prendre en compte dans le sous-module « concentration ».

La compagnie de réassurance n'est donc pas exposée au risque de concentration.

<sup>3</sup> Technical Specifications for the Preparatory Phase (Part I)

Les postes « Provision pour primes » et « Provision pour sinistres » sont sensibles aux taux d'intérêt, car ils sont déterminés à l'aide d'un calcul qui fait appel à la courbe des taux sans risques lors de l'actualisation des flux futurs. L'exigence de capital du sous-module taux d'intérêt de la formule standard est déterminée à l'aide d'un choc sur la courbe des taux sans risques ce qui a un impact sur l'actualisation des flux futurs.

Jusqu'à présent l'exposition au risque de marché de la compagnie de réassurance a été analysée. À présent, le module de risque souscription santé sera étudié.

#### *Le module de risque souscription santé :*

La compagnie est exposée au sous-module « risque de catastrophe » (« CAT ») liés aux produits de santé et au sous-module « risque de souscription lié aux produits de santé non-similaires aux techniques de vie » (« Non-SLT health »).

Les engagements correspondants à la branche d'activité santé se limitent à la réassurance de produits d'assurance-maladie pendant les vacances. Selon la formule standard, le scénario-catastrophe de l'accident de masse est le seul auquel la compagnie de réassurance est exposée. Le scénario-catastrophe « concentration d'accidents » n'est pas pertinent, car la compagnie de réassurance n'a pas d'expositions concentrées. Finalement le scénario-catastrophe « risque de pandémie » s'applique uniquement à des branches d'activités que la compagnie de réassurance ne couvre pas.

Le sous-module « risque de souscription lié aux produits de santé non-similaires aux techniques de vie » est composé du module « risque de primes et de réserves » (« *Premium Reserve* ») et du module « risque de rachat » (« *Lapse* »).

La compagnie est sensible au risque de primes et de réserves. Le risque de prime concerne les traités de réassurance où des paiements de primes sont attendus après le moment de calcul du SCR. Le risque de primes regroupe le risque lié aux variations de sévérité, de fréquence ou de déroulement de la sinistralité des événements assurés. Le risque de prime est également censé prendre en compte le risque que la provision pour primes ne soit pas suffisante ou qu'elle ait besoin d'être augmentée.

Quant au risque de réserve, il prend en compte le risque de variations liées au montant et au déroulement de la charge de sinistres. Etant donné que la compagnie de réassurance a un développement de sinistralité très rapide (environ 2 ans), son exposition au risque de réserve est très faible.

La compagnie de réassurance n'est pas sensible au risque de rachat classique, qui se manifeste pendant la période de couverture du contrat, car les traités émis ont une durée d'un an et ils sont payés par prime unique. Il est cependant quand même nécessaire de calculer le risque de rachat au 31 décembre de chaque année, car la compagnie de réassurance a des engagements dès la souscription des contrats au 1<sup>er</sup> octobre. L'impact sur les affaires de la compagnie de réassurance lorsqu'une partie des primes dues au 1<sup>er</sup> janvier ne sont pas payées doit donc être déterminé.

### Le module de risque de défauts des contreparties :

En ce qui concerne le module de risque de défaut des contreparties, il convient d'abord de mettre en évidence les différentes contreparties :

Type 1 exposures	Dépôts auprès des établissements de crédit	Banque du groupe	8,834,887€	
	Part des réassureurs dans les provisions techniques	Réassureur_A,B,C	- 1,978,828€	
	Créances nées d'opérations de réassurance	Portefeuille_B		1,374,007€
		Portefeuille_C		46,722€
		Portefeuille_D		826,897€
		Réassureur_A		18,196€
		Réassureur_B		30,498€
Avoirs en banque	Banque du groupe		3,668,204€	
	Banque_A		37,233€	
	Intérêts et loyers acquis non échus	Groupe	184,229€	
Type 2 exposures	Autres créances	?	51,779€	

Le poste « dépôts auprès d'établissements de crédits » est constitué d'une unique contrepartie, il s'agit de dépôts auprès de la banque du groupe qui vend les cartes de crédits.

Le poste « créances nées d'opérations de réassurance » est composé de 5 contreparties, dont trois des quatre assureurs que la compagnie de réassurance couvre ainsi que deux réassureurs qui couvrent une partie des traités des portefeuilles B et C. Le réassureur avec lequel la compagnie de réassurance a souscrit le traité d'excédent de perte de 7 millions d'euros ne figure pas parmi les contreparties, car jusqu'à présent la charge de sinistralité par année de survenance n'a encore jamais dépassé la priorité.

Le poste « Intérêts et loyers acquis non échus » est composé d'une unique contrepartie.

Le dernier poste pris en compte dans le module « risque de contrepartie » est le poste « Avoirs en banque, avoirs en compte de chèques postaux, chèques encaisse. ». Il s'agit d'avoirs en banques décomposés en deux contreparties. 99% des avoirs en banque sont placés auprès de la banque qui fait partie du groupe et 1% sont placés auprès d'une banque externe au groupe.

### Le module de risque souscription non-vie :

Les trois sous-modules du module de risque « souscription non-vie » doivent être déterminés, car la compagnie de réassurance émet des contrats de réassurance non-vie. Il s'agit du même type de modules que ceux analysés au module de risque de souscription santé. L'analyse à effectuer est donc presque identique à celle du module de risque de souscription santé.

En ce qui concerne le sous-module catastrophe, la compagnie de réassurance est exposée à 4 scénarios-catastrophe :

- La couverture de contrats de type « responsabilité générale » engendre une exposition au risque de catastrophe découlant de l'activité humaine.
- Les traités non-proportionnels de dommages aux biens sont sensibles :

- Au risque d'incendie
- Aux risques liés aux traités non-proportionnels de dommages aux biens
- La couverture de contrats de type « pertes pécuniaires diverses » expose la compagnie de réassurance au scénario nommé « autres catastrophes non-vie ».

#### *Le module de risque opérationnel :*

Le module de risque opérationnel vise à quantifier les pertes résultant du personnel, des systèmes informatiques, des procédures internes insuffisantes ou échues et d'événements externes. Il ne prend pas en compte le risque de réputation, ni les pertes résultant de choix stratégiques. La compagnie de réassurance est exposée à ces risques qui viennent s'ajouter au BSCR.

Il est important de noter que la capacité d'absorption de pertes des provisions techniques et des impôts différés ne constitue pas un module de risque et ne va donc pas être analysée dans cette section.

## **§2. Les risques extérieurs à la formule standard**

Ce paragraphe a pour but de compléter le profil de risque de la compagnie de réassurance par l'étude des risques qui ne font pas partie de la formule standard.

#### *Le risque de réputation :*

Le risque de réputation peut être défini comme suit.

Il s'agit d'un risque financier encouru par des entreprises dont l'image de marque fait partie intégrante de la stratégie commerciale et dont l'image peut être ternie par un événement.

La compagnie de réassurance n'est pas exposée directement à ce risque, mais elle l'est indirectement, car les compagnies de cartes de crédit sont exposées à ce risque et donc également les contrats d'assurances qui en dépendent. Les banques peuvent également être exposées au risque de réputation.

Les affaires de la compagnie de réassurance dépendent donc des affaires de la banque du groupe et donc de la réputation de la banque, mais aussi de la réputation des marques de cartes de crédit qu'elle commercialise.

Un déclin du chiffre d'affaires de la banque de plus de 10% à cause de la dégradation de son image de marque qui se traduirait par un déclin d'environ 10% de la compagnie de réassurance semble très peu probable, car il s'agit d'une banque qui est bien établie sur le marché depuis plusieurs décennies et qui bénéficie d'une clientèle fidèle.

Il est cependant plus probable qu'une marque de cartes de crédit subisse une perte de réputation, par exemple si une faille de sécurité était découverte. Dans ce cas, la banque risquerait de vendre moins de cartes de crédit de cette marque, ce qui aurait pour conséquence le recul du chiffre d'affaires d'un des trois portefeuilles de la compagnie de réassurance.

Trois phénomènes peuvent alors être observés. Le premier phénomène est une absorption partielle ou intégrale du chiffre d'affaires perdu par les deux autres marques de cartes de crédit.

Dans ce cas, il n'est pas possible de conclure définitivement ici, car les trois portefeuilles ont des ratios combinés et des déroulements de sinistralité différents. Un recul du chiffre d'affaires du portefeuille le plus rentable et une compensation par une augmentation du chiffre d'affaires du portefeuille le moins rentable aurait un impact négatif sur les résultats futurs de la compagnie de réassurance, alors que le cas inverse aurait un impact positif sur les résultats futurs. Dans la partie dédiée à l'analyse des résultats et des stress-tests, l'impact sur les éléments du passif de la compagnie de réassurance de ce phénomène sera étudié.

Le deuxième phénomène est celui d'une perte de réputation d'une marque de carte de crédit qui résulterait dans une perte de confiance en toutes les marques de cartes de crédit. Ce scénario catastrophe sera également quantifié dans la partie dédiée aux résultats et aux stress tests.

Le troisième phénomène est celui d'une baisse de réputation d'une marque de cartes de crédit qui n'aurait aucun impact sur la réputation des autres marques de cartes de crédit. La simple diminution du chiffre d'affaires d'un des trois portefeuilles de cartes de crédit serait alors la conséquence logique. Ce phénomène aurait alors un impact négatif sur les résultats futurs s'il s'agit d'un portefeuille rentable et un impact positif sur les résultats futurs s'il s'agit d'un portefeuille qui n'est pas rentable.

La prise en compte de ce type de risques dans l'ORSA de cette compagnie de réassurance est donc très importante, même si la compagnie n'a pas d'image de marque propre.

#### *Le risque de liquidité :*

Evaluer le risque de liquidité revient à évaluer le risque de ne pas avoir assez de liquidités pour régler les sinistres survenus et déclarés, ainsi que d'autres dettes.

Vu la structure d'actif de la compagnie de réassurance, il peut être constaté qu'elle n'est pas soumise au risque de liquidité car une grande partie de son actif est constitué par des avoirs en banque et des dépôts auprès d'établissements de crédits.

Les compagnies d'assurance et réassurance non-vie à déroulement de sinistralité court sont souvent beaucoup moins exposées au risque de liquidité, car la durée de leur passif est moins élevée que celle d'une compagnie d'assurance vie.

Jusqu'à présent, la structure et le profil de risque de la compagnie de réassurance ont été identifiés et analysés. Le modèle de projection du passif et du SCR sera adapté à cette structure et permettra à la compagnie de réassurance d'avoir une vue prospective de ses affaires ainsi que d'avoir une meilleure compréhension de son profil de risque. Le modèle pourra également servir à la compagnie de réassurance pour choisir son programme de rétrocession futur.

À présent, l'idée générale du modèle de projection du passif et du SCR sera présentée.

## Chapitre 2. L'initiation au modèle

Ce chapitre sera dédié à l'initiation aux concepts et éléments qui forment ensemble le modèle de projection. D'abord la méthode de décomposition du problème sera exposée (Section 1). Ensuite les hypothèses principales du modèle seront détaillées (Section 2), et finalement les éléments clés pour le pilotage de la projection seront présentés (Section 3).

### Section 1. La décomposition du problème

Afin de comprendre les liens entre les différents éléments qui constituent la projection, le modèle de projection du passif et du SCR en exploitation continue sera décomposé en plusieurs sous-modèles.

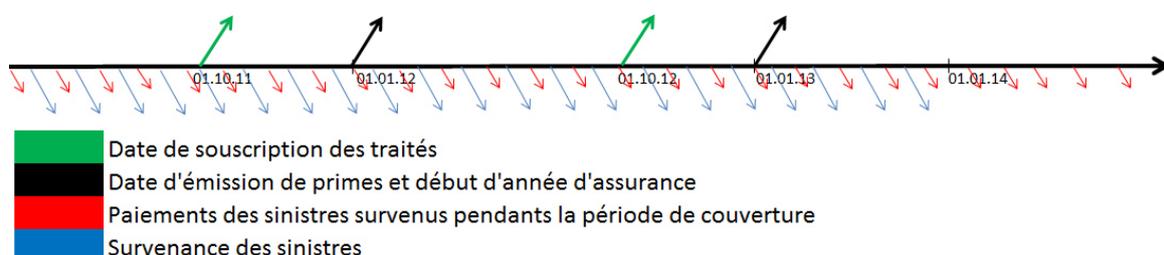
Il convient en premier lieu d'effectuer la projection du passif et du SCR de la compagnie d'assurance en supposant que le 1<sup>er</sup> octobre 2012 soit la dernière date à laquelle des traités de réassurance ont été souscrits. L'année 2013 constitue donc la dernière année d'assurance. Pendant les années qui suivent l'année 2013, la seule activité de la compagnie de réassurance sera donc de régler les sinistres liés aux traités passés (autrement dit les traités souscrits depuis le début de l'activité de la compagnie de réassurance), de sorte que la compagnie ne touchera plus de primes, car les traités ne seront plus reconduits au 1<sup>er</sup> octobre 2013.

Par la suite, une compagnie se trouvant dans la situation décrite ci-dessus sera désigné comme une compagnie en « run-off ».

De plus, année de souscription signifiera la période allant du 1<sup>er</sup> octobre N-1 au 30 septembre N.

Finalement, année d'assurance ou de couverture signifiera la période allant du 1<sup>er</sup> janvier N au 31 décembre N, pour des traités souscrits au 1<sup>er</sup> octobre N-1.

Voici un exemple graphique de la compagnie de réassurance en run-off depuis le 30 septembre 2013:



Il peut être observé qu'une compagnie en run-off est amenée à payer les sinistres survenus pendant l'année d'assurance, même si les traités ne sont pas reconduits. Cela veut dire qu'une compagnie d'assurance qui souhaite arrêter son activité d'assurance doit continuer à couvrir son capital de solvabilité (et également constituer un bilan) encore pendant plusieurs années après la

fin de l'activité. La compagnie de réassurance a un déroulement rapide des sinistres, ce qui fait que la majorité des sinistres survenus pendant une année d'assurance sont généralement déclarés et payés très rapidement.

Le second titre de cette partie présentera la méthodologie exacte de la projection du bilan économique et du SCR de la compagnie de réassurance en run-off.

Projeter le bilan économique et le SCR d'une compagnie en run-off permet de tirer certaines conclusions sur le profil de risque de la compagnie de réassurance. Il est par exemple possible de déterminer les ratios de couverture futurs, de faire des analyses d'évolution des différents modules de risques de la formule standard, ainsi que de regarder l'évolution des BE bruts et des BE nets. Le modèle développé à l'occasion de ce mémoire permettra également de déterminer tous ces éléments en scénario choqué.

Dans une optique ORSA, il est cependant indispensable d'aller plus loin et d'avoir un modèle qui permet de projeter les affaires de la compagnie de réassurance en exploitation continue. Il est donc nécessaire de développer le modèle d'avantage afin qu'il soit capable d'effectuer une projection en exploitation continue.

A cet effet, il demeure pertinent de maintenir l'approche de décomposition de la problématique. Afin d'obtenir une projection en exploitation continue, il convient de projeter l'évolution du passif et du SCR d'une compagnie fictive qui souscrirait des affaires uniquement pendant une année (contrairement à la compagnie initiale qui a souscrit des affaires pendant toute la durée de son activité) et qui se trouverait en run-off après cette année de souscription<sup>4</sup>. Ensuite, il convient de réitérer cette étape plusieurs fois afin de mettre bout à bout les projections de l'évolution du passif et du SCR de compagnies fictives telles que décrites ci-dessus, afin de simuler une activité continue.

Voici une représentation simplifiée de l'explication fournie ci-dessus :

Activité continue				
Activité depuis la création de la compagnie	Activité en run-off			
	Activité d'une durée de 1 an	Activité en run-off		
		Activité d'une durée de 1 an	Activité en run-off	
			Activité d'une durée de 1 an	Activité en run-off
				...

<sup>4</sup> La période de souscription va du 1<sup>er</sup> octobre N-1 au 30 septembre N

Cette méthode de décomposition permet donc de réutiliser le modèle initial de projection du run-off. Il est cependant nécessaire d'effectuer certains ajustements, qui vont être détaillés plus tard dans ce mémoire.

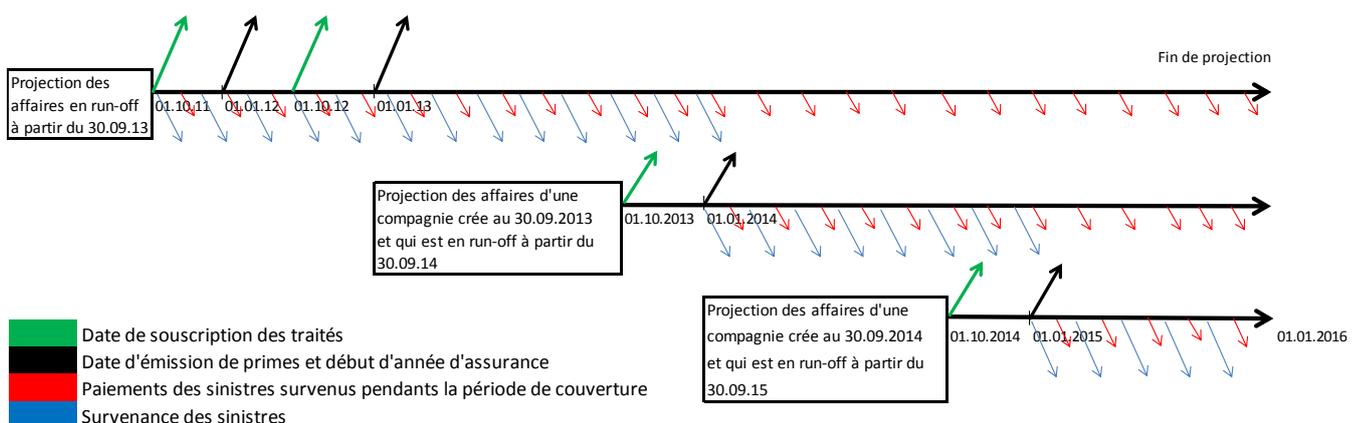
Afin de s'assurer que cette compagnie de réassurance fictive ait la même structure que la compagnie initiale le modèle fait appel à des éléments de pilotage de l'activité.

Par exemple, pour projeter le passif et le SCR de la compagnie de réassurance en exploitation continue sur 3 années (31.12.2012, 31.12.2013, 31.12.2014), il convient de faire appel à trois modèles:

- Un modèle qui projette le run-off de la compagnie initiale au 30 septembre 2013 sur 3 années. (2013, 2014, 2015)
- Un modèle qui projette sur deux années le run-off d'une compagnie fictive créée au 1<sup>er</sup> octobre 2013 ayant exactement la même structure que la compagnie de réassurance initiale et qui souscrit des contrats uniquement pendant une année à compter du 1<sup>er</sup> octobre 2013.
- Un modèle qui projette sur une année le run-off d'une compagnie créée au 1<sup>er</sup> octobre 2014 ayant exactement la même structure que la compagnie de réassurance initiale et qui souscrit des contrats uniquement pendant une année à compter du 1<sup>er</sup> premier octobre 2014.

Ensuite, ces modèles sont agrégés en sommant les bilans des trois compagnies en run-off pour déterminer le bilan "consolidé" (au 31.12.2012, au 31.12.2013 et au 31.12.2014) de la compagnie de réassurance tel qu'il serait en exploitation continue.

Voici une représentation graphique plus détaillée de la méthode décrite ci-dessus détaillant les flux sortants et entrants :



A noter que les flux postérieurs au 1<sup>er</sup> janvier 2016 sont également pris en compte pour le calcul, même s'ils ne sont pas affichés sur le graphique.

Il convient également de calculer un BE pour primes au 31 décembre 2014.

Il est intéressant de noter ici que l'idée d'agrèger les bilans des compagnies en run-off en les sommant est une simplification. En effet, s'il est possible de simplement sommer la majorité des postes du bilan pour déterminer le bilan consolidé de la compagnie de réassurance en exploitation continue, certains postes comme le SCR par exemple ne peuvent pas être simplement sommés, à cause de la non-linéarité de certains modules de risques qui le constituent. Certains postes du bilan consolidé seront donc retravaillés au titre 5 avant de pouvoir déduire définitivement le modèle en exploitation continue.

De plus, le modèle de projection employé pour les compagnies fictives qui souscrivent des affaires dans le futur nécessite des hypothèses supplémentaires ainsi que des éléments de pilotages de la structure de la compagnie de réassurance qui vont être énumérés par la suite.

En premier lieu, il convient de détailler les hypothèses principales du modèle.

## Section 2. Les hypothèses principales

---

Les hypothèses principales du modèle de projection sont :

1. Le déroulement des paiements déduits des triangles de développement reste stable tout au long de la projection
2. La formule standard reste stable au cours de la projection
3. La structure de l'actif reste stable au cours de la projection

L'hypothèse 1 est raisonnable, car les portefeuilles A à C existent depuis au moins dix ans. Ainsi, les observations du développement de la charge de sinistralité, des paiements et de la provision pour sinistres en suspens sont donc assez stable. En ce qui concerne le portefeuille D, l'échantillon résulte de 7 années d'expérience, ce qui demeure raisonnable.

La méthode « chain ladder » a été utilisée pour déterminer l'ultime charge de sinistralité. Ensuite le déroulement des paiements (« Payment pattern ») a été déduit de l'ultime charge de sinistralité et du triangle des paiements.

L'hypothèse 1 revient à supposer que la proportion des produits (et donc la proportion des différentes branches d'activités) à l'intérieur de chaque portefeuille reste stable au cours de la projection. Il faut savoir que les triangles de développement sont recensés par portefeuille et non pas par branche d'activité. En admettant que le déroulement des paiements reste stable, il est supposé que le passé va se reproduire, c'est-à-dire que la sinistralité et l'inflation qui est incluse dans les triangles va se reproduire.

L'hypothèse 2 est plus difficile à défendre, car la formule standard a changé plusieurs fois ces dernières années. Néanmoins, il s'agit d'une hypothèse qui est nécessaire, car il n'y a pas de moyen pour prédire les changements futurs de la formule standard.

L'hypothèse 3 est raisonnable, car l'actif de la compagnie de réassurance a la même structure depuis sa création et que la compagnie n'a pas prévu de faire des investissements dans les marchés financiers dans le futur. Au besoin, il est cependant possible d'adapter le modèle et de ne plus utiliser cette hypothèse, à condition de connaître la nouvelle structure de l'actif.

## Section 3. Les éléments de pilotage de l'activité de la compagnie de réassurance

---

Pour prédire l'évolution future des affaires de la compagnie de réassurance, il est nécessaire de faire appel à un certain nombre d'éléments de pilotage de l'activité de la compagnie de réassurance.

Les éléments de pilotage sont indispensables pour effectuer les projections des éléments du bilan économique, comme par exemple des BE bruts et nets d'une compagnie fictive qui souscrit des affaires pendant uniquement un an et se trouve ensuite en run-off.

Les éléments de pilotages sont particulièrement importants dans ce modèle, car c'est grâce à eux que la structure des compagnies fictives utilisées dans le modèle de projection est en cohérence avec la structure de la compagnie de réassurance initiale.

Ces éléments peuvent en partie être fournis par la compagnie de réassurance, car ils ne nécessitent pas de projection actuarielle.

Un élément clé de pilotage est la prime brute future. Seul le top management de la compagnie de réassurance et celui du groupe peuvent fournir des informations relatives aux primes brutes futures, car ce sont eux qui savent comment ils veulent mener leurs affaires futures. Ainsi, ils peuvent vouloir arrêter la souscription des traités avec un des trois assureurs, ou bien développer un portefeuille bien précis en proposant plutôt une marque de cartes de crédit aux clients qu'une autre. Un actuaire peut guider le top management dans son choix en proposant différentes alternatives.

Le calcul actuariel intervient partiellement lorsque les primes nettes de réassurance sont déterminées, mais il convient également de prendre en compte l'intention de la compagnie de réassurance en ce qui concerne son plan de rétrocession futur. En effet, elle peut vouloir arrêter le traité d'excédent de pertes ou décider de se réassurer de manière proportionnelle, ce qui aurait un impact sur les primes nettes.

Les deux autres éléments de pilotage sont le ratio combiné ultime brut et net.

Le ratio combiné ultime brut d'une année survenance est composé :

- De l'ultime charge de sinistralité (avant réassurance) de la même année de survenance ;
- Des frais généraux ultimes, c'est-à-dire de l'ensemble des frais générés par les traités effectifs lors de l'année de survenance ;
- Des primes brutes émises au 1<sup>er</sup> janvier de l'année de survenance.

L'ultime charge de sinistralité est la charge de sinistralité qui correspond à une année de survenance. Dans le cas de la compagnie de réassurance en question, cela revient à la somme des sinistres survenus pendant une année de couverture, car tous les traités commencent à la même

date (le 1<sup>er</sup> janvier) et prennent fin à la même date (le 31 décembre) avant d'être, ou non, reconduits.

Les frais généraux ultimes sont les frais généraux comptabilisés pendant tout le déroulement de la sinistralité qui correspondent aux traités d'une même année de couverture. Théoriquement ces frais généraux ne doivent pas être mélangés avec des frais généraux correspondant aux traités d'une autre année de couverture, mais cela n'est pas toujours possible en pratique, car les frais ne sont pas recensés avec assez de précision.

Voici l'expression mathématique du ratio combiné brut d'un portefeuille donné :

$$RCU(N)_{brut} = \frac{CS_{ult}(N) + FG_{ult}(N)}{Pr_{brut}(N)}$$

*Avec  $RCU(N)_{brut}$  : le ratio combiné ultime brut correspondant aux traités effectifs pendant l'année de couverture  $N$ , c.-à-d. les traités souscrits au 1<sup>er</sup> octobre ( $N-1$ ),*

*$CS_{ult}(N)$  : l'ultime charge de sinistralité (avant réassurance) des traités effectifs pendant l'année de couverture  $N$ ,*

*$FG_{ult}(N)$  : les frais généraux correspondants aux traités effectifs pendant l'année de couverture  $N$  et,*

*$Pr_{brut}(N)$  : les primes brutes émises (et acquises) au 1<sup>er</sup> janvier  $N$ .*

Il convient également de déterminer les ratios combinés ultimes nets de réassurance, en déterminant la composante de l'ultime charge de sinistralité qui va être prise en compte par la réassurance et en divisant par la prime nette de réassurance :

$$RCU(N)_{net} = \frac{CS'_{ult}(N) + FG_{ult}(N)}{Pr_{net}(N)}$$

*Avec  $RCU(N)_{net}$  : le ratio combiné ultime net correspondant aux traités effectifs pendant l'année de couverture  $N$ , c.-à-d. les traités souscrits au 1<sup>er</sup> octobre ( $N-1$ ),*

*$CS'_{ult}(N)$  : l'ultime charge de sinistralité (après réassurance) des traités effectifs pendant l'année de couverture  $N$ ,*

*$FG_{ult}(N)$  : les frais généraux correspondants aux traités effectifs pendant l'année de couverture  $N$  et,*

*$Pr_{net}(N)$  : les primes nettes correspondants aux traités effectifs pendant l'année de couverture  $N$ .*

Au titre 3, la méthodologie mise en œuvre pour projeter les éléments de pilotage de l'activité de la compagnie de réassurance sera détaillée. Cependant, il convient d'abord d'exposer le modèle de projection des affaires en run-off de la compagnie de réassurance au 30 septembre 2013. Cette projection tient également compte des affaires souscrites avant le 1<sup>er</sup> octobre 2012.

## Titre 2. Le modèle de projection de l'activité en run-off

Jusqu'à présent, la structure et le profil de risque de la compagnie de réassurance ont été présentés et le concept de base du modèle qui est celui de la décomposition de la projection en exploitation continue en plusieurs projections de « run-off » et de les agréger afin de déterminer la projection en exploitation continue, a été introduit.

Ce titre sera consacré uniquement à la projection du passif et du SCR de la compagnie de réassurance initiale en run-off au 30 septembre 2013.

La projection du passif et du SCR des compagnies fictives sera exposée au titre 4, après avoir effectué la projection des éléments de pilotage qui est un préalable nécessaire à la projection de l'activité des compagnies fictives (Titre 3).

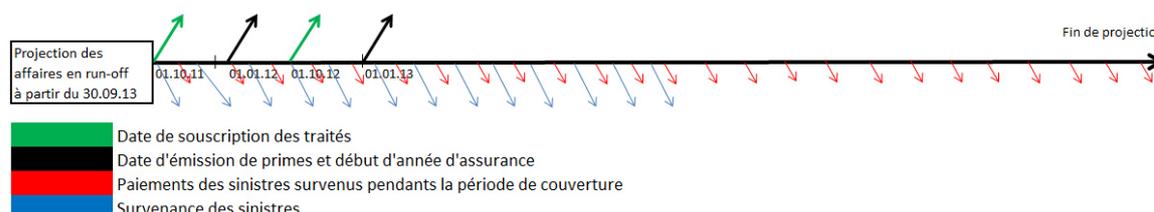
Il convient de noter que la projection de l'activité de la compagnie de réassurance initiale en run-off au 30 septembre 2013 prend également en compte la projection des affaires souscrites avant le 1<sup>er</sup> octobre 2012.

Les données utilisées dans ce modèle sont les mêmes que celles utilisées pour la mise en place du rapport actuariel de la compagnie de réassurance au 31 décembre 2012.

Vu que l'ensemble des primes sont émises au 1<sup>er</sup> janvier de chaque année, la compagnie de réassurance peut fournir le montant exact des primes de l'année en cours au moment de la mise en place du calcul actuariel. De ce fait, il n'est pas nécessaire d'estimer les primes futurs pour la projection du run-off au 30 septembre 13.

Le modèle de projection de l'activité de la compagnie de réassurance en run-off a cependant besoin la projection du ratio combiné ultime brut et net de l'année de survenance 2013. La méthodologie de projection des ratios combinés ultimes fera l'objet du titre suivant.

La première ligne du graphique situé en page 49 correspond donc à la projection qui sera effectuée dans ce titre :



Il convient en premier lieu de détailler la projection des BE (Chapitre 1). Ensuite, la projection du SCR (Chapitre 2) sera décomposée en projections par module de risque, et ces projections seront ensuite agrégées à l'aide de la matrice de corrélation. En annexe 4 la projection des autres postes du bilan économiques est détaillée, afin de permettre de déduire le ratio de couverture tout au long de la projection.

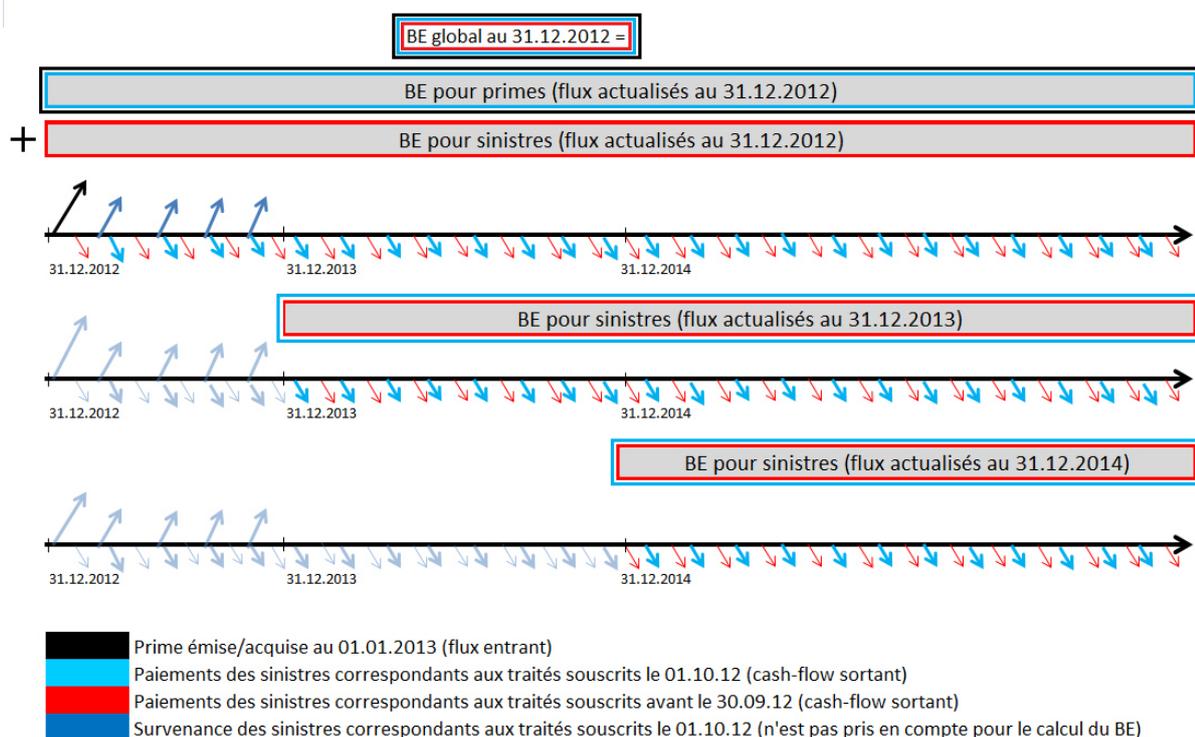
# Chapitre 1. La projection des « Best Estimate »

Le principe du calcul du BE a été introduit dans la première partie. Pour projeter les BE, il convient de mettre en évidence les flux futurs entrant et sortant et de les probabiliser et de les actualiser.

Dans le cas de la compagnie de réassurance en question, le seul flux entrant pour un portefeuille donné est la prime unique émise et acquise au 1<sup>er</sup> janvier suivant la souscription du traité. Il y a aussi un seul cash-flow sortant qui correspond au paiement des sinistres qui est composé de plusieurs flux par année.

Au passif du bilan, il convient de distinguer le BE pour primes et le BE pour sinistres. La projection de ces deux postes du bilan sera présentée ci-dessous.

Voici une représentation graphique du calcul à faire pour déterminer le BE à une date future:



Il peut être déduit de ce graphique qu'aucun flux n'a été compté deux fois lors du calcul du BE d'une année donnée. Lors du calcul du BE à une date future, il convient de ne plus considérer les flux passés, car il est supposé qu'ils se sont réalisés.

Il convient à présent de procéder à la projection des BE pour sinistres.

## Section 1. La projection des « Best Estimate » pour sinistres

Dans le cas de la compagnie de réassurance en question, le BE pour sinistres au 31 décembre 2012 reflète la valeur actuelle probable des paiements futurs des traités souscrits avant le 30 septembre 2012. La seule composante de ce calcul sont donc des flux sortants.

Au 31 décembre 2013, le BE pour sinistres représente la valeur actuelle probable des paiements futurs des traités souscrits avant le 30 septembre 2013. Les derniers traités ont été souscrits au premier octobre 2012. Ainsi, les BE pour sinistres calculés les années suivant le 31 décembre 2013 représentent également la valeur actuelle probable des paiements futurs des traités souscrits avant le 30 septembre 2013<sup>5</sup>, car une optique de run-off est adoptée.

Le calcul d'un BE à une date future nécessite la connaissance de la courbe des taux sans risque au moment du calcul. L'estimation des courbes des taux sans risques futures sera effectuée à la section 3.

La meilleure estimation des paiements futurs est déduite de l'ultime charge de sinistralité et du déroulement des paiements. Quant au déroulement des paiements, il est déduit du triangle des paiements.

Il convient également de faire la distinction entre BE pour sinistres brut et BE pour sinistres net. La compagnie de réassurance ayant fourni les triangles de développement bruts et nets, le calcul du BE brut et du BE net peut donc être fait.

La différence entre le BE brut et le BE net est égale à la part des réassureurs dans les provisions techniques. Cependant, EIOPA a publié des spécifications techniques qui prévoient un ajustement destiné à prendre en compte la perte attendue<sup>6</sup> en cas de défaut des réassureurs.

Cet ajustement peut être calculé par la simplification suivante :

$$Adj_{CD}(N, I) = - \max \left( 0,5 * BE_{Rec}(N, I) * Dur_{mod}(N, I) * \frac{PD(I)}{1 - PD(I)} ; 0 \right)$$

*Adj<sub>CD</sub>(N,I) : l'ajustement pour pertes attendues en cas de défaut du réassureur I au moment de calcul N (p.ex. au 31 décembre 2012),*

*BE<sub>Rec</sub>(N,I) : la différence entre le BE brut et le BE net correspondant au réassureur I au moment de calcul N,*

*Dur<sub>mod</sub>(N,I) : la duration modifiée de la part des réassureurs dans les provisions techniques du réassureur I au moment de calcul N et,*

*PD(I) : la probabilité de défaut du réassureur I durant les 12 mois qui suivent.*

<sup>5</sup> Seule la date de calcul change

<sup>6</sup> TP.2.157 des « Technical Specification for the Preparatory Phase (Part I) »

La probabilité de défaut dépend du « credit quality step » du réassureur qui peut être mis en évidence en fonction de son rating :

Standard & Poor's/Fitch	Moodys	Credit quality step associated	PD
AAA	Aaa	0	0.05%
AA	Aa	1	0.10%
A	A	2	0.20%
BBB	Baa	3	0.50%
BB	Ba	4	2.00%
Lower than BB, unrated	Lower than Ba, unrated	5-6	10.00%

La formule de la duration modifiée d'un poste de passif est la suivante :

$$Dur_{\text{mod}}(N) = \frac{Dur(N)}{1 + YTM(N)}$$

Avec  $Dur_{\text{mod}}(N)$  : la duration modifiée de la part des réassureurs dans les provisions techniques au moment de calcul  $N$  (p.ex. au 31 décembre 2012),

$Dur(N)$  : la duration de la part des réassureurs dans les provisions techniques au moment de calcul  $N$  et,

$YTM(N)$  : le taux d'intérêt, issu de la courbe des taux spots sans risque en vigueur à la date de calcul  $N$ , correspondant à la duration de la part des réassureurs dans les provisions techniques au moment de calcul  $N$ .

Cette formule met en évidence l'importance de la section 3 qui traite de la problématique de l'estimation de la courbe des taux d'intérêts sans risque (courbe des taux spots sans risque) en vigueur à des dates futures.

La duration de la part de réassureurs dans les provisions techniques est déterminée selon la formule suivante :

$$Dur(N) = \frac{\sum_{i \geq 0} \frac{i * BE_{\text{Rec}}(i)}{(1 + tx(i))^i}}{\sum_{i \geq 0} \frac{BE_{\text{rec}}(i)}{(1 + tx(i))^i}}$$

Avec  $Dur(N)$  : la duration de la part des réassureurs dans les provisions techniques au moment de calcul  $N$  (p.ex. au 31 décembre 2012),

$BE_{\text{Rec}}(i)$  : la différence entre le BE brut et le BE net au moment de calcul  $N+i$ ,

$tx(i)$  : le taux d'intérêt issu de la courbe des taux spots sans risque en vigueur à la date de calcul  $N$  correspondant à la maturité  $i$ .

N.B. : Les triangles de développement bruts et nets pour les portefeuilles A et D sont identiques, car la sinistralité observée n'a encore jamais atteint la priorité du traité de rétrocession d'excédent de perte.

## Section 2. La projection des « Best Estimate » pour primes

---

La projection du BE pour primes de la compagnie de réassurance en run-off est très simple, comme le montre le graphique en page 53, car la seule prime future qui va être émise est celle du 1<sup>er</sup> janvier 2013. Etant donné que le run-off de la compagnie de réassurance est simulé, les traités ne vont pas être reconduits au 1<sup>er</sup> octobre 2013. Ainsi, lors de l'évaluation du bilan économique au 31 décembre 2013 le poste « provisions pour primes » sera donc nul, car la prime a été totalement acquise au 1<sup>er</sup> janvier 2013. À partir du 31 décembre 2013, il convient d'attribuer les flux correspondant à ces traités au poste BE pour sinistres.

La méthode de calcul du BE pour primes au 31 décembre 2012 est la suivante :

L'ultime charge de sinistralité générée par les traités souscrits au 1<sup>er</sup> octobre 2012 est déterminée et répartie à l'aide du déroulement des paiements (« payment pattern », il convient de reprendre celui utilisé pour le calcul du BE pour sinistres) sur les années futures. Ensuite, le cash-flow des paiements est actualisé à l'aide de la courbe des taux sans risques en vigueur au 31 décembre 2012.

L'ultime charge de sinistralité est déduite de la multiplication du ratio combiné ultime de 2013 par la prime 2013. Au titre 3, la modélisation du ratio combiné ultime sera effectuée.

Dans le processus de calcul du BE pour primes, l'hypothèse 1 des hypothèses principales est utilisée. Ainsi, l'hypothèse est faite que le déroulement des paiements déduits des triangles de développement reste stable au cours de la projection. Cette hypothèse est nécessaire, car le déroulement des paiements déterminé en se basant sur les données au 31 décembre 2012 est utilisé. Il est donc supposé que le déroulement des paiements sera le même en 2013.

De plus, la différence entre BE pour primes brut et net doit être faite pour mettre en évidence la part des réassureurs dans les provisions techniques. Il convient d'adapter la même méthodologie que pour le BE pour sinistres.

Lors du calcul de ce BE, le flux entrant correspondant à la prime que la compagnie de réassurance va toucher au 1<sup>er</sup> janvier 2013 doit également être considéré. Lors du calcul du BE brut, la prime brute est utilisée. Pour le calcul du BE net la prime nette est utilisée. Puisque le déroulement des paiements brut et net est identique pour les portefeuilles A et D et presque identique pour les portefeuilles B et C, il convient d'observer que le BE pour primes net est supérieur au BE pour primes brut. La part des réassureurs dans les provisions pour primes est donc négative.

Cette observation est logique puisque le programme de rétrocession est non-proportionnel et que jusqu'à présent la charge de sinistralité n'a encore jamais atteint la priorité du traité de rétrocession principal qui couvre les quatre portefeuilles. La compagnie de réassurance est donc perdante en termes financiers, ce qui se traduit par des parts des réassureurs dans les provisions pour primes négatifs.

## Section 3. La projection de la courbe des taux sans risque

La courbe des taux sans risques a été fournie par le Commissariat aux Assurances luxembourgeois pour effectuer les calculs du premier pilier au 31 décembre 2012. Le détail de la courbe peut être trouvé en annexe 2.

L'objectif de cette section est la modélisation de la courbe des taux sans risque future à partir de cette donnée.

Les taux forward seront extraits de la courbe des taux sans risque au 31 décembre 2012 à partir de la relation suivante :

$$tx_{forward}(t_1, t_2) = \left( \frac{(1 + tx_{spot}(t_2))^{d_2}}{(1 + tx_{spot}(t_1))^{d_1}} \right)^{\frac{1}{d_2 - d_1}} - 1$$

Avec  $tx_{forward}(t_1, t_2)$  : le taux forward sans risque entre  $t_1$  et  $t_2$ ,

$tx_{spot}(t_1)$  : le taux zéro coupon sans risque issu de la courbe de taux sans risque fournie par le CAA d'échéance  $t_1$ ,

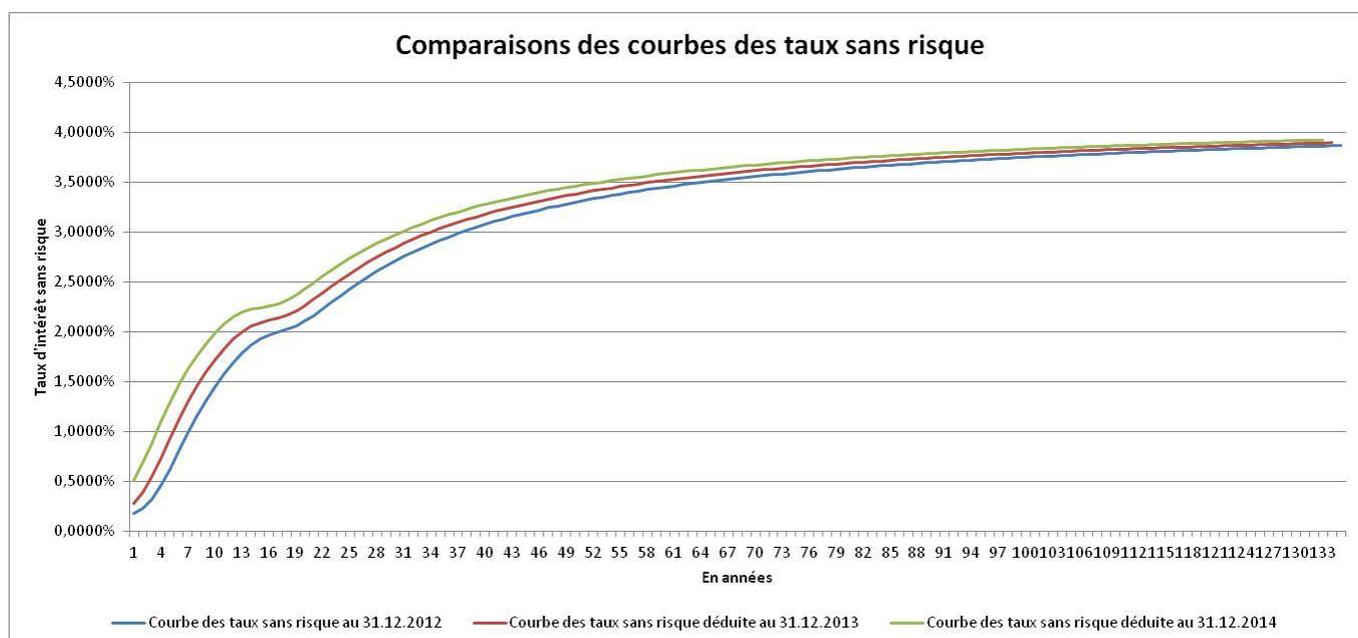
$tx_{spot}(t_2)$  : le taux zéro coupon sans risque issu de la courbe de taux sans risque fournie par le CAA d'échéance  $t_2$ ,

$d_1$  : le nombre d'années entre la date initiale et l'échéance  $t_1$  et,

$d_2$  : le nombre d'années entre la date initiale et l'échéance  $t_2$ ,

Pour construire la courbe des taux sans risque en  $t_1$  à partir de la courbe des taux sans risque fournie par le CAA, il suffit de fixer  $t_1$  dans la formule ci-dessus et de faire varier  $t_2$ , entre  $t_1+1$  et la dernière échéance la courbe des taux sans risque initiale.

Voici un graphique qui permet de comparer, la courbe de taux sans risque au 31 décembre 2013 et celle au 31 décembre 2014 obtenues par cette méthode, à la courbe des taux sans risques initiale :



L'actualisation des flux futurs au 31 décembre 2013 pour le calcul du BE au 31 décembre 2013 est faite à l'aide de la courbe des taux rouge et au 31 décembre 2014 la courbe des taux verte est utilisée.

En utilisant cette méthode, il est supposé que les taux spots estimés (par le EIOPA) au 31 décembre 2012 par la méthode Smith-Wilson se réalisent. Ceci est évidemment une hypothèse forte, et il serait envisageable dans un but d'amélioration du modèle d'implémenter un modèle plus sophistiqué pour estimer les taux forwards. La création d'un modèle de taux pouvant constituer un sujet de mémoire en soi, cette problématique n'est donc pas abordée davantage dans ce mémoire.

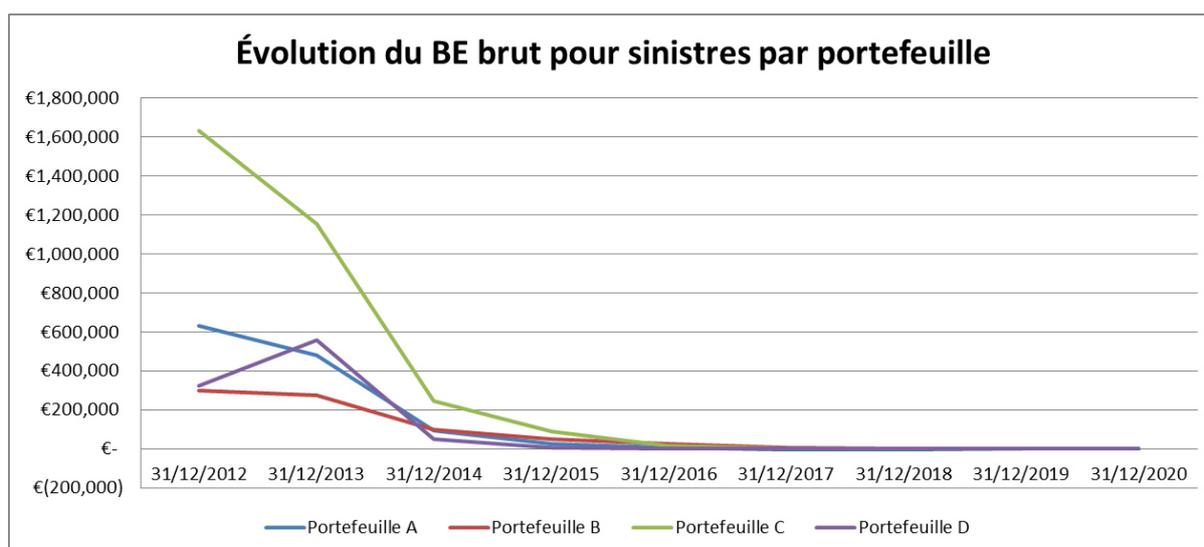
Le principe de proportionnalité<sup>7</sup> peut également être invoqué pour justifier la démarche adoptée. L'article encourage les compagnies d'assurance et de réassurance à utiliser des méthodes d'évaluation proportionnelles à la nature, à l'échelle et à la complexité des risques supportés.

A présent, les résultats de la projection du BE de la compagnie de réassurance en run-off sont présentés.

## Section 4. Résultats de la projection du Best Estimate

A la section 1, il a été expliqué que calculer le BE pour sinistres dans le cas de la compagnie de réassurance, revient à actualiser le cash-flow des paiements futurs qui a été déterminé à l'aide des triangles de développement. Le signe du BE pour sinistres devrait donc être positif, car il est assez rare que des remboursements des cédantes soient observés.

Voici l'évolution du BE pour sinistres de la compagnie de réassurance par portefeuille :



Ce graphique permet de conclure que le déroulement de la charge de sinistralité (et donc des paiements) est très rapide, car le BE pour sinistre est proche de 0 au bout de deux ans de run-off.

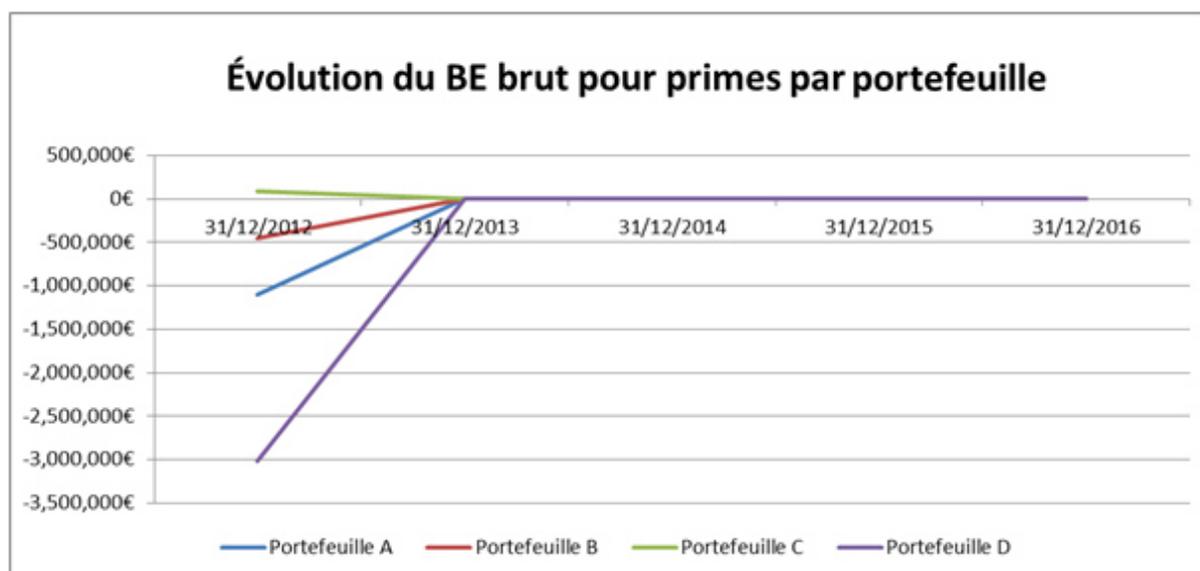
<sup>7</sup> Conformément à l'article 45 de la directive Solvabilité II.

De plus, il peut être observé que le portefeuille C, qui est le plus important en volume de primes, a certainement un ratio combiné ultime plus élevé que les trois autres portefeuilles. Il peut également être remarqué que le BE diminue entre 2012 et 2013 pour l'ensemble des portefeuilles, sauf pour le portefeuille D. Cela vient du fait que le volume d'affaires entre la compagnie de réassurance et l'assureur D était beaucoup plus élevé au 1<sup>er</sup> janvier 2013 que les années précédentes.

À la section 2, il a été constaté que le BE pour primes dépend de l'estimateur du ratio ultime combiné de l'année 2013, de la prime de l'année 2013 et du déroulement des paiements déterminé lors du calcul du BE pour sinistres (au 31.12.2012). Le signe du BE pour primes au 31 décembre 2012 dépend donc du ratio combiné ultime et de la vitesse de déroulement de la charge de sinistralité (et donc de la vitesse de déroulement des paiements).

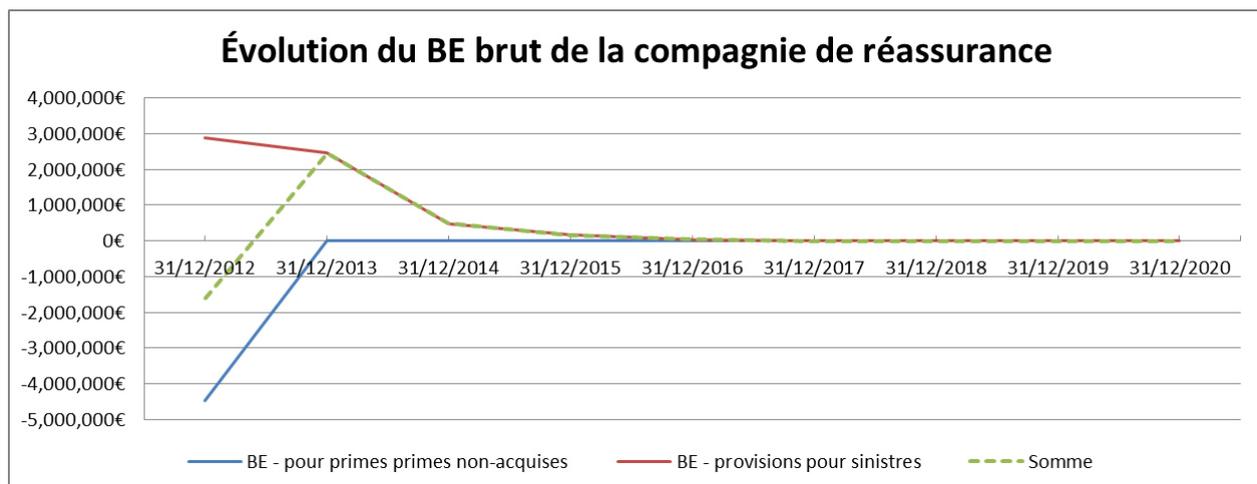
Pour simplifier le raisonnement, il convient de noter que le déroulement de la charge de sinistralité est très rapide pour les 4 portefeuilles de la compagnie de réassurance. Si ce déroulement de la charge de sinistralité est combiné avec un ratio combiné ultime proche de 100%, alors le signe du BE pour primes est positif. Par contre, si le ratio combiné ultime est bien inférieur à 100% alors le signe du BE pour primes est négatif.

Voici une représentation graphique du BE pour primes. Il sera zéro les années de projection qui suivent 2012, car le run-off est modélisé:



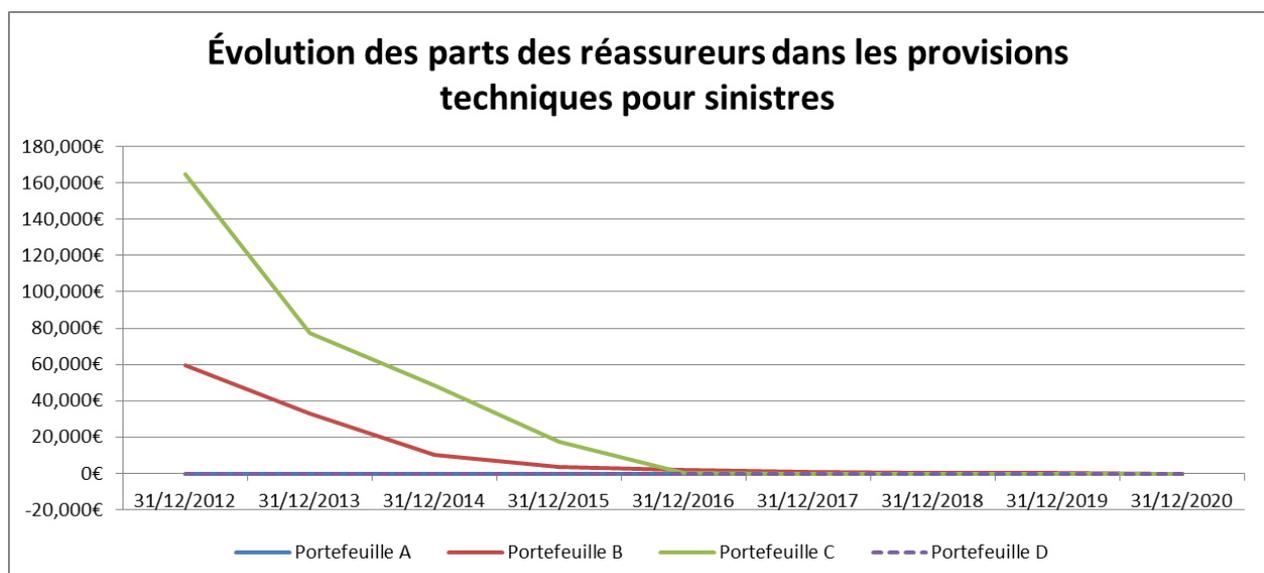
L'observation faite lors de la projection du BE pour sinistres se confirme. En effet, le portefeuille C a un ratio combiné ultime plus élevé que celui des trois autres portefeuilles. D'après le raisonnement ci-dessus, le ratio combiné du portefeuille C est même proche de 100%.

La somme du BE pour sinistres et pour primes est égal à :



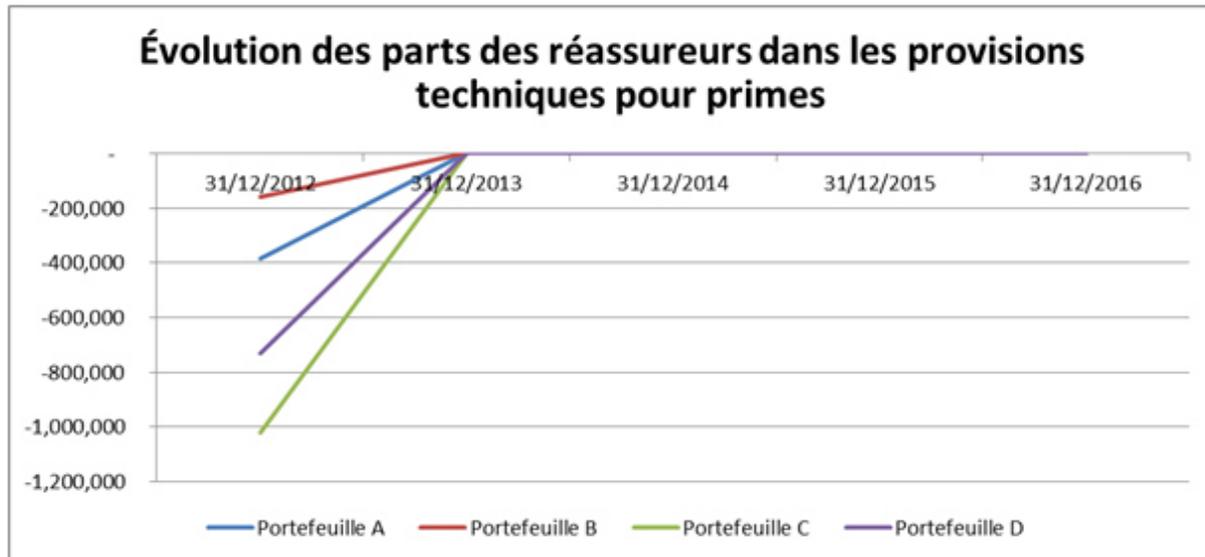
Au 31 décembre 2012, un BE global brut négatif est constaté. Ce résultat étrange s'explique par le fait que la prime émise du portefeuille D au 1<sup>er</sup> janvier 2013 a augmenté de plus de 40%. Si ce fait est combiné avec le fait que le portefeuille D a un ratio combiné ultime bien inférieur à 50%, alors l'obtention d'un BE global négatif est tout à fait logique.

Il convient également d'analyser les parts des réassureurs dans les provisions techniques. L'évolution des parts des réassureurs dans les provisions techniques pour sinistres est la suivante :



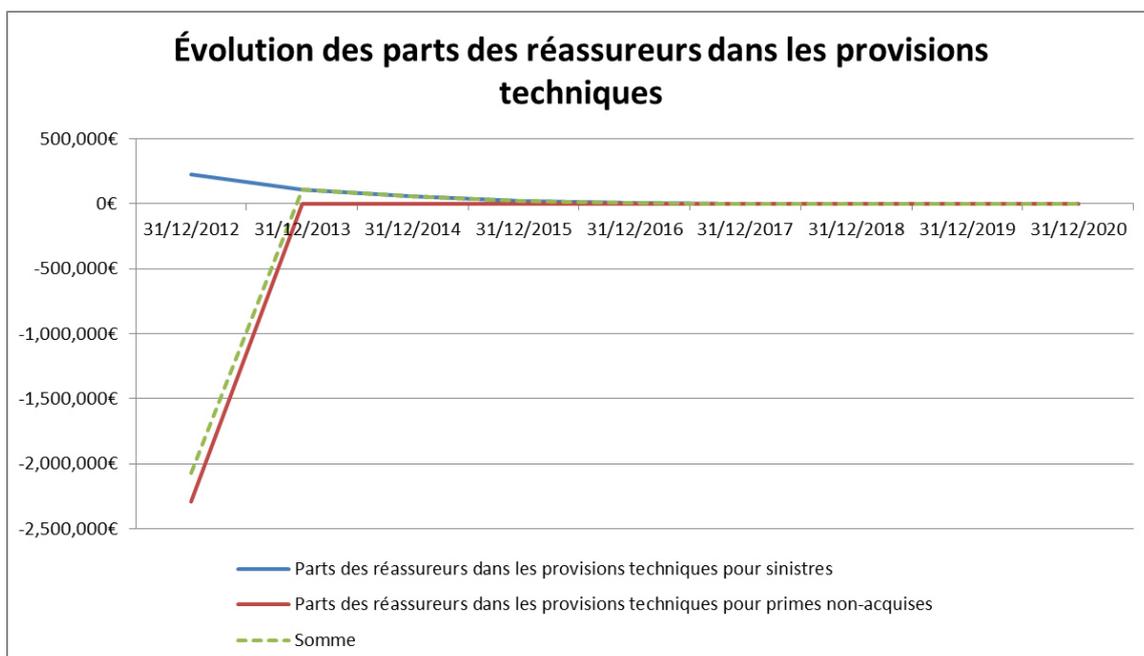
Les parts des réassureurs dans les provisions techniques pour sinistres sont 0 pour les portefeuilles A et D, car les triangles de développement bruts et nets de réassurance sont identiques et donc le cash-flow des paiements futurs l'est également.

Les parts des réassureurs dans les provisions techniques pour primes au 31 décembre 2012 sont égales à :



Pour le calcul de cette provision, la prime nette doit être prise en compte. La part des réassureurs dans les provisions techniques pour primes du portefeuille A et D est donc différente de 0. Dans ce cas, cette provision est négative car la prime brute est supérieure à la prime nette et le cash-flow des paiements de la sinistralité brute et nette sont identiques car en scénario central il est estimé que la priorité du traité d'excédent de pertes ne sera pas atteinte.

Lorsque les deux composantes sont sommées, le résultat suivant est obtenu :



Jusqu'à présent, la méthode de calcul du BE a été présentée. Le BE constitue un des postes les plus importants du passif d'une compagnie de réassurance. Le chapitre suivant va à présent détailler la projection de chaque module de risque pour déterminer une projection du SCR.

## Chapitre 2. La projection du Solvency Capital Requirement

---

Cette section sera dédiée à la projection des modules de risques du SCR auxquelles la compagnie de réassurance est exposée :

- Le module de risque « marché »
  - Le sous-module de risque de taux d'intérêts
- Le module de risque « souscription santé »
  - Le sous-module de risque catastrophe
  - Le sous-module risque de souscription lié aux produits de santé non-similaires aux techniques de vie
    - Le sous-module de risque de primes et réserves
    - Le sous-module de risque de rachat
- Le module de risque de défaut des contreparties
- Le module de risque de souscription non-vie
  - Le sous-module de risque de primes et réserves
  - Le sous-module de risque de rachat
- Le module de risque opérationnel
- L'ajustement pour la capacité d'absorption des pertes par les impôts différés

Les projections seront parcourues dans cet ordre.

### Section 1. La projection du module de risque « marché »

---

Lors de l'identification du profil de risque de la compagnie de réassurance, il a été démontré que pour le risque « marché », la compagnie de réassurance est uniquement sensible au sous-module « risque de taux d'intérêts ».

#### Projection du sous-module « risque de taux d'intérêts »

Les seuls postes du bilan sensibles à ce type de risque sont les BE côté passif du bilan et les parts des réassureurs dans les provisions techniques côté actif du bilan.

Au chapitre 1 de ce titre, la projection de ces deux postes a été détaillée. Les deux chocs qui sont à effectuer, selon la formule standard, s'appliquent sur la courbe des taux sans risque. Le premier scénario est une baisse générale de la courbe des taux et le deuxième scénario est une augmentation générale de la courbe de taux.

Dans chaque scénario la NAV (« *Net Asset Value* ») avant et après le choc est à déterminer. Le scénario qui est retenu pour le calcul du SCR de ce module de risque est celui qui engendre la plus grande baisse de la NAV. Si jamais les deux scénarios de choc engendrent une augmentation de la NAV, alors le SCR de ce module de risques est 0.

La méthodologie employée pour le calcul de l'exigence de capital de ce module à une date future consiste à :

- Effectuer l'estimation de la courbe des taux sans risque en vigueur à cette date ;
- Appliquer les chocs prévus par la formule standard à la courbe des taux sans risque estimée ;
- Déterminer la variation de la NAV.

L'exigence de capital pour le risque de taux d'intérêt est égal à :

$$SCR_{int}(N) = \max(\Delta NAV(N)_{up}; \Delta NAV(N)_{down}; 0)$$

Avec  $SCR_{int}(N)$  : le SCR du sous-module de risque de taux d'intérêts au moment de calcul  $N$  (p.ex. au 31 décembre 2012),

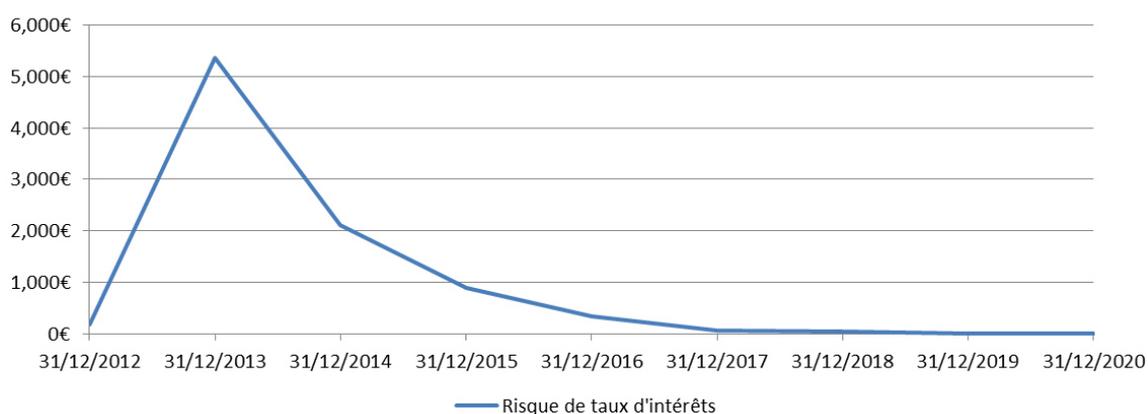
$\Delta NAV(N)_{up}$ : la variation de la valeur de l'actif net correspondant au choc « up » au moment de calcul  $N$  et,

$\Delta NAV(N)_{down}$ : la variation de la valeur de l'actif net correspondant au choc « down » au moment de calcul  $N$ .

En run-off ce module de risque devrait avoir tendance à diminuer au cours de la projection, car le choc est dépendant de la valeur initiale des éléments sensibles au risque, à savoir les BE. Il a été observé au chapitre précédent, que la valeur des BE diminue en fonction de la vitesse de déroulement des paiements, ce qui est très important dans ce cas de figure.

Voici le résultat de la projection:

### Projection de l'exigence de capital pour le risque de taux d'intérêts



La valeur faible du choc au 31 décembre 2012 s'explique par la valeur élevée des parts des réassureurs dans les provisions techniques. Ce poste du bilan se trouve côté actif du bilan et il est négatif au 31.12.2012, il s'agit donc d'une dette envers les réassureurs. En actualisant avec une courbe des taux choquée, la valeur des BE côté passif augmente, mais cette augmentation est compensée par une diminution de la « dette » envers les réassureurs.

Au 31 décembre 2013 le résultat est plus facile à comprendre, car les parts de réassureurs dans les provisions techniques ne sont plus négatives.

Il convient de noter que la valeur maximale de ce module est de 5.359€ ce qui n'est pas élevé du tout. Le risque de taux d'intérêt a donc un très faible impact sur la solvabilité de la compagnie de réassurance.

Puisque le sous-module risque de taux d'intérêt est le seul risque de marché auquel la compagnie est exposée, l'exigence de capital du risque de marché est égale à l'exigence de capital du risque de taux d'intérêt.

## Section 2. La projection du module de risque souscription non-vie

La compagnie de réassurance est exposée à tous les sous-modules de risques du module « souscription non-vie ». Il sera donc nécessaire d'agrèger les résultats des trois sous-modules à l'aide de la matrice de corrélation pour mettre en évidence l'exigence de capital du module.

### §1. Le sous-module de risque de primes et de réserves

Les éléments de calcul nécessaires pour le calcul de ce module de risque sont :

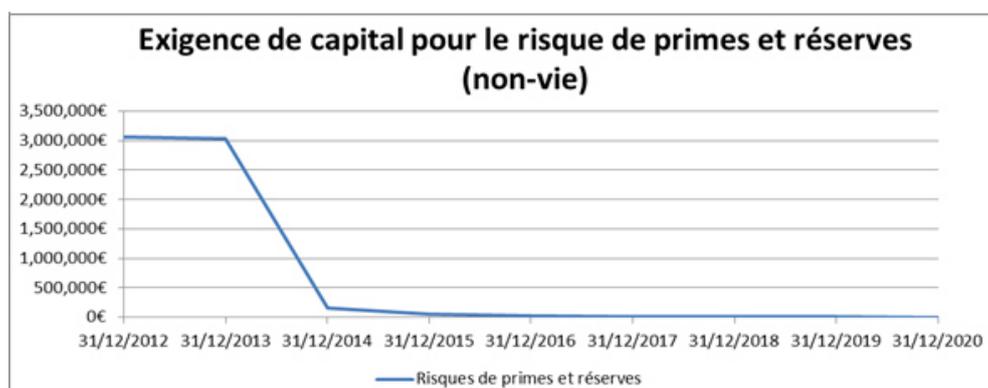
- les primes nettes acquises durant l'année précédant la date de calcul du SCR ;
- l'estimation des primes nettes acquises pendant l'année qui suit la date de calcul du SCR ;
- les BE pour sinistres nets au moment du calcul du SCR.

À partir de ces éléments, la formule standard prévoit le calcul d'une mesure de volume combiné (Primes et réserves) et d'un écart type combiné. La multiplication de ces deux éléments et d'un scalaire donne l'exigence de capital du sous-module de risque. La démarche exacte du calcul ne sera pas exposée ici.

Au chapitre précédent, la projection des BE a été exposée. Les primes acquises sont également connues à chaque date de calcul. Elles sont 0 à partir de l'année 2014, car la compagnie n'émet plus de primes. Les éléments de calcul sont donc connus à chaque date au cours de la projection.

À partir du 31 décembre 2014, le risque de primes est 0, car la compagnie de réassurance en run-off n'a pas émis de primes pendant l'année 2014 et n'en émettra pas pendant l'année 2015. Les deux composantes pour déterminer la mesure de volume des primes sont donc 0. La compagnie est donc uniquement exposée au risque de réserve à partir de cette date.

Voici une représentation graphique du résultat de cette projection :



Les résultats confirment donc le raisonnement ci-dessus, car une chute de l'exigence de capital, lors du calcul au 31 décembre 2014, peut être observée. Cette chute est aussi élevée car le risque de primes disparaît et le risque de réserves diminue beaucoup, et car les BE pour sinistres ont un déroulement rapide.

Il convient également de noter que le risque de primes est la composante la plus importante de ce calcul, car le volume des BE pour sinistres nets est relativement faible comparé au volume de primes nettes acquises.

Il est également important de noter que la compagnie de réassurance est très exposée au risque de primes et réserves jusqu'en 2014.

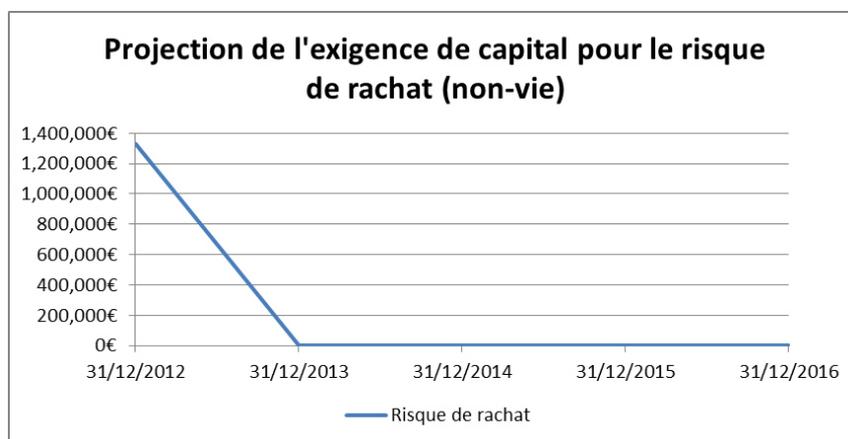
À présent, la projection de l'exigence de capital pour risque de rachat va être analysée.

## §2. Le sous-module de risque de rachat

Le choix de faire une modélisation des affaires de la compagnie de réassurance en run-off engendre une disparition du risque de rachat après le calcul de l'exigence de capital au 31 décembre 2012.

L'exigence de capital de ce module est calculée en évaluant l'impact sur le BE pour primes lorsque la compagnie émet 40% moins de primes que prévu au 1 janvier 2013.

La représentation de l'exigence de capital n'a donc rien de surprenant :



Le risque de rachat est également un des risques principaux auxquelles la compagnie de réassurance est exposée, car son volume de primes est très important. Cependant, en run-off il disparaît lors de la projection.

À présent, la projection de l'exigence de capital pour risque de catastrophe sera présentée.

### §3. Le risque de catastrophe

Au moment de la définition du profil de risque de la compagnie de réassurance, une exposition à 4 scénarios-catastrophe a été déterminée.

L'exigence de capital de ce module est calculée à partir de l'estimation des primes acquises après la date de calcul.

Le calcul correspondant au scénario-catastrophe « incendie » nécessite l'exposition maximale en termes de somme assurée au risque incendie réassuré dans un périmètre de 200 mètres.

Les traités souscrits au 1<sup>er</sup> octobre 2012 couvrent les cédantes pendant l'année 2013. Le risque de catastrophe est à priori 0 au 31 décembre 2013, car les traités prennent fin au 31 décembre 2013 et que la formule standard ne prévoit pas d'exigence de capital dans un cas pareil. Ce modèle prévoit tout de même le calcul d'une exigence de capital pour les années futures, car il est probable que la compagnie ne soit pas en mesure de rembourser la totalité des sinistres survenus lors du scénario-catastrophe pendant la même année.

Une méthode serait de lier l'exigence de capital futur au déroulement des paiements (« payment pattern ») des portefeuilles concernés. Cette méthode a un bon fondement, mais le déroulement des sinistres ne tient pas compte des scénarios-catastrophe qui tendent à être remarqués et déclarés assez rapidement. Le déroulement des paiements est donc trop lent pour le lier à notre exigence de capital.

Il est donc nécessaire de trouver un autre élément proportionnel à l'exigence de capital pour risque de catastrophe, afin qu'une projection proportionnelle peut être effectuée. Finalement, il a été décidé de lier l'exigence de capital pour risque de catastrophe à l'exigence de capital pour risque de primes et réserves.

Cela est justifiable, car l'exigence de capital pour risque de primes et réserves est très fortement liée au déroulement des paiements à travers le BE pour sinistres, qui est une composante de calcul de l'exigence de capital pour risque de primes et réserves. La deuxième composante de l'exigence de capital pour risque de primes et réserves (les primes) accélère ce déroulement à partir de la deuxième année de projection.

C'est justement le déroulement de l'exigence de capital pour risque de primes et réserves à partir de la première année de projection qui va être utilisé pour modéliser le déroulement de l'exigence de capital pour risque de catastrophe.

Cela se traduit par la formule suivante :

$$SCR_{CAT-NL}(31.12.2012+i) = SCR_{CAT-NL}(31.12.2012) * \frac{SCR_{P\&R}(31.12.2013+i)}{SCR_{P\&R}(31.12.2013)}$$

*Avec  $SCR_{CAT-NL}(31.12.2012+i)$  : le SCR du sous-module de risque catastrophe  $i$  années après le 31.12.2012 et,*

*$SCR_{P\&R}(31.12.2013+i)$  : le SCR du sous-module de risque de primes et réserves  $i$  années après le 31.12.2013.*

En appliquant cette formule à notre cas de figure, l'exigence suivante de capital pour risque de catastrophe est obtenue:

31/12/2012	31/12/2013	31/12/2014	31/12/2015	31/12/2016	31/12/2017	31/12/2018	31/12/2019
4,635,523€	234,089€	79,935€	24,224€	5,710€	4,378€	632€	130€

Il est certain qu'il est possible d'utiliser une méthode qui se base sur un fondement mathématique plus élaboré, mais cette méthode a également ses avantages, car elle peut être comprise par le top management, ce qui n'est pas nécessairement le cas pour un modèle mathématique sophistiqué. La méthode est adaptée à ce cas de figure et sa mise en place est facile, ce qui est en accord avec le principe de proportionnalité.

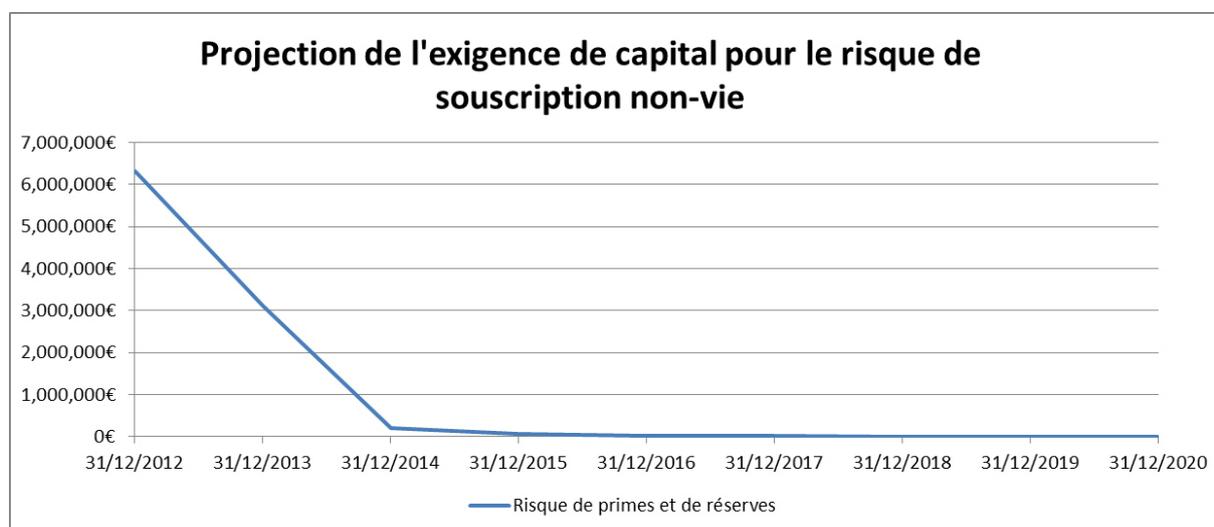
#### §4. L'agrégation au niveau du module de risque de souscription non-vie

L'agrégation des trois sous-modules de risque est effectuée à l'aide de la matrice de corrélation proposée par la formule standard. Il est donc supposé que cette matrice de corrélation reste stable au cours de la projection.

Le résultat numérique de la projection est le suivant :

31/12/2012	31/12/2013	31/12/2014	31/12/2015	31/12/2016	31/12/2017	31/12/2018	31/12/2019	31/12/2020
6,308,356€	3,104,227€	189,862€	62,965€	18,162€	6,431€	3,088€	464€	85€

Voici la représentation graphique de la projection :



Le risque de souscription non-vie est très élevé jusqu'au 31 décembre 2014. La projection, de l'exigence de capital du risque de souscription non-vie, indique qu'il est très probable que le SCR sera égal au plafond minimal exigé par la formule standard à partir du 31 décembre 2014. En effet, le MCR est égal à 3,6 millions d'euros pour les compagnies de réassurance.

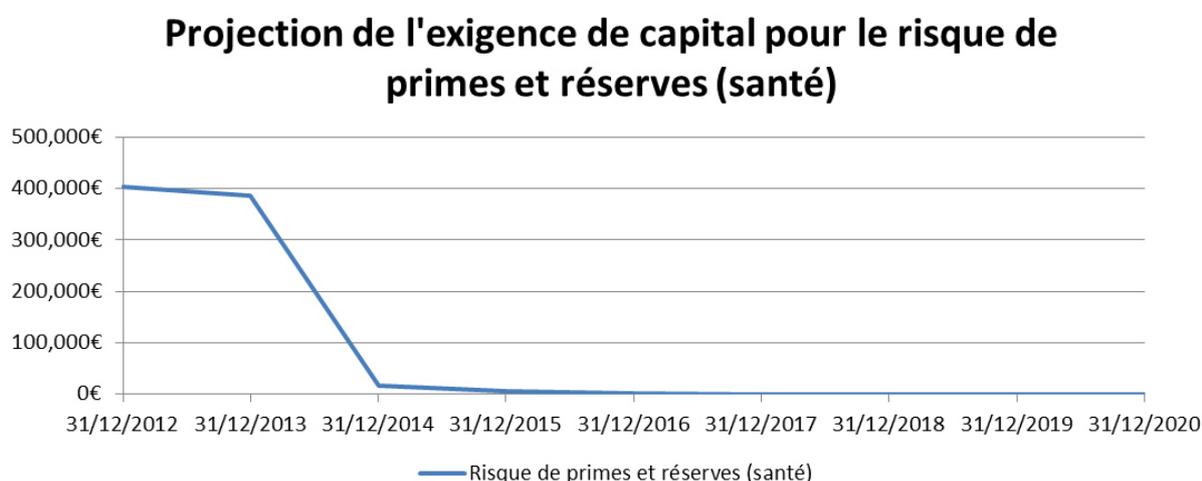
Jusqu'à présent, la projection du capital réglementaire pour risque de souscription non-vie de la compagnie de réassurance en run-off a été détaillée. Par la suite, la projection de l'exigence de capital pour risque de souscription santé sera présentée. Cette projection est très similaire à celle effectuée ci-dessus.

## Section 3. La projection du module de risque « souscription santé »

La projection de ce module de risque se fait par la projection des mêmes sous-modules de risques qu'au paragraphe précédent. Les méthodes de projections utilisées sont donc les mêmes. La seule différence entre les deux modules des risques sont les branches d'activités affectées par les risques et le sous-module de risque de catastrophe qui simule des scénarios-catastrophe du type santé.

### §1. Projection du sous-module de risque de primes et de réserves

La méthode de calcul et de projection sont exactement pareilles qu'à la section précédente. Il n'est donc pas nécessaire de redéfinir les méthodes et les hypothèses prises. Le résultat peut donc directement être présenté :



Le même phénomène qu'auparavant est observé. En effet, la compagnie de réassurance n'est plus exposée au risque de primes à partir de la deuxième année de projection. En plus, le BE pour sinistres baisse de manière considérable, ce qui engendre une baisse du risque de réserves.

Il est cependant utile de remarquer que l'exigence de capital pour risque de primes et de réserves du module risque de souscription santé est bien inférieur à celle du module de risque souscription non-vie.

À présent, la projection de l'exigence de capital pour risque de rachat sera présentée.

### §2. Projection du sous-module de risque rachat

Le risque de rachat est uniquement présent lors du calcul du SCR au 31 décembre 2012, il disparaît lors de la projection, car on est en run-off.

Voici le résultat du modèle :

31/12/2012	31/12/2013	31/12/2014	31/12/2015	31/12/2016
20,770€	- €	- €	- €	- €

Le risque de rachat du module de risque de souscription santé est très faible, car une grande partie du portefeuille santé provient du portefeuille C qui n'est pas rentable. Un choc de 40% sur les primes futures engendre une augmentation de la NAV. Cette augmentation de la NAV n'est pas prise en compte dans la formule standard. L'exigence de capital du module de risque de rachat (santé) provient donc entièrement du portefeuille B, or le volume d'affaires de la partie santé du portefeuille B n'est pas très important.

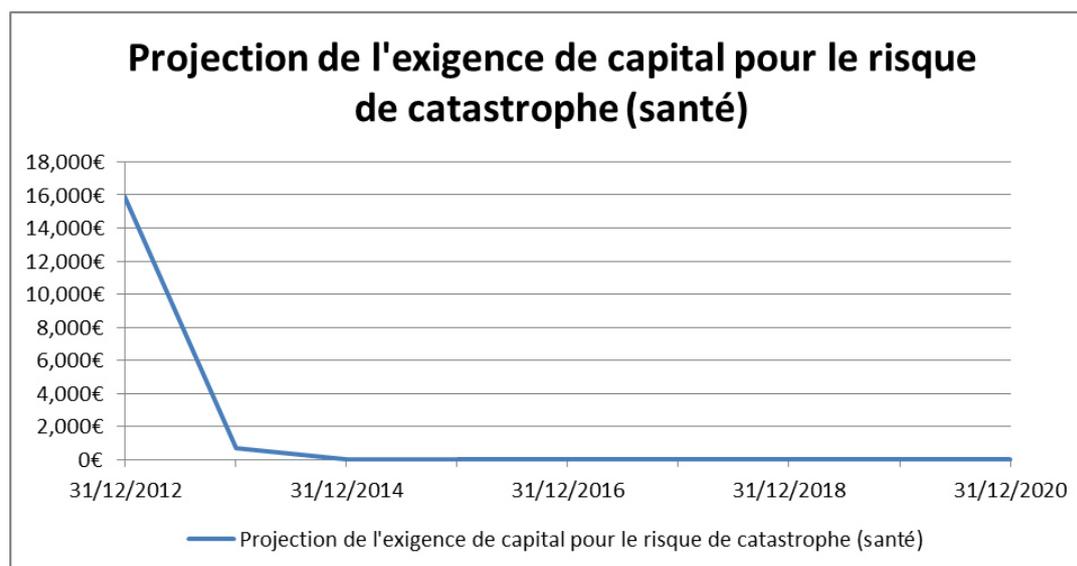
L'exigence de capital pour risque de rachat du module de risque de souscription santé ne fait donc pas partie des risques principaux auxquels la compagnie de réassurance est exposée.

À présent, la projection de l'exigence de capital pour risque de catastrophe sera détaillée.

### §3. Projection du sous-module de risque de catastrophe

Selon la formule standard, le scénario-catastrophe de l'accident de masse est le seul auquel la compagnie de réassurance est exposée. La formule standard propose d'utiliser les sommes assurées pour déterminer l'exigence de capital de ce scénario-catastrophe.

Une fois l'exigence de capital calculée, la même méthode de projection que celle exposée au module de risque de souscription non-vie est utilisée.



L'exigence de capital du module risque de catastrophe (santé) est très faible, car la formule standard prévoit des probabilités très faibles de survenance d'une catastrophe de type accident de masse lorsque les traités sont émis dans un pays qui a beaucoup d'habitants.

À présent, il convient d'agrèger ces trois modules de risques à l'aide de la matrice de corrélation.

## §4. L'agrégation au niveau du module de risque de souscription santé

Le modèle de projection se base de nouveau sur une matrice de corrélation de la formule standard. Le résultat numérique du modèle est le suivant :

31/12/2012	31/12/2013	31/12/2014	31/12/2015	31/12/2016	31/12/2017	31/12/2018	31/12/2019	31/12/2020
408,585€	385,541€	16,252€	6,284€	1,482€	186€	58€	24€	5€

Le risque de souscription santé est donc nettement moins important que le risque de souscription non-vie, mais il n'est pas pour autant négligeable. Si la compagnie de réassurance parvenait à maîtriser le ratio combiné du portefeuille C, cela aurait pour conséquence une augmentation du risque de souscription santé, car le risque de rachat augmenterait.

Jusqu'à présent, la projection du capital réglementaire pour risque de souscription santé de la compagnie de réassurance en run-off a été présentée. Par la suite, la projection de l'exigence de capital pour risque de défaut des contreparties sera détaillée. Cette projection est très similaire à celle effectuée ci-dessus.

### Section 4. La projection du module de risque « défaut des contreparties »

L'exigence de capital au 31 décembre 2012 de ce module de risque se calcule en fonction des différentes contreparties de la compagnie de réassurance, dont voici le détail :

Type 1 exposures	Dépôts auprès des établissements de crédit	Banque du groupe	8,834,887€
	Part des réassureurs dans les provisions techniques	Réassureur_A,B,C	- 1,978,828€
	Créances nées d'opérations de réassurance	Portefeuille_B	1,374,007€
		Portefeuille_C	46,722€
		Portefeuille_D	826,897€
		Réassureur_A	18,196€
		Réassureur_B	30,498€
Avoirs en banque	Banque du groupe	3,668,204€	
	Banque_A	37,233€	
Intérêts et loyers acquis non échus	Groupe	184,229€	
Type 2 exposures	Autres créances	?	51,779€

La formule standard prévoit le calcul d'une exigence de capital pour les expositions de type 1 et les expositions de type 2. Les résultats de ces deux calculs sont agrégés pour déduire le résultat final.

Les expositions de type 2 sont décomposées en 2 catégories, les créances dues depuis moins de 3 mois et celles dues depuis plus de 3 mois. Ensuite, une multiplication par un scalaire est utilisée pour déterminer l'exigence de capital pour risque de défaut des contreparties de type d'exposition 2.

En ce qui concerne les expositions de type 1, une probabilité de défaut annuelle est déterminée en fonction du *rating* de la contrepartie. Ensuite, la perte en cas de défaut par contrepartie est évaluée. La somme de toutes les contreparties ayant la même probabilité de défaut est constituée.

A l'aide de ces données, la variance inter-groupe<sup>8</sup> et intra-groupe de la distribution des pertes est déterminée. La variance de la distribution des pertes et la perte globale en cas de défaut permet de choisir un facteur de multiplication qui est multiplié avec l'écart-type de la distribution des pertes pour déduire l'exigence de capital pour risque de défaut des contreparties.

La formule standard ne va pas être détaillée d'avantage, car cela reviendrait à appliquer une formule du premier pilier ce qui n'est pas l'objectif de ce mémoire.

Une fois l'exigence de capital obtenue, il convient de la projeter sur la durée du *business plan*.

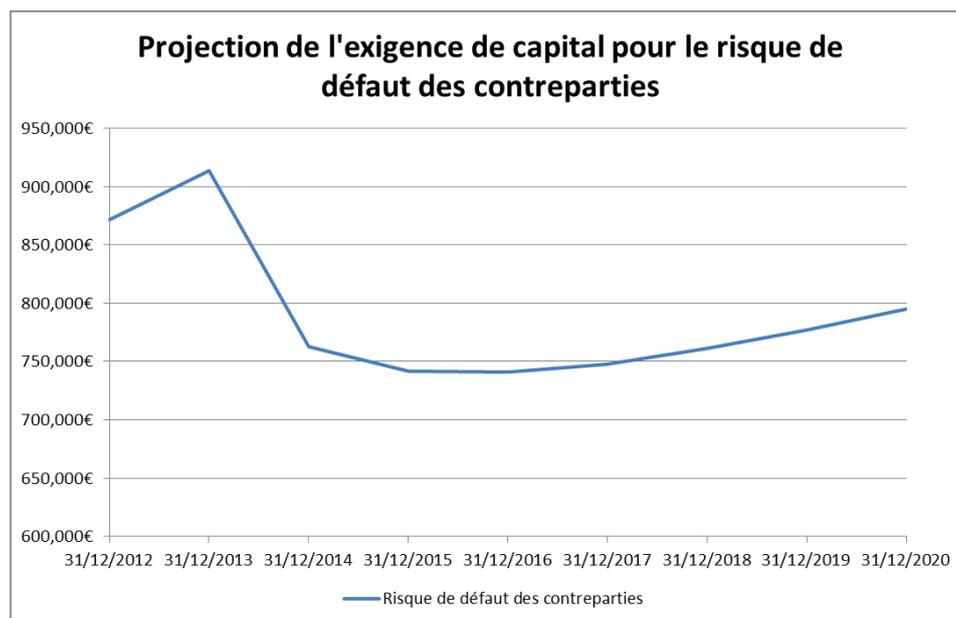
Il est supposé que les *ratings* des différentes contreparties restent stables au cours de la projection. Il est également supposé que la formule standard reste stable au cours de la projection.

L'hypothèse que les *ratings* des contreparties restent stables pendant 8 ans est assez difficile à justifier. Cependant, il convient de prendre en compte le fait que la compagnie de réassurance fait des investissements très prudents. La grande majorité de son actif est investit dans la banque du groupe qui a le *rating* AAA depuis longtemps. Un autre poste important de l'actif est celui des créances nées d'opérations de réassurance. Les cédantes correspondant aux portefeuilles B, C et D sont des assureurs multinationaux ayant une très bonne santé financière et des *ratings* très élevés. Il est dans ce cas de figure possible de supposer que les *ratings* restent stables sans que cela engendre une erreur trop importante dans la projection de l'exigence de capital de ce module de risque.

Il serait également envisageable de modéliser les *ratings* futurs en se basant sur les rapports annuels de chaque contrepartie et de voir si les agences de *rating* ont émis des commentaires sur les différentes contreparties.

Pour effectuer la projection du module de risque de défaut des contreparties, il est nécessaire d'utiliser la projection de l'actif<sup>9</sup> pour effectuer le même type de calcul à chaque date de calcul future.

Voici le résultat graphique de la projection :



<sup>8</sup> Par groupe on entend les contreparties ayant la même probabilité de défaut

<sup>9</sup> La projection de l'actif est présenté à l'annexe 4.

Au 31 décembre 2013, une augmentation du risque de défaut des contreparties est observée, car le volume de primes obtenu est très élevé et trois des quatre portefeuilles sont très rentables. Les primes nettes sont donc suffisantes pour régler tous les paiements liés à l'activité de réassurance, ainsi que les salaires des employés et les autres charges. Il est supposé que le bénéficiaire est ensuite investi comme dépôt auprès de la banque du groupe, ce qui fait augmenter le risque lié à cette contrepartie<sup>10</sup>.

Pendant l'année 2014, la compagnie n'émet plus de primes mais elle doit encore régler les sinistres des traités passés. Ces sinistres sont réglés avec l'argent se trouvant sur le compte bancaire, ce qui fait diminuer cette contrepartie et donc le risque de défaut de cette contrepartie.

A la fin de la période de projection, une augmentation du risque de défaut peut être constatée. Cela vient du fait que la grande majorité des sinistres survenus pendant les années de couverture ont été réglés, le flux entrant (intérêts sur le compte bancaire) est donc supérieur au flux sortant (paiements des sinistres, salaires etc), ce qui fait augmenter le risque de défaut des contreparties.

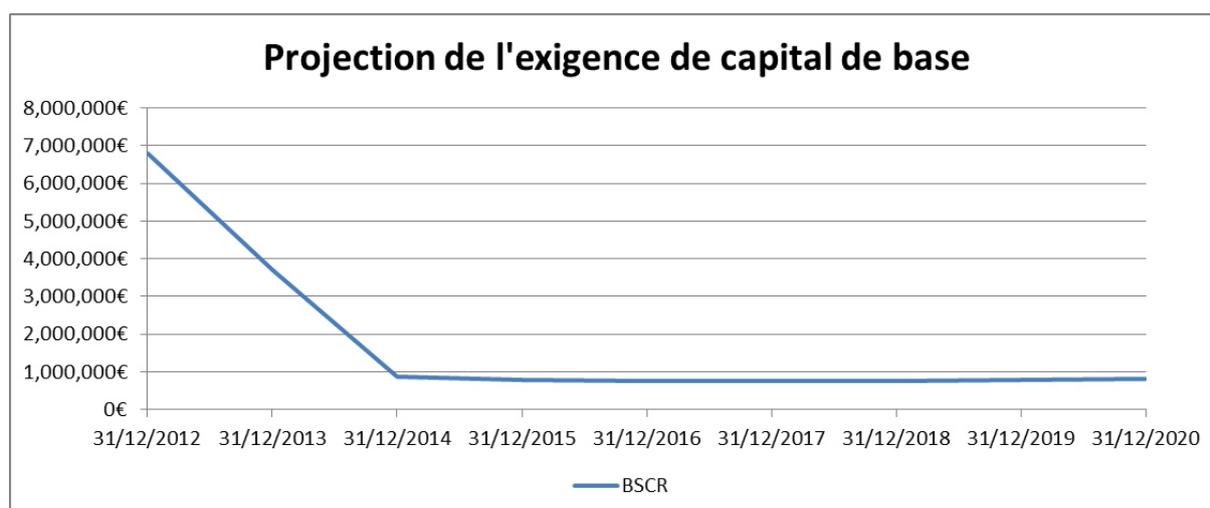
Jusqu'à présent, la projection de l'ensemble des modules de risques nécessaires pour déterminer le capital de solvabilité requis de base (BSCR) a été présentée.

À la section suivante, l'agrégation de ces modules de risque sera détaillée pour que la projection du BSCR puisse être déduite.

## Section 5. La projection du Basic Solvency Capital Requirement

La projection du BSCR se fait en agrégeant les modules de risques présentés ci-dessus à l'aide de la matrice de corrélation de la formule standard. Le modèle a donc de nouveau recours à l'hypothèse 2 qui suppose que la formule standard reste stable tout au long de la projection.

Voici le résultat de graphique de l'agrégation :



<sup>10</sup> Le modèle des paiements est détaillée à l'annexe 4.

Le risque de souscription non-vie est le risque le plus important suivi du risque de défaut des contreparties et du risque de souscription santé. Le risque de défaut des contreparties n'est que très peu affecté par le run-off de la compagnie de réassurance.

Désormais, il convient de déterminer le risque opérationnel qui vient s'ajouter sur le BSCR, ainsi que l'ajustement pour la capacité d'absorption des impôts différés.

## Section 6. La projection du module « risque opérationnel »

L'exigence de capital pour le risque opérationnel au 31 décembre 2012 est déterminée, selon la formule standard, à partir de deux composantes :

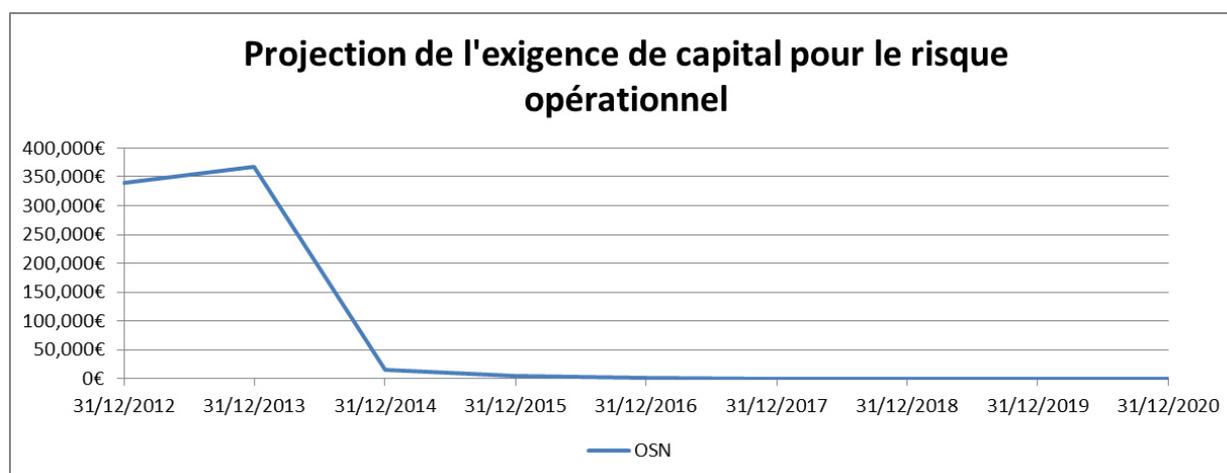
- Une composante de primes qui est fonction des primes brutes acquises pendant l'année 2012 et des primes brutes acquises pendant l'année 2011 ;
- Une composante de provisions techniques qui est fonction du BE brut.

La composante la plus importante est ensuite retenue pour faire la suite du calcul. L'exigence de capital pour risque opérationnel est égale au minimum de :

- La composante retenue
- D'un choc de 3% sur le BSCR

L'allure de la projection du risque opérationnel selon la formule standard est similaire à celle du module de risque de primes et réserves. La composante des primes est 0 à partir de la deuxième année de projection et la composante qui dépend des provisions techniques est très faible à partir de la deuxième année de projection, car le BE brut décroît très rapidement. Le choc de 3% sur le BSCR est sans importance, car la composante retenue y est toujours bien inférieure. La composante retenue correspondra donc à l'exigence de capital pour risque opérationnel.

Voici le résultat graphique de la projection :



Le graphique confirme le raisonnement ci-dessus. La projection du risque opérationnel est en effet similaire à celle de la projection du risque de primes et réserves. Il est donc également

envisageable de projeter le risque opérationnel proportionnellement au risque de primes et réserves au lieu d'effectuer un calcul complet.

À la section suivante, la projection de l'ajustement pour capacité d'absorption des pertes par les impôts différés est présentée.

## Section 7. La projection de l'ajustement pour capacité d'absorption des pertes par les impôts différés

Il est utile de donner une définition de l'ajustement pour capacité d'absorption des pertes par les impôts différés.

L'ajustement pour la capacité d'absorption des pertes par les impôts différés permet de tenir compte de l'effet d'atténuation des pertes non-anticipées par une baisse des impôts différés.

Il faut savoir que les impôts sont calculés à partir des comptes statutaires. Les impôts différés sont déterminés à partir des écarts d'évaluation entre le bilan économique et le bilan statutaire :

$$I_{différés}(N) = TI(N) * \Delta Eval(N)$$

Avec  $I_{différés}(N)$  : les impôts différés au moment de calcul  $N$ ,

$TI(N)$  : le taux d'imposition au moment de calcul et,

$\Delta Eval(N)$  : l'écart d'évaluation entre le bilan économique et le bilan statutaire.

Pour déterminer l'ajustement, la formule standard prévoit d'effectuer le choc suivant :

$$TI(N) * (BSCR(N) + SCR_{OP}(N))$$

Avec  $TI(N)$  : le taux d'imposition au moment de calcul,

$BSCR(N)$  : le capital de solvabilité requis de base au moment de calcul  $N$  et,

$SCR_{OP}(N)$  : l'exigence de capital pour le risque opérationnel au moment de calcul  $N$ .

Le montant de l'ajustement est cependant limité à la hauteur des impôts différés pour éviter que l'ajustement génère des crédits d'impôts. La formule finale est alors la suivante :

$$Adj_{Tax}(N) = \min(I_{différés}(N); TI(N) * (BSCR(N) + SCR_{OP}(N)))$$

Avec  $Adj_{Tax}(N)$  : l'ajustement pour capacité d'absorption des pertes par les impôts différés au moment de calcul  $N$ ,

$I_{différés}(N)$  : les impôts différés au moment de calcul  $N$  (autrement dit le plafond),

$TI(N)$  : le taux d'imposition au moment de calcul,

$BSCR(N)$  : le capital de solvabilité requis de base au moment de calcul  $N$  et,

$SCR_{OP}(N)$  : l'exigence de capital pour le risque opérationnel au moment de calcul  $N$ .

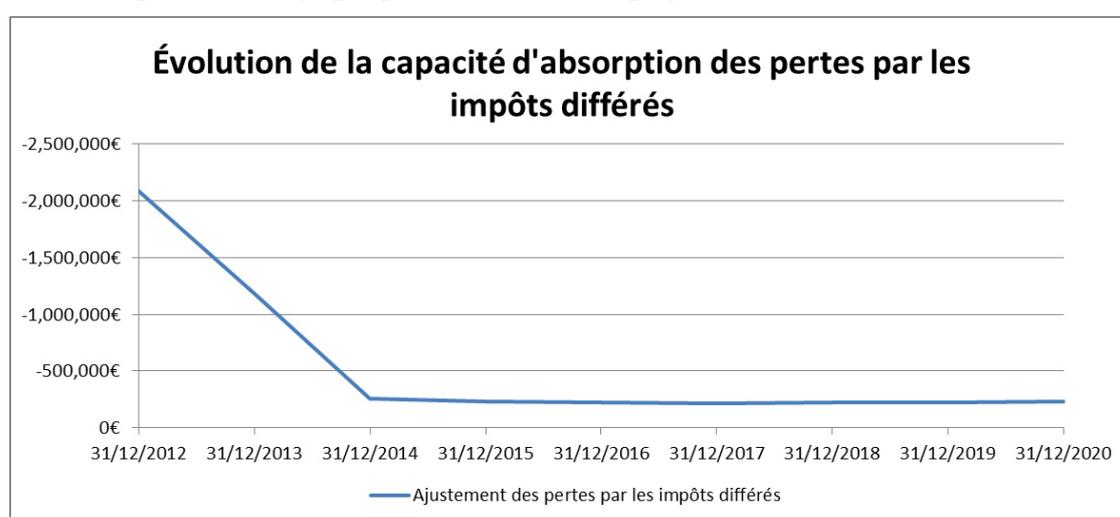
Dans ce cas de figure, le plafond ci-dessus ne sera probablement jamais atteint, car le taux d'impôt est relativement faible et le BSCR diminue très vite au cours de la projection.

Il est tout de même nécessaire de prendre des hypothèses pour effectuer la projection :

- Il est supposé que le taux d'imposition reste stable au cours de la projection
- Il est supposé que les impôts différés sont supérieurs au montant de choc tout au long de la projection

Il est relativement probable que le taux d'imposition va augmenter au cours des 8 prochaines années, mais jusqu'à présent aucun nouveau taux n'a été fixé. Il est donc nécessaire de se baser sur le taux d'imposition actuel.

Voici la représentation graphique du résultat de la projection :



L'évolution de la capacité d'absorption des pertes par les impôts différés est comparable à celle du BSCR, car il suffit d'ajouter l'exigence de capital du risque opérationnel au BSCR et de multiplier le résultat avec le taux d'imposition qui est supposé constant au cours de la projection.

Jusqu'à présent, tous les modules des risques pertinents ont été projetés. A la section 8, ils seront agrégés pour déduire le SCR.

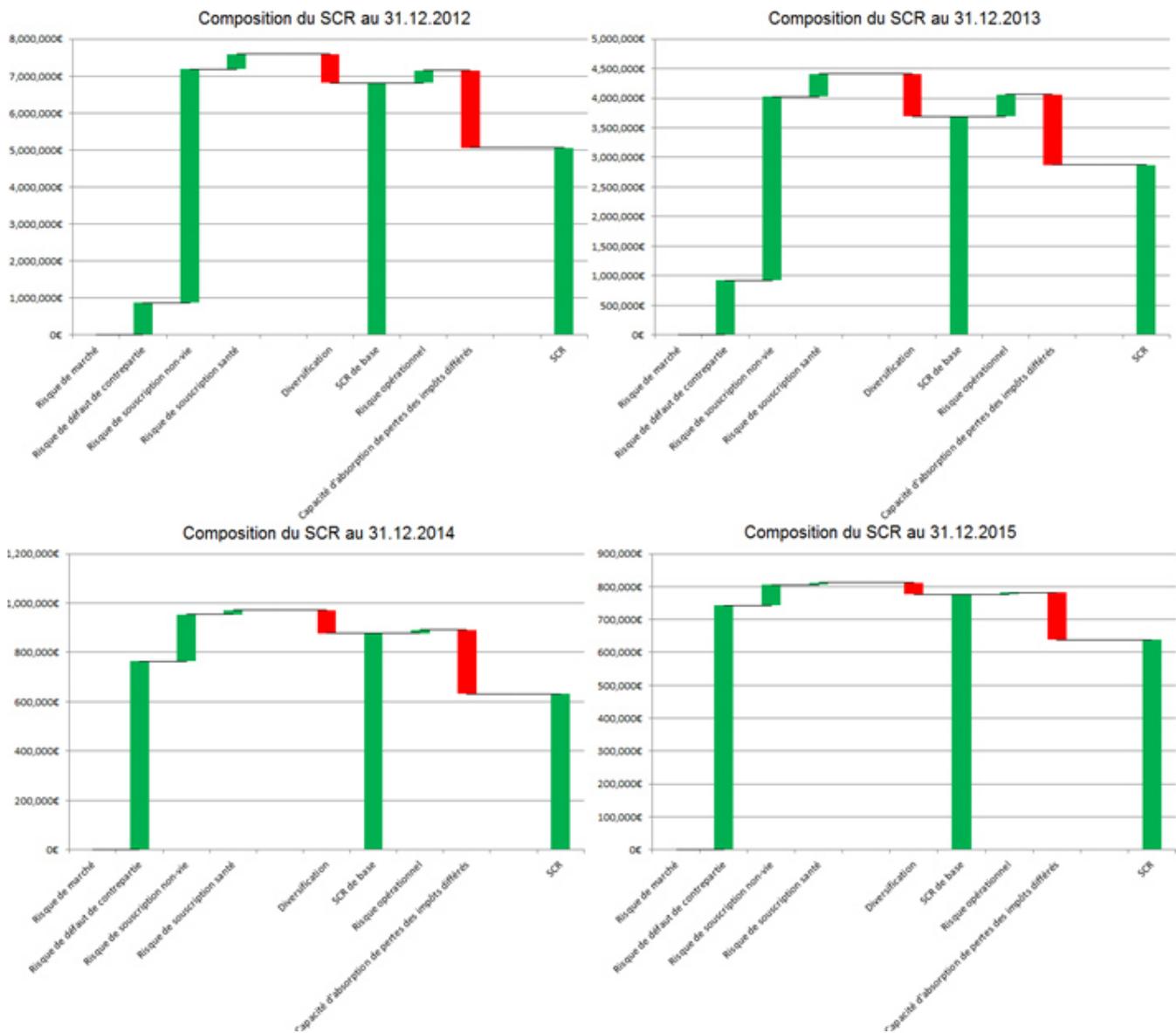
## Section 8. L'évolution du « Solvency Capital Requirement »

La projection du SCR de la compagnie en run-off est égale à :

31/12/2012	31/12/2013	31/12/2014	31/12/2015	31/12/2016	31/12/2017	31/12/2018	31/12/2019	31/12/2020
5,060,932€	2,874,320€	631,358€	553,602€	532,247€	531,745€	539,629€	550,099€	562,894€

A partir de la première année de projection, la compagnie de réassurance va donc devoir couvrir le plafond minimal du MCR qui est égal à 3,6 millions d'euros pour une compagnie de réassurance non-vie.

Voici le détail de la composition du SCR pendant les quatre premières années de la projection :



Jusqu'à présent, la projection des BE et du SCR de la compagnie de réassurance en run-off a été détaillée.

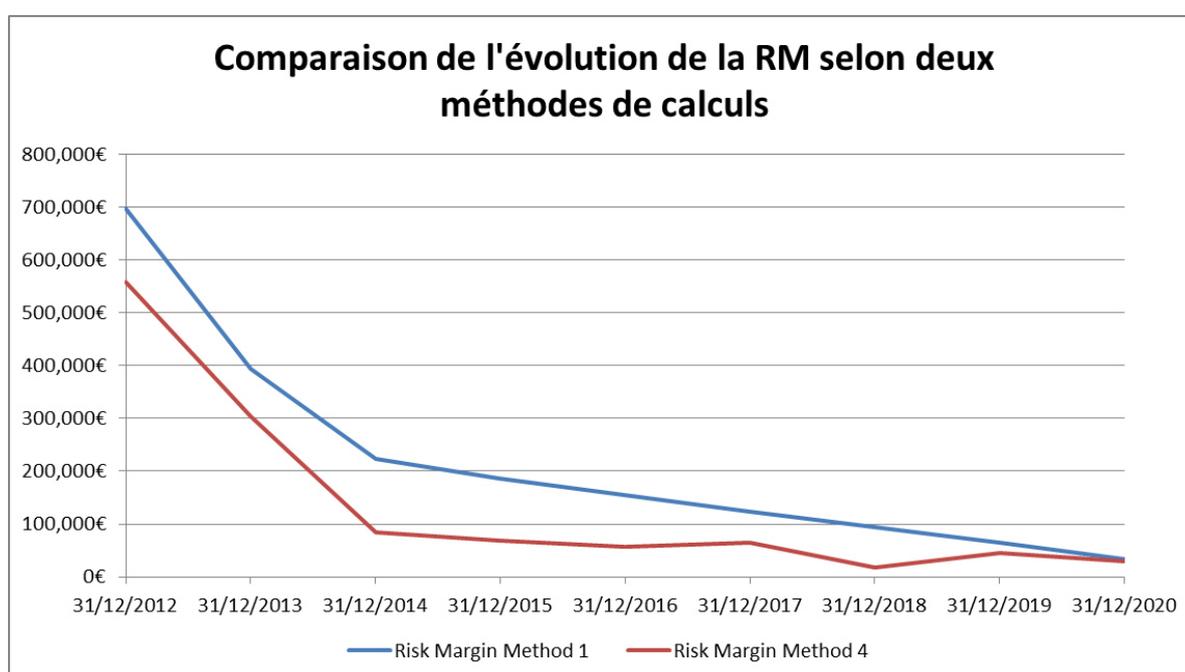
À présent, il convient de présenter la projection de la marge pour risque, qui constitue un matelas de sécurité supplémentaire qui vient de s'ajouter au BE.

## Section 9. La projection de la marge pour risque

La projection du SCR en run-off permet de déterminer la marge pour risque (ou *Risk Margin* (RM)) selon la méthode générale sans appliquer une simplification.

Il est cependant nécessaire de déterminer d'abord le SCR d'une compagnie de référence ( $SCR_{RU}$ ). Le  $SCR_{RU}$  d'une réassurance souscrivant uniquement des risques liés à la non-vie ne prend pas en compte le risque de marché, ni la capacité d'absorption des pertes par les impôts différés.

Le calcul de la RM selon le niveau 4<sup>11</sup> de la simplification a également été effectué. Cela nous permet d'étudier la robustesse de la méthode 4 :



Il peut être constaté que la méthode de simplification 4 a tendance à sous-estimer le résultat de la RM selon la méthode générale et qu'elle est également plus volatile.

L'écart est dû au fait que la méthode 4 utilise la durée modifiée des engagements pour estimer la RM, or cette durée ne correspond pas tout à fait à la durée du  $SCR_{RU}$ . La volatilité de la méthode 4 s'explique par le fait que la compagnie de réassurance a un déroulement de la charge de sinistralité très rapide et donc les observations faites après 4 ans sont très volatiles, car il n'y a pas de volume suffisant d'observations.

La RM s'ajoute au BE brut côté passif du bilan pour constituer ensemble les provisions techniques.

Jusqu'à présent, le modèle de projection du BE, du SCR et de la marge pour risque de la compagnie de réassurance non-vie en run-off a été présenté. En annexe 4, un modèle de projection

<sup>11</sup> La formule est présentée en annexe 2.

simplifié de l'actif et des autres postes de passifs en run-off de la compagnie de réassurance est proposé pour le lecteur intéressé. La modélisation de l'actif figure en annexe, car elle ne constitue pas l'intérêt principal de ce mémoire. Cependant, c'est une composante intéressante du modèle, car elle permet d'en déduire d'autres informations utiles comme par exemple le ratio de couverture de la compagnie de réassurance tout au long de la projection. De plus, il est nécessaire dans le cadre d'un ORSA d'avoir une perception prospective du bilan économique dans son ensemble.

Avoir une vue prospective sur le développement en exploitation continue du profil de risque et du bilan économique est un des objectifs de l'ORSA. Le prochain titre sera consacré à la projection des éléments de pilotage de l'activité. Les éléments de pilotage de l'activité sont les paramètres nécessaires pour pouvoir modéliser de façon pertinente les affaires de la compagnie de réassurance en exploitation continue.

## Titre 3. La projection des éléments de pilotage de l'activité

---

Jusqu'à présent, un modèle de projection du SCR et du bilan économique de la compagnie de réassurance en run-off a été proposé. La prochaine étape du modèle est la projection de ces éléments lorsque la compagnie se trouve, non pas en run-off, mais en exploitation continue, ce qui constitue un des objectifs principaux de l'ORSA.

Pour pouvoir projeter la structure de la compagnie de réassurance, le modèle a besoin de certains paramètres, qui sont appelés par la suite les éléments de pilotage de l'activité.

Le concept principal est de réutiliser le modèle de run-off en faisant appel aux éléments de pilotage. Ainsi le modèle est appliqué à des compagnies de réassurances fictives, qui souscrivent des affaires pendant une année et sont ensuite en run-off<sup>12</sup>. Les éléments de pilotage font en sorte que ces compagnies aient la même structure que la compagnie de réassurance initiale.

Dans un deuxième temps, la somme des bilans projetés est faite pour déduire le bilan de la compagnie de réassurance en exploitation continue.

Les éléments de pilotage de l'activité du modèle sont :

- Les primes brutes
- Les primes nettes
- Les ratios combinés ultimes bruts
- Les ratios combinés ultimes nets

Il convient de débiter par la projection des primes (Chapitre 1), avant de passer à la projection des ratios combinés (Chapitre 2).

### Chapitre 1. La projection des primes

---

La projection des primes ne constitue pas un calcul actuariel en soi, car la souscription des traités est influencée par les décisions prises par le *top-management* de la compagnie de réassurance.

Cette problématique a déjà été exposée lors de l'initiation au modèle.<sup>13</sup>

La projection des primes se base alors majoritairement sur le *business plan* de la compagnie de réassurance. Les primes peuvent donc être vues comme un paramètre du modèle. L'analyse des résultats du modèle est par contre un peu moins pertinente, car il est possible que la vraie situation de la compagnie ne soit pas prise en compte.

Dans un premier temps, la robustesse de l'échantillon est vérifiée et dans un deuxième temps les primes brutes sont projetées et finalement les primes nettes sont déduites.

---

<sup>12</sup> Cf graphique p.48

<sup>13</sup> Titre 1 chapitre 2 de cette partie

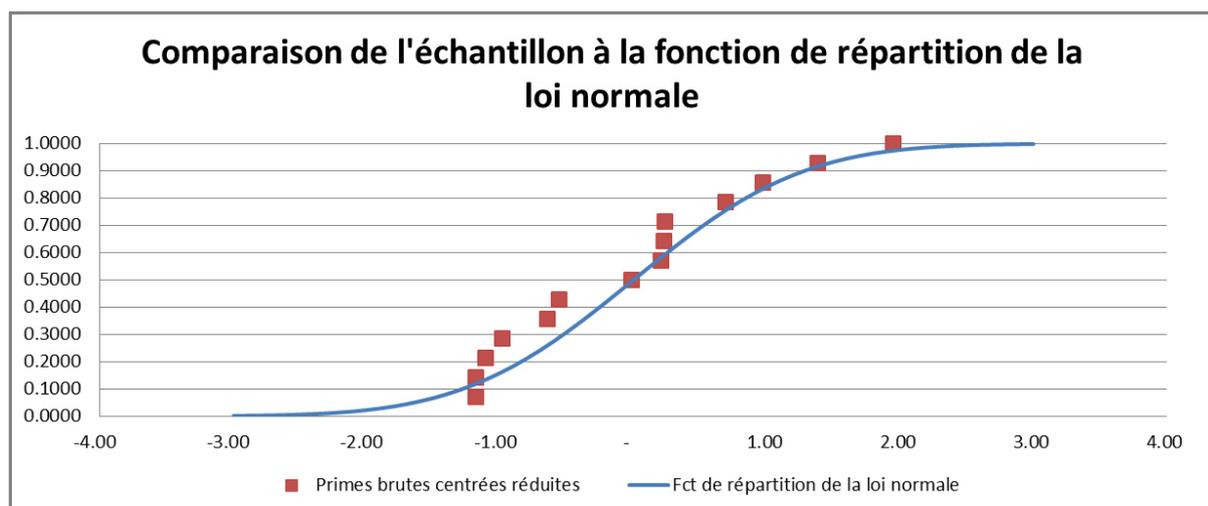
## Section 1. Tests de robustesse des échantillons

Afin de contrôler la robustesse de l'échantillon, deux tests de valeurs aberrantes ont été effectués. La majorité de ces tests prennent l'hypothèse que l'échantillon est issu d'une loi normale. Il est donc nécessaire de valider cette condition avant de pouvoir effectuer les tests de valeurs aberrantes.

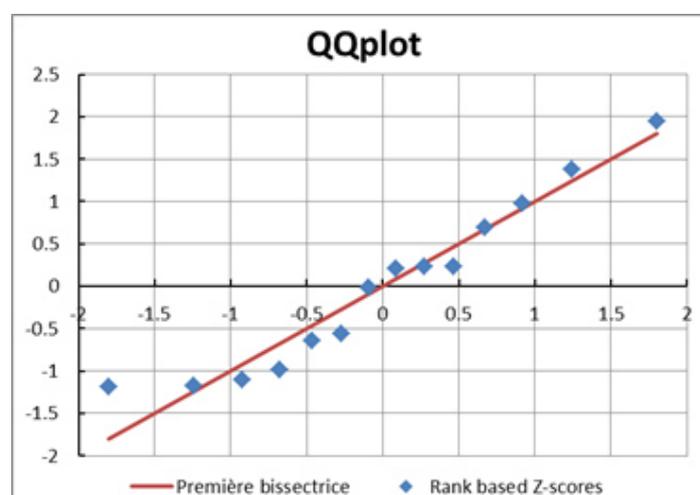
La démarche appliquée au premier portefeuille va être exposée de manière détaillée dans cette section. La même démarche sera ensuite appliquée aux autres portefeuilles, mais les résultats intermédiaires ne seront pas présentés ici.

L'échantillon du premier portefeuille est composé des 14 primes brutes émises lors des 14 dernières années.

Dans un premier temps, les primes brutes observées sont centrées et réduites et comparées à la fonction de répartition de la loi normale centrée réduite, ce qui permet de donner un premier avis sur l'éventuelle normalité des données :



Il est également possible d'effectuer un QQplot pour comparer si la distribution de l'échantillon est normale :



Il est difficile de conclure, puisqu'il n'y a que 14 observations dans l'échantillon. De toute façon, il est toujours recommandé de faire un test statistique avant de conclure. Cela dit, le QQplot indique déjà que le résultat d'un test de « goodness of fit » a de fortes chances d'accepter l'hypothèse que l'échantillon est issu d'une loi normale.

Le test utilisé pour conclure si l'échantillon est issu d'une loi normale est le test de Kolmogorov-Smirnov.

## §1. Le test de Kolmogorov-Smirnov

La statistique du test de Kolmogorov-Smirnov est égale à :

$$D_n = \sup_{n \geq 1} |F_n(x) - F(x)|$$

Avec  $D_n$ : la statistique du test de Kolmogorov-Smirnov,

$F_n(x)$  : la fonction de répartition empirique de l'échantillon au point  $x$  et,

$F(x)$  : la fonction de répartition de la loi normale au point  $x$ .

Dans cet exemple,  $D_n$  est égal à 0,1396, ce qui permet d'accepter l'hypothèse 0 avec un niveau de confiance de 5% que la fonction de répartition empirique est issue d'une loi normale, car 0,1396 est inférieur à 0,349 (la valeur critique pour un échantillon de 14 observations).

Le test de Kolmogorov-Smirnov est souvent critiqué pour son manque de robustesse lorsque l'échantillon est petit. Pour cette raison, le test d'Anderson-Darling a également été effectué et l'hypothèse 0 a également été acceptée. Pour des raisons pratiques, la théorie derrière ce test ne va pas être exposée ici.

Après avoir validé l'hypothèse que l'échantillon est issu d'une loi normale, il est possible d'effectuer les tests de valeurs aberrantes souhaités.

## §2. Le test de Dixon

Le test de Dixon est un test statistique qui permet de détecter des valeurs aberrantes dans un échantillon et de justifier leur élimination. Il convient de classer l'échantillon par ordre croissant tel que :

$$P_1 < P_2 < \dots < P_n$$

Avec  $P_i$ : la  $i^{\text{ème}}$  prime de l'échantillon et,

$n$  : la taille de l'échantillon.

Le test de Dixon permet de détecter si la valeur  $P_1$  ou la valeur  $P_n$  est une valeur aberrante. La statistique du test dépend de la taille de l'échantillon.

Voici un tableau récapitulatif :

Taille de l'échantillon	Test de statistique sur $P_1$	Test de statistique sur $P_n$
$3 \leq n \leq 7$	$r_{10} = \frac{y_2 - y_1}{y_n - y_1}$	$r_{10} = \frac{y_n - y_{n-1}}{y_n - y_1}$
$8 \leq n \leq 10$	$r_{11} = \frac{y_2 - y_1}{y_{n-1} - y_1}$	$r_{10} = \frac{y_n - y_{n-1}}{y_n - y_2}$
$11 \leq n \leq 13$	$r_{21} = \frac{y_3 - y_1}{y_{n-1} - y_1}$	$r_{21} = \frac{y_n - y_{n-2}}{y_n - y_2}$
$14 \leq n \leq 30$	$r_{22} = \frac{y_3 - y_1}{y_{n-2} - y_1}$	$r_{22} = \frac{y_n - y_{n-2}}{y_n - y_3}$

Il suffit de comparer la valeur du test à la table de valeurs critiques<sup>14</sup> pour conclure si la valeur maximale ou la valeur minimale de l'échantillon sont des valeurs aberrantes.

Il convient cependant de noter que le test a été conçu pour des échantillons de taille faible, et qu'il suppose que l'échantillon est issu d'une loi normale. Or il n'est pas évident de valider cette hypothèse, car l'échantillon est très petit et que les tests de « goodness of fit » sont beaucoup plus fiables lorsqu'ils sont appliqués à des échantillons de taille importante.

Pour cette raison, un deuxième test a été effectué pour valider le résultat du test de Dixon.

### §3. Le test de Iglewicz & Hoaglin

Le deuxième test effectué est le test de Iglewicz & Hoaglin. Le test se base sur le Z-score modifiée (Mean absolute deviation):

$$M_i = \frac{0,6745 * (P_i - \tilde{P})}{MAD}$$

Avec  $P_i$ : la prime de l'année  $i$ ,

$\tilde{P}$ : la médiane de l'échantillon,

$MAD$ :  $\text{median}(|P_i - \tilde{P}|)$  et,

$M_i$ : le Z-score modifié de l'observation  $i$ .

Le Z-score modifié est ensuite comparé à la valeur 3,5 pour déterminer si l'observation  $i$  est une valeur aberrante. Ce test a l'avantage de pouvoir détecter plusieurs valeurs aberrantes. La théorie derrière ces tests n'est pas détaillée non plus dans le corps de ce mémoire.

Les deux tests ont conclu qu'il n'y a pas de valeurs aberrantes dans l'échantillon du portefeuille A.

<sup>14</sup><http://ltpo.blogspot.com/2006/01/dtecter-une-valeur-aberrante-le-test.html>

La même démarche a été effectuée pour les trois autres portefeuilles et les conclusions étaient toujours que l'échantillon est issu d'une loi normale et qu'il n'y a pas de valeurs aberrantes dans l'échantillon. Il est donc possible de procéder aux projections sans devoir effectuer de corrections aux échantillons.

## Section 2. La projection des primes brutes

La projection des primes brutes est effectuée portefeuille par portefeuille. Ensuite les primes brutes des différentes branches d'activités incluses dans chaque portefeuille sont déduites en fonction de leur proportion observée au 31 décembre 2012.

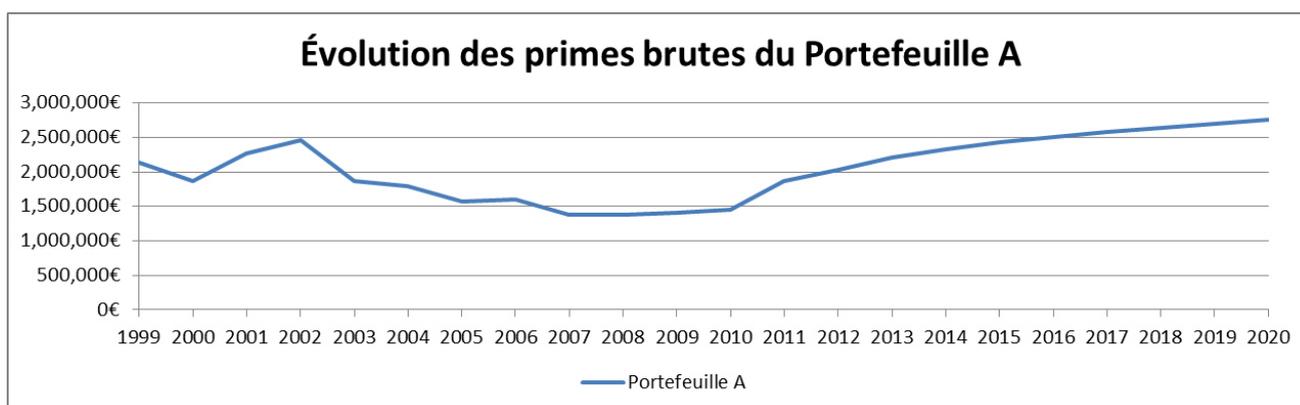
### §1. La projection de la prime brute du portefeuille A

Le portefeuille A est le portefeuille de réassurance des risques internes au groupe qui est resté plus ou moins stable au cours des 14 dernières années. Voici l'échantillon des primes émises/acquises :

01/01/1999	01/01/2000	01/01/2001	01/01/2002	01/01/2003	01/01/2004	01/01/2005	01/01/2006
2,129,338€	1,872,541€	2,269,662€	2,467,913€	1,862,422€	1,786,430€	1,568,502€	1,598,540€
01/01/2007	01/01/2008	01/01/2009	01/01/2010	01/01/2011	01/01/2012	01/01/2013	
1,382,466€	1,380,790€	1,408,260€	1,450,407€	1,871,283€	2,031,499€	2,209,966€	

En prenant en compte l'évolution récente du portefeuille, ainsi que le *business plan*, il est cohérent de prévoir une augmentation du volume d'affaire au cours de la projection. Ainsi, la modélisation des primes brutes futures par un logarithme semble donc être adaptée à ce portefeuille. Voici le résultat obtenu en se basant sur les quatre dernières années de l'échantillon :

01/01/2014	01/01/2015	01/01/2016	01/01/2017	01/01/2018	01/01/2019	01/01/2020
2,329,395€	2,427,524€	2,510,491€	2,582,360€	2,645,752€	2,702,459€	2,753,757€



La projection des primes brutes des trois autres portefeuilles se fait en poursuivant la même démarche. D'abord, le *business-plan* est consulté, ensuite une projection en fonction du business-plan et de la tendance passée est effectuée.

À présent une projection de la prime brute du portefeuille B est présentée.

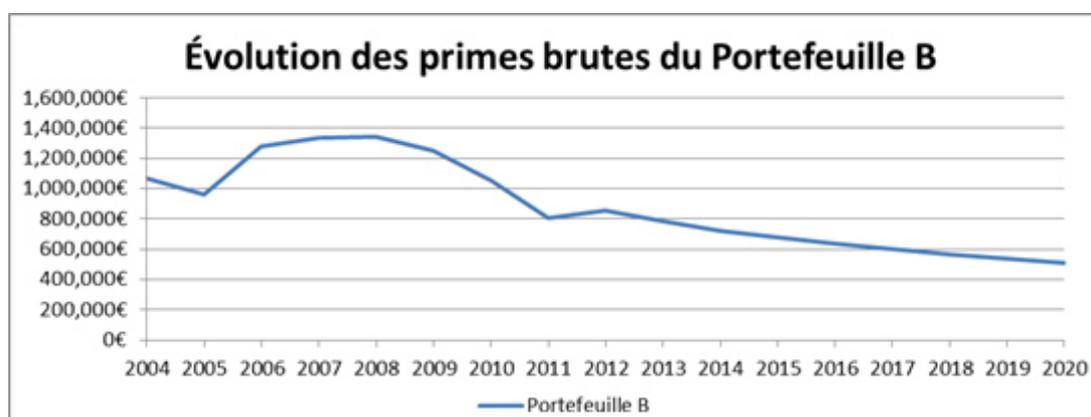
## §2. La projection des primes brutes du portefeuille B

Le portefeuille B existe depuis l'an 2000, cependant la compagnie a effectué des restructurations au sein du portefeuille en 2004, il est donc recommandé de prendre uniquement en compte les observations depuis 2004 pour établir la projection.

01/01/2004	01/01/2005	01/01/2006	01/01/2007	01/01/2008	01/01/2009	01/01/2010	01/01/2011	01/01/2012	01/01/2013
1,786,430€	1,568,502€	1,598,540€	1,382,466€	1,380,790€	1,408,260€	1,450,407€	1,871,283€	2,031,499€	2,209,966€

Ce portefeuille est le seul portefeuille où le volume de primes diminue lors de la projection. Voici le résultat numérique et graphique de la projection.

01/01/2014	01/01/2015	01/01/2016	01/01/2017	01/01/2018	01/01/2019	01/01/2020
721,643	675,384	634,581	598,081	565,063	534,920	507,191



## §3. La projection des primes brutes du portefeuille C

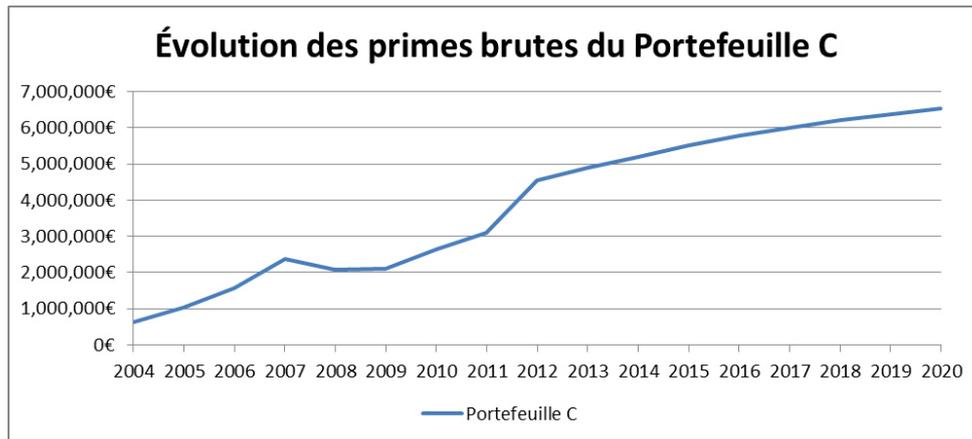
Le portefeuille C est le seul portefeuille de la compagnie de réassurance qui n'est pas rentable du point de vue de la compagnie de réassurance. Au niveau du groupe, le partenariat avec la marque de carte de crédits du portefeuille C présente cependant de nombreux avantages. Pour cette raison la projection du volume de primes émises de ce portefeuille n'a pas de tendance négative, elle a même une tendance positive. Il convient de faire la même remarque qu'auparavant, le portefeuille existe depuis l'année 2000, mais il a subi des restructurations en 2004. Il convient donc d'utiliser uniquement les observations à partir de 2004.

L'échantillon utilisé est le suivant :

01/01/2004	01/01/2005	01/01/2006	01/01/2007	01/01/2008	01/01/2009	01/01/2010	01/01/2011	01/01/2012	01/01/2013
629,254€	1,028,298€	1,580,496€	2,366,573€	2,082,459€	2,116,289€	2,651,735€	3,098,050€	4,552,733€	4,890,454€

La projection déduite est la suivante :

01/01/2014	01/01/2015	01/01/2016	01/01/2017	01/01/2018	01/01/2019	01/01/2020
5,194,535€	5,506,924€	5,771,046€	5,999,839€	6,201,648€	6,382,173€	6,545,477€



Venons-en à présent à la projection des primes brutes du portefeuille D.

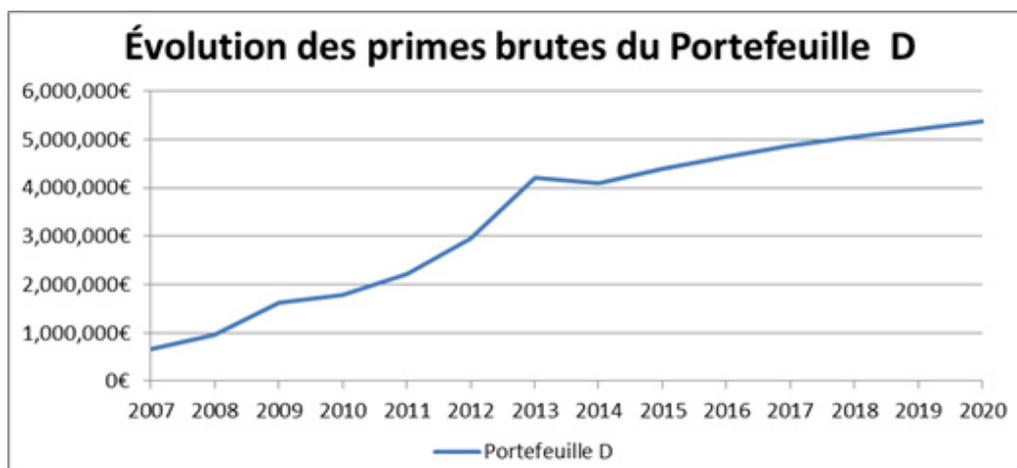
#### §4. La projection des prime brutes du portefeuille D

Le portefeuille D est le portefeuille le plus rentable de la compagnie de réassurance et le groupe souhaite le développer davantage. Il s'agit également du portefeuille le plus jeune de la compagnie de réassurance. Voici l'échantillon utilisé :

01/01/2007	01/01/2008	01/01/2009	01/01/2010	01/01/2011	01/01/2012	01/01/2013
655,928€	962,957€	1,622,019€	1,783,963€	2,227,080€	2,947,164€	4,211,000€

Le résultat de la projection est le suivant :

01/01/2014	01/01/2015	01/01/2016	01/01/2017	01/01/2018	01/01/2019	01/01/2020
4,103,963€	4,397,418€	4,645,531€	4,860,456€	5,050,034€	5,219,617€	5,373,023€



Après avoir projeté les primes brutes, il convient à présent de déduire les primes nettes en déduisant la prime de rétrocession de la prime brute.

## Section 3. La projection des primes nettes

---

La prime de rétrocession ne peut pas être simplement déduite des primes brutes car le traité d'excédent de pertes couvre l'ensemble des 4 portefeuilles. Il est donc nécessaire de répartir la prime de rétrocession de ce traité sur les 4 portefeuilles avant de pouvoir déterminer la prime nette par portefeuille.

La compagnie de réassurance répartit cette prime proportionnellement à la prime brute du portefeuille en question :

$$P_{nette}(N; i) = \frac{P_{brute}(N; i)}{\sum_{i=1}^4 P_{brute}(N; i)}$$

Avec  $P_{nette}(N; i)$ : la prime nette du portefeuille  $i$  de l'année  $N$  et,

$P_{brute}(N; i)$ : la prime brute du portefeuille  $i$  de l'année  $N$ .

A partir du 1<sup>er</sup> janvier 2015 le traité d'excédent de pertes prendra fin. A ce moment, la compagnie aura le choix de le renégocier ou de l'arrêter. Les deux situations sont pris en compte dans le modèle, le scénario central prévoit une reconduction du traité avec une augmentation de la priorité, car le volume d'affaire a fortement augmenté en 2013 et va continuer de croître au cours de la projection. La prime de rétrocession est maintenue à 2,125 millions d'euros tout au long de la projection. Matériellement il n'était pas possible de mettre en place un modèle d'estimation de la prime de rétrocession future, car les données nécessaires n'étaient pas disponibles.

Cependant, cette hypothèse n'engendre pas d'erreur de projection trop importante, car la priorité a également été augmentée dans le modèle à partir de 2015. L'ultime charge de sinistralité en scénario central est donc toujours bien en-dessous de la priorité, ce qui est également le cas jusqu'en 2015.

Dans un but d'amélioration du modèle, il est cependant envisageable d'ajouter au modèle un volet qui estime la prime de rétrocession future.

Jusqu'à présent, la projection des deux premiers éléments de pilotage de l'activité a été exposée. Par la suite, il convient de projeter également les ratios combinés ultimes bruts et nets.

## Chapitre 2. La projection des ratios combinés ultimes

---

La notion de ratio combiné ultime a déjà été introduite lors de l'initiation au modèle.

La projection des ratios combinés ultimes sera effectuée en plusieurs étapes. Dans un premier temps, les ratios sinistres sur primes ultimes bruts seront projetés (Section 1) et dans un second temps les ratios combinés ultimes nets seront projetés (Section 2).

### Section 1. La projection des ratios sinistres sur primes ultimes bruts

---

L'échantillon utilisé pour la projection des ratios sinistres sur primes ultimes est constitué à partir de l'ultime charge de sinistralité d'une année de survenance donnée et de la prime brute de cette année de survenance :

$$SP_{ult,brut}(K;i) = \frac{UCS(K;i)}{P_{brute}(K;i)}$$

Avec  $SP_{ult,brut}(K;i)$ : le ratio sinistre sur prime ultime du portefeuille  $i$  correspondant à l'année de survenance  $K$ ,

$UCS(K;i)$ : l'ultime charge de sinistralité du portefeuille  $i$  correspondant à l'année de survenance  $K$  et,

$P_{brute}(K;i)$ : la prime brute du portefeuille  $i$  de l'année  $K$ .

La projection de ce ratio peut être fait par deux méthodes :

- soit en projetant directement la charge de sinistralité ultime et en divisant le résultat trouvé par la prime brute ;
- Soit en projetant directement le ratio de sinistres sur primes ultime.

Il a été opté pour la deuxième méthode de projection.

#### §1. Méthodologie générale de projection

Il convient ici d'établir la méthodologie générale de projection des ratios combinés ultimes bruts. Cette démarche sera la même pour tous les portefeuilles.

La projection d'un ratio par une droite ou une parabole sur 8 années n'est pas cohérente, et cela peut même être absurde dans certains cas de figures. Par exemple, lorsque la tendance est trop importante, les ratios peuvent doubler voire tripler au cours de la projection et cela ne reflète pas la réalité, car il n'y a aucun phénomène qui explique une telle évolution en scénario central.

Il convient, alors de trouver une autre méthode de projection. Un test pour déterminer si l'échantillon est issu d'un processus aléatoire a alors été effectué pour s'assurer que l'extraction d'une tendance n'est pas adaptée à la nature de l'échantillon.

Le test pour lequel a été opté s'appelle le « Wald-Wolfowitz test for randomness » ou encore « Runs test ».

Les hypothèses du test sont :

- H0 : l'échantillon est issu d'un processus aléatoire
- H1 : l'échantillon n'est pas issu d'un processus aléatoire

Le test prévoit d'effectuer une transformation de l'échantillon. La transformation consiste à diviser l'échantillon en deux catégories. Les observations de l'échantillon qui sont supérieures à la médiane sont transformés en « + » et les autres en « - ».

Un « run » se définit, alors comme suit :

L'échantillon doit être ordonné en ordre chronologique. Un « run » est constitué des éléments ayant le même signe, de sorte que lorsque le signe change un nouveau « run » commence. La statistique du test est définie par le nombre de « runs » présent dans l'échantillon.

Deux cas de figures peuvent se présenter :

- Soit il y a trop peu de « runs », ce qui indique que la série a une tendance ;
- Soit il y a trop de « runs », ce qui indique que la série a une périodicité.

Exemple :

La série transformée ci-dessous a 2 « runs » :

- - - - + + + +

Lorsqu'une telle composition est constatée, alors la série a clairement une tendance.

La série transformée ci-dessous a 10 « runs » :

+ - + - + - + - + -

Lorsqu'une telle composition est constatée, alors la série a clairement une périodicité.

En pratique, les résultats sont moins clairs, et une table de valeurs critiques est alors à consulter pour pouvoir parvenir à une conclusion.

L'hypothèse H0 a toujours été retenue lors de l'application du « Runs test » aux 4 séries chronologiques. Il est donc certain qu'une extrapolation de la tendance n'est pas adaptée pour projeter les ratios futurs.

Ainsi, il a été retenu de procéder par une projection par la moyenne empirique observée.

Pour compenser le fait que la projection n'a pas été effectuée à l'aide d'un processus stochastique bien calibré, différents scénarios de stress ont été ajoutés au modèle. Ces stress tests permettent de déterminer l'effet sur les provisions techniques et le SCR lors d'une augmentation des ratios sinistres sur primes.

Le traité de rétrocession transfère une majorité du risque d'augmentation de la sinistralité chez le réassureur ce qui justifie l'utilisation d'une méthode déterministe, car le bilan et la solvabilité de la compagnie de réassurance n'est que très peu affecté par un éventuel scénario-catastrophe.

## §2. Le résultat de la projection des ratios sinistres sur primes ultimes

Le résultat numérique de la projection des ratios sinistres sur primes ultimes peut être trouvé à l'annexe 5.

Les ratios observés confirment les résultats obtenus lors de la projection du run-off de la compagnie de réassurance.

Le portefeuille C a un ratio sinistre sur primes ultime très proche de 100%. Il convient encore d'ajouter les frais généraux pour déduire le ratio combiné, il s'agit du seul portefeuille de la compagnie de réassurance qui n'est pas rentable.

Le portefeuille D est le portefeuille le plus rentable et il est donc logique que le développement de son volume d'affaires soit prévu dans le *business plan*.

## §3. La projection des frais généraux

La projection des ratios combinés ultimes nécessite une projection des frais généraux ultimes. Il est donc nécessaire de mettre en évidence le flux des frais générés par les traités d'une année de survenance.

Les données fournies ne sont pas assez détaillées pour mettre en évidence les frais générés par les traités d'une année de survenance, il est donc nécessaire de supposer que les frais observés pendant une année sont tous liés aux traités en-cours la même année. Cette hypothèse n'engendre pas une très grande erreur, car les portefeuilles ont un déroulement de la charge de sinistralité très rapide, ce qui indique que la majorité des frais sont effectivement liés aux contrats en cours ou aux contrats de l'année précédente.

La compagnie de réassurance fait la distinction entre deux types de frais :

- Les frais de gestion
- Les frais d'acquisition dont une partie est prise en compte par la banque du groupe

La compagnie ne comptabilise pas le détail des frais par portefeuille, mais fournit uniquement les frais totaux par année. Une projection globale des frais en pourcentage de la prime globale est donc effectuée.

En ce qui concerne les frais de gestion, seules les données des 4 dernières années sont exploitables. Les hypothèses suivantes ont été testées pour trouver un moyen de projection :

- Proportionnalité entre les frais de gestion et le volume d'affaires ;
- Proportionnalité entre les frais de gestion et le paiement des sinistres.

Le résultat des tests a montré que les frais ne sont pas liés au volume d'affaires ni au paiement des sinistres. De plus, aucune tendance n'a pu être observée, ce qui nous contraint à utiliser la moyenne empirique pour estimer les frais de gestion futurs.

Voici le résultat de l'estimation :

2009	2010	2011	2012	2013-2020
observation	observation	observation	observation	estimation
870,273€	877,987€	915,689€	880,993€	886,236€

La banque du groupe participe à hauteur de 15% à ces frais de gestion.

En ce qui concerne les frais d'acquisition, les données sont constituées uniquement de 2 années d'observation. La projection de ces frais par leur moyenne empirique est donc quasi-obligatoire, car il n'est pas recommandable d'utiliser deux observations pour extraire la tendance d'un phénomène :

2011	2012	2013-2020
observation	observation	estimation
134,733€	64,605€	99,669€

Les frais généraux en pourcentage de la prime brute totale donnent :

2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
8.05%	7.89%	7.49%	7.19%	6.95%	6.75%	6.58%	6.43%

Les frais restent stables au cours de la projection, mais les primes évoluent comme prévu au chapitre précédent. Cela explique la dilution du ratio ci-dessus. Il serait mieux de demander l'avis de la compagnie pour améliorer cette projection, mais cela n'était pas possible.

Le modèle prévoit cependant un stress test sur les frais pour déterminer l'impact prospectif sur le bilan économique. Il est donc possible d'analyser si une erreur de projection des frais aurait un impact important sur le bilan et la solvabilité de la compagnie de réassurance.

#### §4. La projection des ratios combinés bruts ultimes

Il suffit de sommer le résultat des paragraphes ci-dessus pour mettre en évidence le résultat voulu :

Année de survenance	Ratios combinés ultimes bruts							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Portefeuille A	49.87%	49.71%	49.32%	49.01%	48.77%	48.57%	48.40%	48.25%
Portefeuille B	42.43%	42.26%	41.87%	41.57%	41.32%	41.12%	40.95%	40.81%
Portefeuille C	101.95%	101.78%	101.39%	101.08%	100.84%	100.64%	100.47%	100.33%
Portefeuille D	28.37%	28.21%	27.82%	27.51%	27.27%	27.07%	26.90%	26.75%

La projection des ratios combinés ultimes bruts, en scénario central, estime que la compagnie de réassurance disposera d'un portefeuille d'affaires très rentable tout au long de la projection. Les stress-tests permettront de déterminer si une augmentation des ratios combinés bruts mettra la compagnie de réassurance en difficulté.

Jusqu'à présent, les ratios combinés ultimes bruts ont été projetés. Par la suite, il convient de déduire les ratios combinés ultimes nets ce qui nécessite une bonne compréhension du programme de récession et du lien qu'il crée entre les différents portefeuilles.

## Section 2. La projection des ratios combinés ultimes nets

Le dernier élément de pilotage de l'activité qui reste à projeter est le ratio combiné ultime net. La structure de rétrocession de la compagnie de réassurance a la particularité que les ratios combinés nets sont supérieurs aux ratios combinés bruts en scénario central. Cela vient du fait que le bilan de la compagnie est réassuré à travers un traité d'excédent de pertes qui agit de manière non-proportionnelle. La seule différence entre le ratio combiné brut et net, en scénario central, est la différence entre la prime brute et la prime nette, car le réassureur ne rembourse rien si la priorité n'a pas été atteinte.

Il est cependant nécessaire de modéliser également le scénario-catastrophe pour déterminer l'impact réel de la réassurance sur le bilan économique et le SCR.

En scénario-catastrophe, il est nécessaire de déterminer un critère qui permet d'associer le remboursement global des sinistres aux différents portefeuilles.

Le critère retenu est celui du remboursement des sinistres proportionnellement aux paiements effectués par portefeuille :

$$PRétro(N;i) = PRétro(N) * \frac{\sum_{j \geq T} PRéass(j;i)}{\sum_{i=1}^4 \sum_{j \geq T} PRéass(j;i)}$$

*PRétro(N ;i): le cumul des paiements effectués en vertu du traité d'excédent de pertes du portefeuille i pendant l'année N,*

*PRétro(N) : le cumul des paiements effectués en vertu du traité d'excédent de pertes pendant l'année N,*

*PRéass(j ;i): le cumul des paiements effectués en vertu des traités de réassurance du portefeuille i pendant l'année j, et*

*T : l'année d'émission du traité de réassurance, p.ex. le 01.01.T.*

### Exemple de calcul :

Il convient de se rappeler que le traité d'excédent de perte est en base d'année de survenance.

Voici un exemple de calcul :

Paiements effectués en vertu des traités des cédantes									
	2010		2011		2012		2013		
Traités émis	Ptf. A	Ptf. B	Total						
01/01/2010	5,000,000€	2,000,000€	1,000,000€	1,000,000€	- €	- €	- €	- €	9,000,000€
01/01/2011			4,000,000€	2,000,000€	1,000,000€	1,000,000€	- €	- €	8,000,000€
01/01/2012					8,000,000€	1,000,000€	2,000,000€	1,000,000€	12,000,000€

Remboursements reçus de la part du traité d'excédent de perte									
	2010		2011		2012		2013		
Traités émis	Ptf. A	Ptf. B	Ptf. A	Ptf. B	Ptf. A	Ptf. B	Ptf. A	Ptf. B	Total
01/01/2010	- €	- €	1,333,333€	666,667€	- €	- €	- €	- €	2,000,000€
01/01/2011			- €	- €	625,000€	375,000€	- €	- €	1,000,000€
01/01/2012					1,777,778€	222,222€	2,500,000€	500,000€	5,000,000€

Il convient donc de corriger le numérateur du ratio combiné brut de chaque portefeuille avec les remboursements déduits par la formule ci-dessus. Le dénominateur doit être remplacé par la prime nette du portefeuille.

Récapitulons la démarche :

- L'ultime charge de sinistralité est déduite à l'aide du ratio combiné ultime brut et de la prime brute ;
- L'ultime charge de sinistralité est déroulée à l'aide du triangle de développement des paiements ;
- Chaque année de projection, les remboursements reçus sont déterminés et enregistrés dans le modèle de paiement et déduits du ratio combiné ultime brut pour déterminer le ratio combiné ultime net.

Lors de la projection des résultats, une analyse plus approfondie du lien créé entre les différents portefeuilles à cause du traité d'excédent de perte est effectuée.

Le modèle donne également la possibilité de déterminer l'impact sur le bilan lorsqu'au 1<sup>er</sup> janvier 2015 le traité de rétrocession est reconduit en base d'année comptable.

Dans ce cas le résultat serait le suivant :

Paiements effectués en vertu des traités des cédantes									
Traité émis	2010		2011		2012		2013		Total
	Ptf. A	Ptf. B							
01/01/2010	5,000,000€	2,000,000€	1,000,000€	1,000,000€	- €	- €	- €	- €	9,000,000€
01/01/2011			4,000,000€	2,000,000€	1,000,000€	1,000,000€	- €	- €	8,000,000€
01/01/2012					8,000,000€	1,000,000€	2,000,000€	1,000,000€	12,000,000€

Remboursements reçus de la part du traité d'excédent de perte									
Traité émis	2010		2011		2012		2013		Total
	Ptf. A	Ptf. B	Ptf. A	Ptf. B	Ptf. A	Ptf. B	Ptf. A	Ptf. B	
01/01/2010	- €	- €	250,000€	250,000€	- €	- €	- €	- €	500,000€
01/01/2011			1,000,000€	500,000€	363,636€	363,636€	- €	- €	2,227,273€
01/01/2012					2,909,091€	363,636€	- €	- €	3,272,727€

L'exemple n'est pas bien adapté, car en adoptant une vue comptable il convient également de prendre en compte les paiements effectués en vertu des contrats avant 2010. Cependant, l'exemple permet tout de même de constater la différence entre les deux méthodes.

Le bilan est mieux protégé avec un traité d'excédent de pertes en base comptable, mais les ratios combinés ultimes sont moins stables.

Voici le résultat de la projection du ratio combiné ultime net en scénario central :

Année de survenance		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Portefeuille A	Ultimate losses	924,269	974,218	1,015,258	1,049,957	1,080,015	1,106,527	1,130,244	1,151,698
	Net Premium	1,826,430	1,933,397	2,035,473	2,121,433	2,195,675	2,261,010	2,319,345	2,372,036
	Ultimate combined ratio net	59%	58%	57%	57%	56%	56%	55%	55%
Portefeuille B	Ultimate losses	269,014	248,071	232,169	218,143	205,596	194,245	183,883	174,351
	Net Premium	608,500	554,554	519,720	487,818	458,523	431,502	406,457	383,136
	Ultimate combined ratio net	52%	53%	52%	52%	52%	52%	52%	52%
Portefeuille C	Ultimate losses	4,591,852	4,877,366	5,170,682	5,418,677	5,633,500	5,822,988	5,992,490	6,145,823
	Net Premium	3,779,121	4,006,541	4,297,631	4,544,169	4,758,014	4,946,840	5,115,899	5,268,946
	Ultimate combined ratio net	130%	130%	128%	126%	125%	124%	124%	123%
Portefeuille D	Ultimate losses	855,796	834,043	893,682	944,106	987,785	1,026,312	1,060,776	1,091,953
	Net Premium	3,480,188	3,406,288	3,687,224	3,925,600	4,132,647	4,315,663	4,479,659	4,628,225
	Ultimate combined ratio net	33%	32%	32%	31%	31%	31%	30%	30%

Jusqu'à présent, les éléments de pilotage de l'activité de la compagnie de réassurance ont été définis. Ces éléments vont constituer les paramètres principaux pour établir la projection du bilan économique et du SCR en exploitation continue.

Comme annoncé préalablement, le titre 4 sera dédiée à l'explication des ajustements effectués entre le modèle utilisé pour projeter le run-off de la compagnie de réassurance initiale et le modèle qui projette les affaires d'une compagnie fictive qui souscrit des affaires pendant un an uniquement et est ensuite en run-off.

## Titre 4. Les ajustements nécessaires du modèle de run-off pour les compagnies fictives

---

L'idée principale pour projeter les affaires de la compagnie de réassurance en exploitation continue, ce qui est un des objectifs de l'ORSA, était la décomposition du problème. Dans un première étape, la projection de la compagnie initiale en run-off a été effectuée, et ensuite le modèle a été réutilisé pour projeter le run-off d'une compagnie fictive créée en 2013 qui souscrit des affaires pendant un an (en 2014). Le même processus était ensuite réitéré pour des compagnies créées en 2014, 2015 etc. jusqu'à la durée de projection souhaité.

Pour garantir que les compagnies fictives aient la même structure que la compagnie de réassurance initiale, le modèle fait appel aux éléments de pilotage de l'activité qui ont été exposés ci-dessus.

Il est cependant nécessaire d'appliquer en plus certains ajustements au modèle initial. Ces ajustements font l'objet du présent titre.

Les traités de la compagnie de réassurance ont la particularité d'être souscrits au 1<sup>er</sup> octobre chaque année, alors que les primes ne sont émises qu'au 1<sup>er</sup> janvier. La modélisation de la compagnie fictive qui est créée au 1<sup>er</sup> octobre 2013 est donc assez particulière, car la compagnie doit constituer un bilan au 31 décembre 2013 même si les primes ne sont émises qu'au 1<sup>er</sup> janvier 2014.

La compagnie n'a donc pas les moyens financiers de débiter l'activité de réassureur sans un apport de capital au 30 septembre 2013. Il est donc supposé que la compagnie reçoive cet apport de capital pour débiter l'activité de réassurance. Dans la version consolidée, il sera donc nécessaire de faire un ajustement pour annuler cet apport de capital qui n'a de sens uniquement quand les différentes compagnies en run-off sont traitées comme des compagnies indépendantes.

Si la compagnie souhaite atteindre un ratio de solvabilité cible au 31 décembre 2013, alors la hauteur de l'augmentation de capital sera dépendante du SCR au 31 décembre 2013 (et des autres postes du passif). Le SCR déterminé à l'aide de la formule standard a malheureusement la particularité que le module de risque de défaut des contreparties dépend de l'actif de la compagnie.

Les apports extérieurs constituent une dette envers les actionnaires, mais donnent la possibilité à la compagnie d'investir l'argent dans les marchés financiers. Or, un investissement auprès d'une contrepartie sensible au risque de contrepartie augmente l'exigence de capital du module de risque de défaut des contreparties. Pour atteindre le ratio de solvabilité cible, il est donc nécessaire d'avoir un apport plus important. Si cet apport est de nouveau investit auprès d'une contrepartie

sensible au risque de défaut des contreparties, alors l'exigence de capital pour risque de défaut augmente de nouveau et l'apport n'est pas suffisant pour atteindre le ratio de couverture cible.

Cette référence circulaire de la formule standard a été détectée dès les premiers pas la directive, mais n'a pas été corrigée depuis. Une méthode permet cependant de rompre la référence circulaire : si la compagnie investit tous les apports de capital auprès d'une banque qui a la garantie d'Etat. Dans ce cas la compagnie n'est pas exposée au risque de défaut des contreparties et le ratio de solvabilité cible peut être atteint. Au 31 décembre 2013 l'exigence de capital pour risque de défaut des contreparties est donc nul. Il est supposé que l'actif reprend la structure habituelle de la compagnie de réassurance uniquement à partir de la deuxième année de projection.

La compagnie fictive créée au 30 septembre 2013 n'a pas de BE pour sinistres au 31 décembre 2013, car les traités prennent effet uniquement à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2014. Les primes émises sont celles modélisées au titre précédent et les BE pour primes sont déterminés à l'aide des ratios combinés ultimes. Lors du calcul des engagements au 31 décembre 2014, la compagnie n'a plus de BE pour primes au passif, mais uniquement du BE pour sinistres, car elle ne touche plus de primes au 1<sup>er</sup> janvier 2015, mais elle a encore l'engagement des sinistres survenus lors de l'année de couverture.

Le seul élément qui reste à modéliser pour déterminer l'ensemble des modules de risque de la formule standard sont les sommes assurées utilisées pour déterminer l'exigence de capital des sous-modules de risque de catastrophe. Il est supposé que les sommes assurées augmentent proportionnellement avec le volume d'affaires des branches d'activités affectées par le scénario-catastrophe.

Jusqu'à présent, les ajustements à effectuer pour pouvoir utiliser le modèle initial ont été présentés. Les résultats ne sont pas exposés ici, car il n'est pas très intéressant d'analyser des résultats intermédiaires.

Afin de réaliser une des objectifs de l'ORSA qui est la projection des affaires en exploitation continue, il convient d'étudier la méthode employée pour agréger les résultats obtenus lors des projections individuelles des différentes compagnies en run-off. Afin de déduire une version consolidée du modèle qui corresponde au modèle de projection de la compagnie de réassurance en exploitation continue.

## Titre 5. La version consolidée du modèle

---

La version consolidée projette les affaires de la compagnie de réassurance dans une perspective d'exploitation continue. Il est donc nécessaire d'agréger les résultats obtenus lors des différentes projections individuelles en perspective de run-off.

L'idée de base était de faire la somme des bilans et des SCR des différentes projections individuelles pour déduire le résultat final. Cependant, comme annoncé préalablement, certains postes du bilan ne peuvent pas simplement être sommés, car ils ne sont pas de nature linéaire, comme par exemple certains modules du SCR.

D'autres postes peuvent uniquement être déterminés au niveau consolidé, comme par exemple les créances nées d'opérations de réassurance. L'annulation de l'augmentation de capital décrite ci-dessus doit également être comptabilisée.<sup>15</sup>

Les postes du bilan qui sont linéaires n'ont pas besoin d'être retravaillés, comme par exemple les BE. Ils peuvent être sommés, car chaque année de souscription fait l'objet d'un modèle indépendant. Il est donc certain qu'aucun cash-flow n'a été compté deux fois.

Aux chapitres suivants, les différents éléments qui ne sont pas linéaires sont énumérés et la méthodologie d'ajustement employée pour faire l'agrégation est exposée. A cet effet, le chapitre 1 est consacré à l'analyse de la linéarité du *Solvency Capital Requirement*, tandis que le chapitre 2 s'intéresse à la linéarité de la *Risk Margin*.

### Chapitre 1. Analyse de linéarité du Solvency Capital Requirement

---

Le chapitre dédié à l'analyse de la linéarité du SCR servira à fournir une énumération des modules de risques non-linéaires, ainsi qu'à exposer la cause de leur non-linéarité.

Les modules ou sous-modules de risques non-linéaires sont :

- Le sous-module de risque de primes et réserves du module de souscription non-vie
- Le sous-module de risque de primes et réserves du module de souscription santé
- Le module de risque de défaut des contreparties
- Le module de risque opérationnel
- L'ajustement pour la capacité d'absorption des pertes par les impôts différés

---

<sup>15</sup> A noter que les ajustements des postes de l'actif et des flux peuvent être trouvés en annexe 6

## Section 1. Non-linéarité du sous-module de risque de primes et réserves

---

Le risque de primes et réserves n'est pas linéaire, car la formule standard prévoit de prendre le maximum entre la prime nette acquise de l'année dernière et l'estimation de la prime nette acquise de l'année suivante. En projetant le run-off, un des deux éléments est souvent nul. Le fait de prendre le maximum ne résulte pas immédiatement dans la non-linéarité. Si l'estimation des primes est strictement croissante ou strictement décroissante, alors la fonction maximum ne rompt pas la linéarité.

Dans le cas de la compagnie de réassurance, il y a 3 portefeuilles croissants et 1 portefeuille décroissant, ce qui fait que le module de risque de primes et réserves est non-linéaire. De plus, des stress-tests ont également été mis en place. Ces stress-tests vont déterminer l'impact sur le bilan lorsque la prime acquise d'un ou de plusieurs portefeuilles est réduite. Cela a également un impact sur le maximum. Il est donc nécessaire de recalculer ce sous-module de risque au niveau consolidé du modèle.

Le module de risque doit alors être remodelé au niveau consolidé du groupe à l'aide de la projection des primes effectuée lors de la modélisation des éléments de pilotage de la structure de la compagnie de réassurance.

La partie du calcul de l'exigence de capital pour risque de primes et réserves qui dépend des BE pour sinistres ne doit pas être remodelée, car les BE sont linéaires.

À présent, la non-linéarité du module de risque opérationnel sera analysée.

## Section 2. Non-linéarité du module de risque opérationnel

---

Il convient de faire la même remarque que pour le module de risque de primes et réserves. La formule standard prévoit le calcul d'une fonction qui contient un maximum :

$$Op_{premium}(N) = 0,03 * P_{brute}(N) + 0,03 * \max(0; P_{brute}(N) - 1,2 * P_{brute}(N - 1))$$

avec  $Op_{premium}(N)$ : la composante de primes du module de risque opérationnel au moment de calcul  $N$  (p.ex. 31.12.13), et

$P_{brute}(N)$  : la prime brute acquise au cours de l'année  $N$ .

Lors de la modélisation du run-off, il arrive fréquemment que la prime brute acquise l'année dernière soit nulle ou que la prime acquise l'avant-dernière année soit nulle. Ce qui fait que ce module de risque est non-linéaire, car en exploitation continue ces deux composantes sont non-nulles.

Le module de risque opérationnel doit donc également être remodelé au niveau consolidé du groupe à l'aide de la projection des primes effectuée lors de la modélisation des éléments de pilotage de la structure de la compagnie de réassurance.

À présent, la non-linéarité du module de risque de défaut des contreparties est analysée.

### Section 3. Non-linéarité du module de risque de défaut des contreparties

---

L'exigence de capital de ce module de risque doit également être recalculée au niveau consolidé. Cela vient du fait que le modèle de la projection en run-off des compagnies qui souscrivent des affaires pendant uniquement un an prévoit un apport de capital pour que les compagnies puissent couvrir leur SCR avant l'émission des primes au 1<sup>er</sup> janvier.

En sommant les exigences de capital pour risque de défaut des contreparties, on se baserait sur la somme des actifs des compagnies indépendantes sans corriger les apports de capitaux effectués. Puisque les apports de capitaux sont corrigés uniquement au niveau consolidé, il convient d'effectuer également le calcul de l'exigence de capital pour risque de défaut des contreparties au niveau consolidé.

Le calcul se base, alors sur l'actif modélisé au niveau consolidé. La projection de l'actif ne constitue pas l'intérêt principal de ce mémoire. Pour cette raison, les ajustements effectués à la projection de l'actif lors de l'agrégation des résultats peuvent être trouvés en annexe 6.

La section suivante sera dédiée à une analyse de la non-linéarité de l'ajustement pour la capacité d'absorption des pertes par les impôts différés.

### Section 4. Non-linéarité de l'ajustement pour la capacité d'absorption des pertes

---

L'ajustement pour capacité d'absorption des pertes est déterminé en effectuant un choc sur la somme du BSCR et sur l'exigence de capital pour le risque opérationnel. Ces deux éléments ne sont pas linéaires puisqu'ils sont composés d'éléments non-linéaires. Il est donc nécessaire de déterminer le BSCR et l'exigence de capital pour le risque opérationnel au niveau consolidé pour pouvoir déterminer une projection cohérente de l'ajustement.

Jusqu'à présent, la non-linéarité des différents modules de risques, qui constituent ensemble le SCR, a été analysée. À présent, il convient d'étudier si l'agrégation de la marge pour risque doit faire l'objet d'un ajustement au niveau consolidé.

## Chapitre 2. Linéarité de la « Risk Margin »

---

La linéarité de la *Risk Margin* peut être analysée de deux points de vue :

- D'un point de vue conceptuel
- D'un point de vue strictement mathématique

D'un point de vue conceptuel, la RM devrait être linéaire lorsqu'une modélisation en vision de run-off est adaptée, car la RM a été établie à chaque date de calcul en fonction de portefeuilles bien dissociés. Une autre compagnie de réassurance devrait donc exiger la somme des RM des différents portefeuilles en run-off pour être en mesure de reprendre les engagements et obligations de ceux-ci.

D'un point de vue strictement mathématique la RM n'est pourtant pas linéaire, car elle est le résultat de l'actualisation des SCR futurs en run-off. Or la non-linéarité du SCR a été déterminée au chapitre précédent. D'un point de vue mathématique, il serait donc nécessaire de recalculer la marge pour risque au niveau consolidé.

Le point de vue mathématique a été retenu dans cette modélisation. La marge pour risque a donc été recalculée au niveau consolidé à l'aide de la méthode de simplification 4.

Jusqu'à présent, l'ensemble des ajustements effectués pour agréger les résultats des différentes modélisations de run-off ont été présentés.

Le titre suivant sera dédié aux résultats de la projection, en scénario central, des provisions techniques et du SCR, ainsi qu'aux résultats de la projection en scénario stressé.

## Titre 6. Analyse des résultats et stress-tests

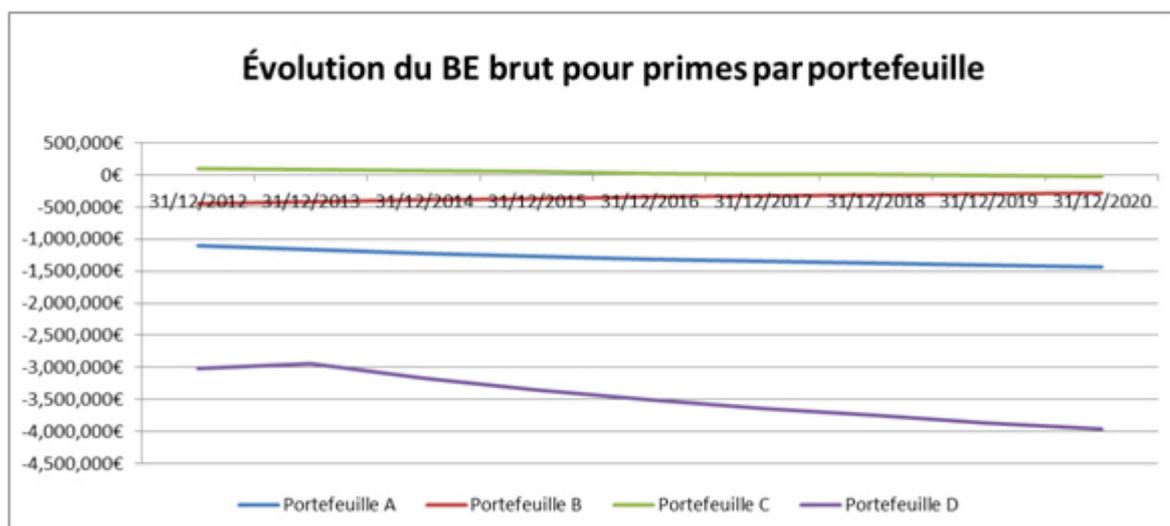
Ce chapitre sera dédié à la présentation des résultats du modèle de projection du SCR et des provisions techniques. D'abord les résultats du scénario central seront exposés (Chapitre 1). Ensuite, l'impact sur le SCR et les provisions techniques lors d'une augmentation générale des ratios sinistres sur primes ultimes bruts sera analysé (Chapitre 2). Ultérieurement, l'incidence d'une dégradation de la réputation d'une des marques de cartes de crédit à travers 3 différents scénarios sur l'évolution du SCR et des provisions techniques sera déterminée (Chapitre 3). Le Chapitre 4 évaluera ensuite les conséquences d'une augmentation des frais généraux sur le SCR et les provisions techniques. Finalement, le Chapitre 5 expose la différence entre un traité d'excédent de pertes en base d'année de survenance et un traité d'excédent de pertes en base d'année comptable au niveau des ratios combinés ultimes bruts. Les résultats de la projection de l'actif et du ratio de couverture seront présentés en annexe 7.

### Chapitre 1. Résultat en scénario central

La projection des provisions techniques et du SCR en scénario central montre l'évolution probable de ces éléments tout au long de la projection.

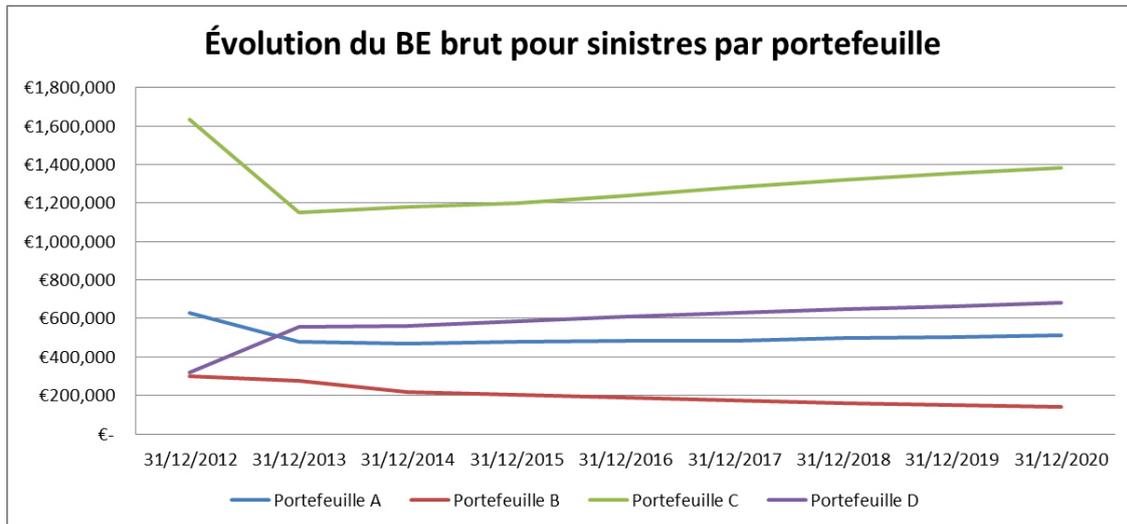
#### Section 1. La projection des provisions techniques

Voici la projection du BE pour primes:



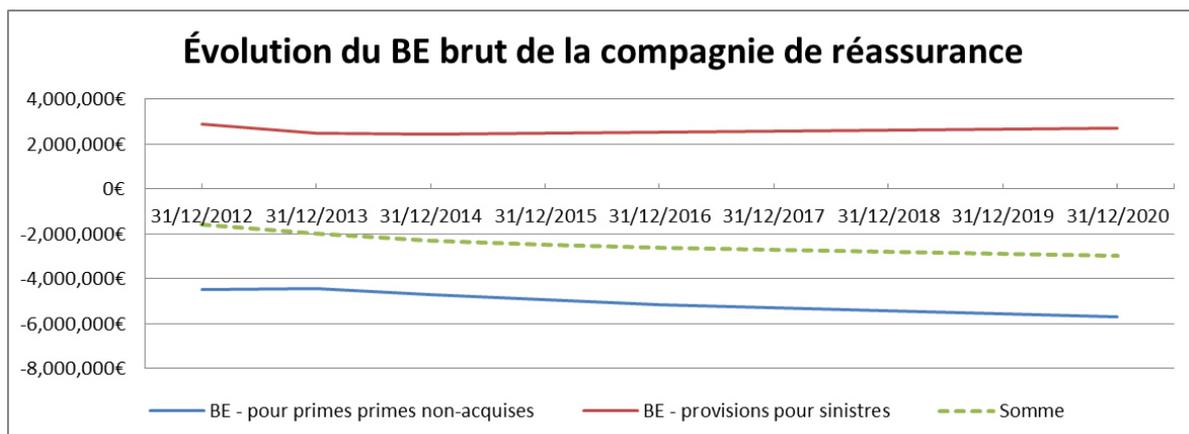
Il peut être constaté que ce BE a une tendance négative, ce qui résulte du fait que le volume de primes global (flux entrant) est en augmentation et que les ratio combinés ultimes bruts diminuent légèrement, car les frais diminuent au cours de la projection. Seul le BE pour primes du portefeuille B augmente, car le volume des primes de ce portefeuille diminue au cours de la projection.

En ce qui concerne l'évolution du BE pour sinistres, une tendance positive devrait donc être constatée au cours de la projection, car l'augmentation du volume de primes, combinée avec des ratios combinés bruts plus ou moins stables, engendre une augmentation de la charge de sinistralité. Voici le résultat graphique:



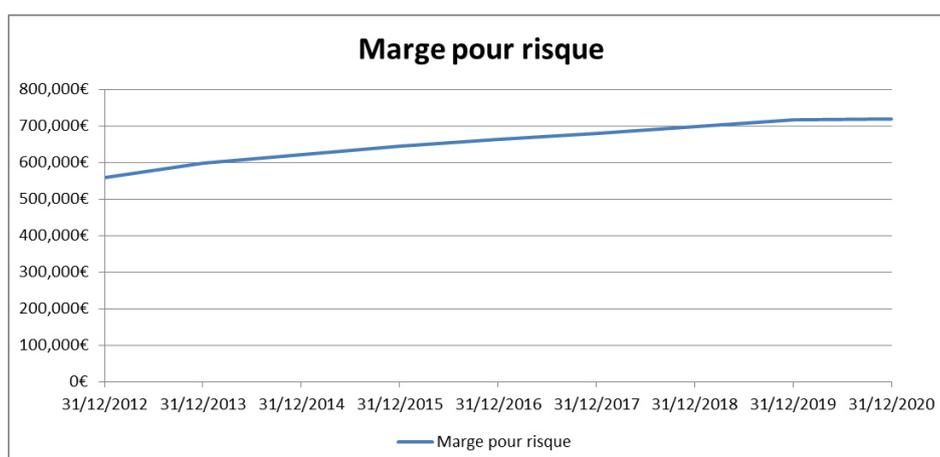
Le raisonnement ci-dessus se vérifie, étant donné que les BE pour sinistres des trois portefeuilles ayant une augmentation du volume de primes au cours de la projection sont en hausse. Puisque l'estimation des ratios combinés ultimes au 31 décembre 2012 impacte le BE pour sinistres uniquement à partir du 31 décembre 2013, des sauts peuvent être observés. A partir du 31 décembre 2012, les ratios combinés ultimes bruts restent plus ou moins constants, ce qui fait qu'il n'y a plus de telles variations.

La somme des deux résultats est présentée au graphique suivant :



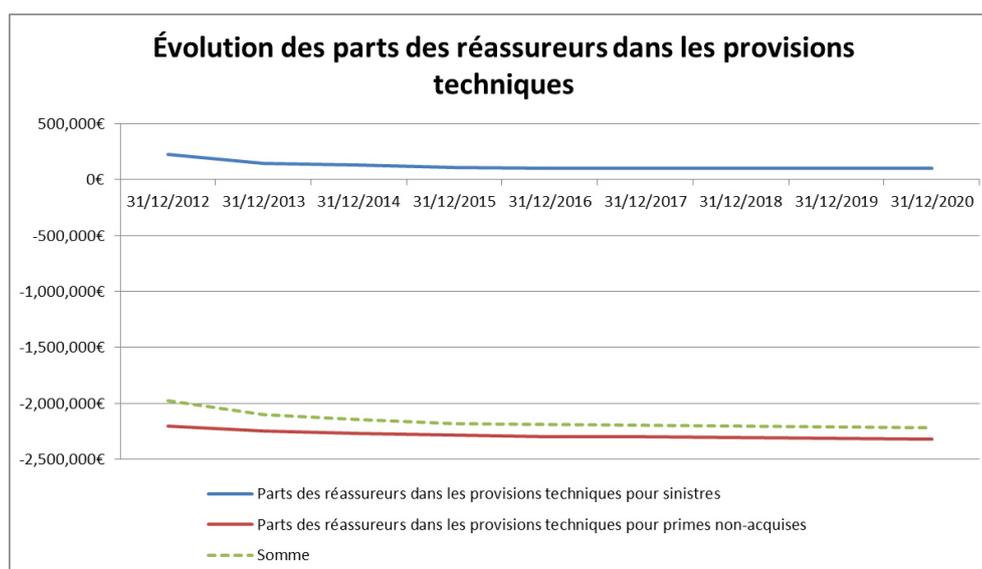
Ce graphique montre encore une fois à quel point les affaires de la compagnie de réassurance sont rentables, car le BE brut global est négatif en scénario central. Il convient cependant de noter que la marge pour risque doit encore être ajoutée, afin que les provisions techniques globales puissent être déterminées.

Voici le résultat de la projection de la marge pour risque obtenue à l'aide de la méthode 4 :



La méthode de calcul 4 de la marge pour risque se base sur la duration au moment du calcul et sur le SCR au moment du calcul. La duration des engagements est la même à chaque moment de calcul, car le modèle suppose que le déroulement de la charge de sinistralité reste la même tout au long de la projection. Le SCR qui constitue le deuxième élément important de ce calcul augmente par contre au cours de la projection, ce qui engendre également une hausse de la marge pour risque au cours de la projection.

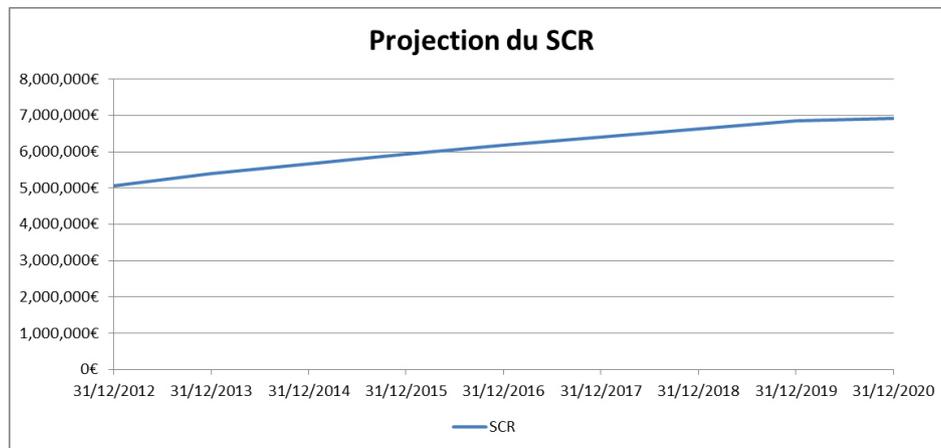
En scénario central, la priorité du traité d'excédent de pertes n'est pas atteinte. Il est donc logique que l'évolution des parts des réassureurs dans les provisions techniques soit largement négative, car l'engagement des réassureurs est quasi nul et que l'engagement de la compagnie de réassurance est très important, car elle doit payer une prime de 2,125 millions d'euros au 1<sup>er</sup> janvier de chaque année :



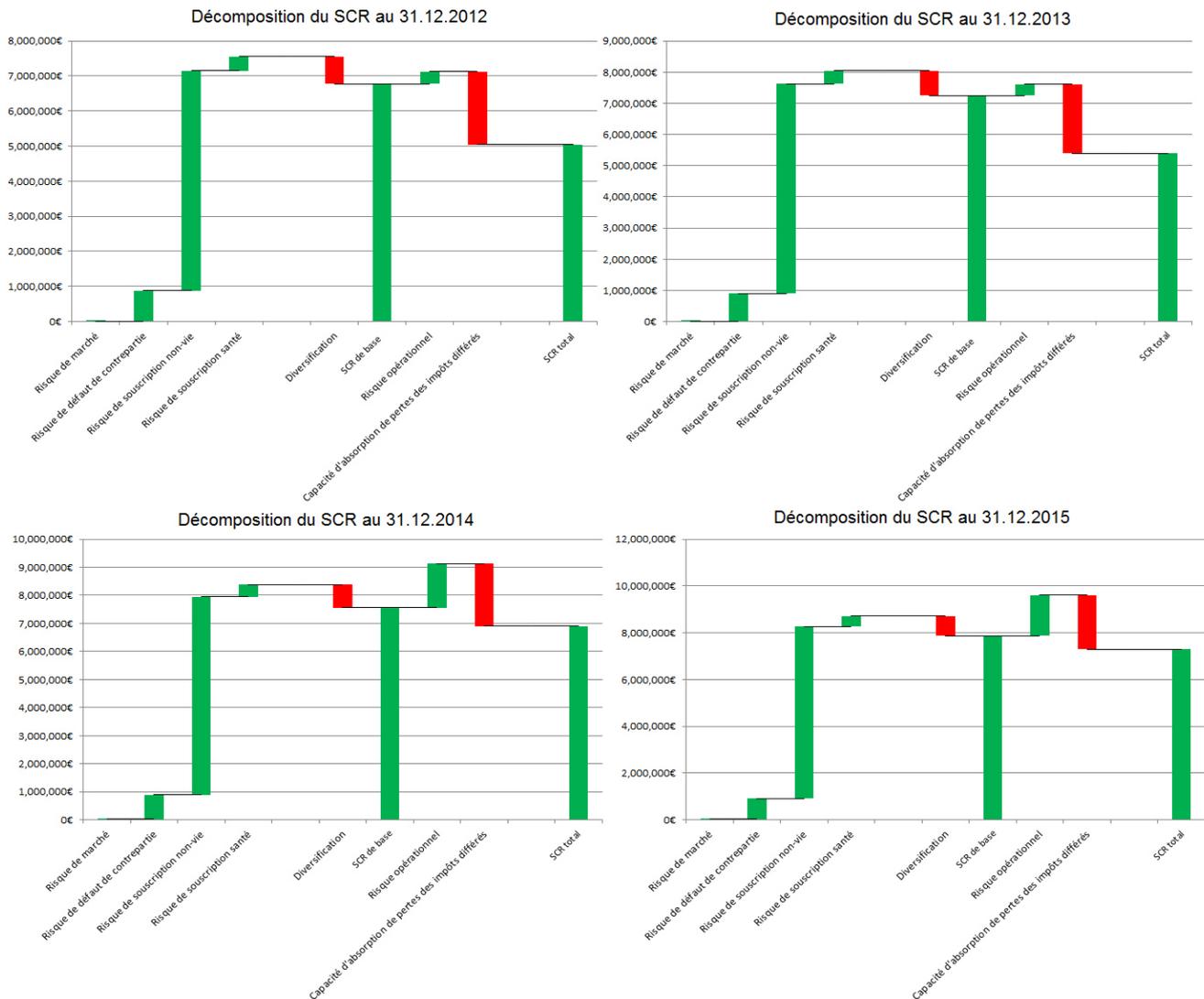
Jusqu'à présent, le résultat de la projection des provisions techniques a été exposé. Par la suite, l'évolution de l'exigence de capital réglementaire sera présentée.

## Section 2. La projection du SCR

En scénario central, l'évolution de l'exigence de capital est la suivante :



La composition exacte du SCR au cours de la projection des quatre premières années est :



Il peut être observé que l'exigence de capital pour risque de souscription non-vie constitue le module de risque le plus important du SCR et que cette exigence augmente au cours de la projection.

L'exigence de capital pour risque de défaut des contreparties est également en hausse.

En ce qui concerne l'exigence de capital pour risque de souscription santé, il faut se rappeler que les portefeuilles B et C sont les seuls qui souscrivent des traités liés à la santé. L'exigence de capital pour risque de souscription santé reste plus ou moins stable, car le volume de primes du portefeuille B est en baisse et que celui du portefeuille C est en hausse.

Adjoindre des stress-tests à la projection des affaires en exploitation continue constitue un objectif de l'ORSA. Les chapitres 2 à 5 présenteront donc les résultats de quelques stress-tests.

Il convient à présent d'étudier l'impact d'une augmentation générale des ratios sinistres sur primes ultimes bruts sur le SCR et les provisions techniques.

## Chapitre 2. L'augmentation générale des S/P

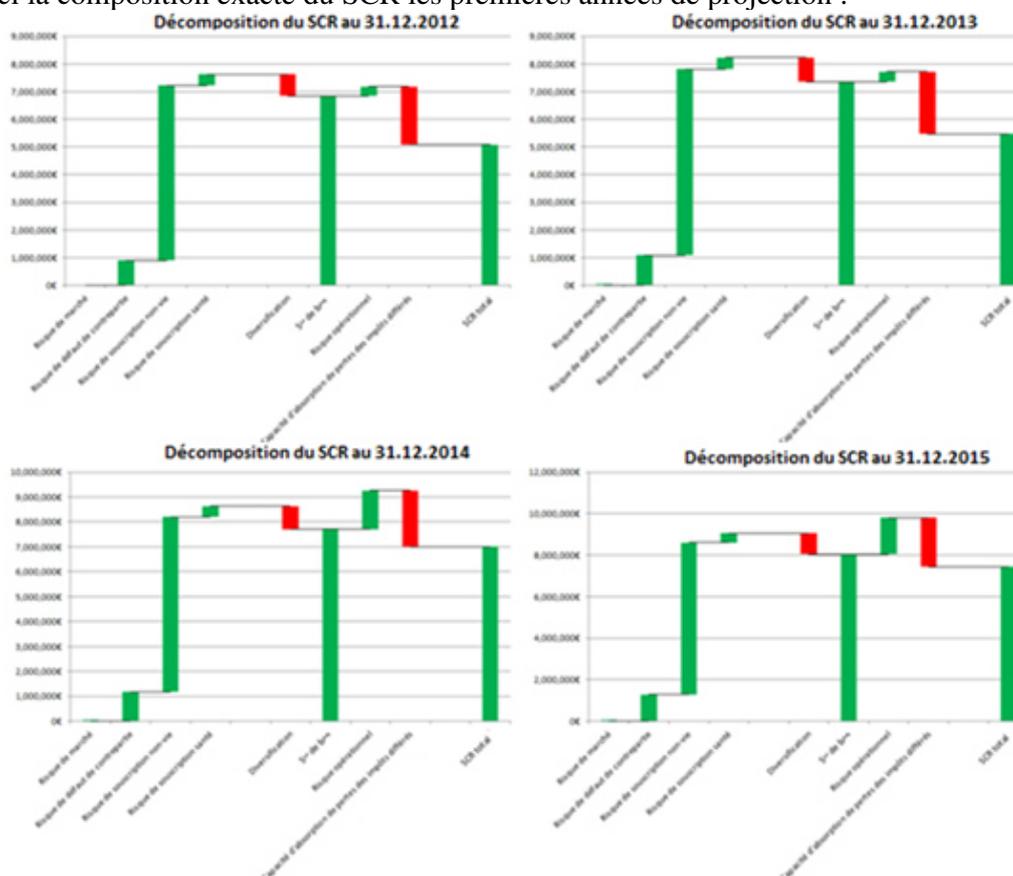
Les stress tests qui font également partie des objectifs d'un ORSA ajoutent de la valeur au modèle de projection des affaires de la compagnie de réassurance en exploitation continue, car ils permettent de détecter d'éventuels scénarios qui pourraient mettre en difficulté la compagnie.

Ce chapitre a pour objet d'étudier l'impact d'une augmentation de 50% des ratios sinistres sur primes ultimes. Un tel scénario pourrait notamment être observé si les clients de la banque étaient davantage sensibilisés à l'existence de différentes assurances lors de la souscription d'une carte de crédit. En effet, beaucoup de clients paient inconsciemment pour une police d'assurance, sans jamais déclarer de sinistres. Ce stress test ne risque d'impacter que marginalement l'évolution du SCR, car même si cette augmentation semble très élevée, le traité de rétrocession d'excédent de pertes couvre la majorité de la charge de sinistralité due à l'augmentation des ratios sinistres sur primes.

L'impact sur le SCR est marginal, car la formule standard se base le plus souvent sur les provisions techniques nettes de réassurance pour calculer les exigences de capital, et les BE nets ne sont que très peu impactés par ce stress test.

En scénario central, la charge de sinistralité ultime était en moyenne de 500.000 € inférieure à la priorité du traité d'excédent de perte. L'augmentation du BE net correspond donc à la charge de sinistralité supplémentaire que prend en charge la compagnie de réassurance avant d'atteindre la priorité du traité d'excédent de pertes.

Voici la composition exacte du SCR les premières années de projection :



Ce stress test donne également la possibilité de déterminer l'impact d'une augmentation des ratios sinistres sur primes ultimes bruts sur les ratios combinés ultimes nets.

Ratio combiné brut ultime en scénario central									Ratio combiné net ultime en scénario central								
Année de survenance	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Année de survenance	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ultimate combined ratio du portefeuille A	50%	50%	49%	49%	49%	49%	48%	48%	Ultimate combined ratio du portefeuille A	59%	58%	57%	57%	56%	56%	55%	55%
Ultimate combined ratio du portefeuille B	42%	42%	42%	42%	41%	41%	41%	41%	Ultimate combined ratio du portefeuille B	52%	53%	52%	52%	52%	52%	52%	52%
Ultimate combined ratio du portefeuille C	102%	102%	101%	101%	101%	101%	100%	100%	Ultimate combined ratio du portefeuille C	130%	130%	128%	126%	125%	124%	124%	123%
Ultimate combined ratio du portefeuille D	28%	28%	28%	28%	27%	27%	27%	27%	Ultimate combined ratio du portefeuille D	33%	32%	32%	31%	31%	31%	30%	30%
Ratio combine brut ultime en scénario choqué									Ratio combine net ultime en scénario choqué								
Année de survenance	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Année de survenance	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ultimate combined ratio du portefeuille A	71%	71%	70%	70%	70%	69%	69%	69%	Ultimate combined ratio du portefeuille A	56%	53%	53%	53%	51%	52%	51%	52%
Ultimate combined ratio du portefeuille B	60%	59%	59%	59%	59%	58%	58%	58%	Ultimate combined ratio du portefeuille B	45%	44%	44%	44%	43%	44%	46%	49%
Ultimate combined ratio du portefeuille C	149%	149%	148%	148%	148%	148%	147%	147%	Ultimate combined ratio du portefeuille C	146%	140%	140%	142%	136%	139%	135%	140%
Ultimate combined ratio du portefeuille D	39%	38%	38%	38%	37%	37%	37%	37%	Ultimate combined ratio du portefeuille D	39%	38%	38%	38%	37%	37%	37%	37%

Il peut être constaté qu'en scénario choqué les ratios combinés nets ultimes de trois portefeuilles diminuent, même si les ratios combinés bruts augmentent. Cela est dû au fait qu'il y a une augmentation relative des ratios combinés bruts, qui engendre un impact absolu sur le portefeuille C qui est donc plus important que pour les autres portefeuilles.

La charge de sinistralité qui est à charge de la réassurance est donc imputée aux différents portefeuilles proportionnellement à la charge de sinistralité individuelle. Ce stress test permet de mettre en évidence le lien créé entre les quatre portefeuilles par le traité d'excédent de pertes.

En scénario choqué, les ratios combinés bruts sont supérieurs aux ratios combinés nets, ce qui signifie que la charge de sinistralité prise en charge par la réassurance est supérieure à la prime de rétrocession payée par la compagnie de réassurance. Il est cependant probable que le traité de rétrocession ne soit pas reconduit avec les mêmes termes au 1<sup>er</sup> janvier 2015, en cas de survenance d'un tel scénario. Les termes seraient vraisemblablement renégociés avec une augmentation de la priorité. Il est également intéressant de noter que trois des quatre portefeuilles restent rentables, même si les ratios sinistres sur primes augmentent de 50%.

Il peut donc être conclu que la compagnie n'est pas très exposée au risque d'une augmentation des ratios sinistres sur primes ultimes, car son programme de réassurance est très efficace. Il est cependant nécessaire de se rappeler que le traité de rétrocession va devoir être reconduit au 1<sup>er</sup> janvier 2015.

Le prochain chapitre sera consacré à l'évaluation du risque de réputation présenté lors de l'analyse du profil de risque de la compagnie de réassurance.

## Chapitre 3. L'exposition au risque de réputation

---

Lors de l'identification du profil de risque de la compagnie de réassurance, trois scénarios différents ont été identifiés :

- Une dégradation de la réputation d'une marque de cartes de crédit engendrant une baisse du chiffre d'affaires de cette marque. Les autres marques absorbent la clientèle et leur chiffre d'affaires augmente.
- Une dégradation de la réputation d'une marque de cartes de crédit engendrant une diminution de la réputation des cartes de crédit en général. Une baisse globale des primes émises de la compagnie de réassurance en serait la conséquence. (Le portefeuille A ne serait toutefois pas directement affecté.)
- Une dégradation de la réputation d'une marque de crédit n'impactant pas la réputation des autres marques.

La marque de cartes de crédit du portefeuille C est la plus exposée au risque de réputation. Comme exposé précédemment, une baisse du chiffre d'affaires du portefeuille C aurait donc un impact positif sur le résultat de la compagnie de réassurance.

Cependant, il convient de penser également aux conséquences pour la banque. Le partenariat avec la marque du portefeuille C amène beaucoup d'affaires à la banque, c'est pour cette raison que le groupe est prêt à accepter des pertes au niveau de la compagnie de réassurance, car ces pertes sont largement compensées au niveau du groupe.

A cause d'un manque de données, il n'est pas possible de quantifier l'impact qu'aurait une dégradation de la réputation de la marque du portefeuille C sur la banque. L'impact du risque de réputation est donc uniquement considéré au niveau de la compagnie de réassurance.

Etant donné qu'une dégradation de la réputation de la marque du portefeuille C serait bénéfique pour la compagnie de réassurance, il est plus pertinent d'analyser la dégradation de réputation de la marque de carte de crédit d'un autre portefeuille, même si cette dégradation est moins probable.

Il convient à présent d'étudier les trois scénarios dégagés ci-dessus.

### Section 1. Hypothèse 1 : Les primes du portefeuille B ou D diminuent et les primes des autres portefeuilles augmentent

---

Une diminution des primes émises correspondant au portefeuille B ou D engendre une baisse du bénéfice futur probable, car une partie du volume d'affaires perdu est absorbée par le portefeuille C qui a un ratio combiné ultime supérieur à 100%, ce qui engendrerait donc un impact négatif sur le résultat de la compagnie de réassurance..

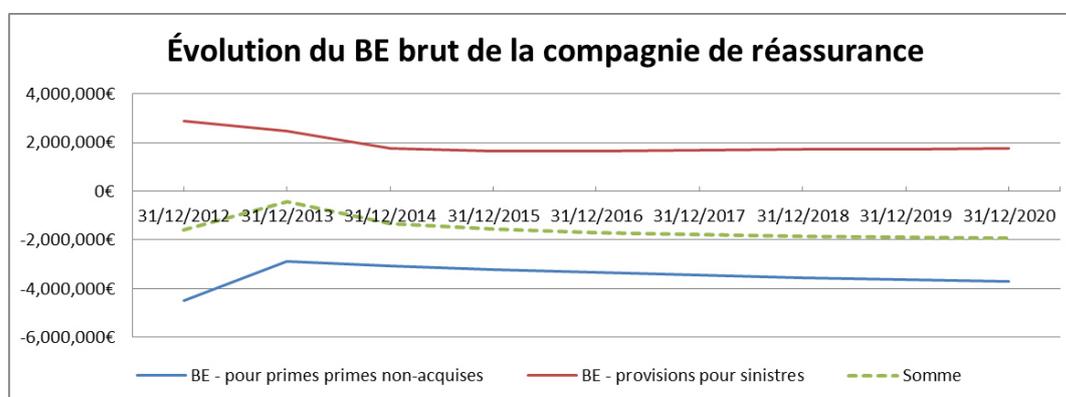
L'impact d'une telle diminution sur les provisions techniques serait une légère augmentation du BE pour sinistres et une augmentation du BE pour primes. Cela se traduirait par une légère augmentation des modules de risques qui utilisent le BE pour sinistres comme paramètre de calcul.

L'impact sur l'évolution des provisions techniques et du SCR n'étant pas matériel, les résultats ne sont donc pas présentés ici.

Il convient à présent d'étudier la seconde hypothèse.

## Section 2. Hypothèse 2 : Baisse globale des primes due à une perte de réputation

Une baisse des primes émises futures de 35% est analysée dans cette section. Lors de ce stress test, les ratios combinés ultimes restent inchangés. Les portefeuilles A, B et D restent rentables, même si une baisse du chiffre d'affaires se traduit par une baisse des bénéfices probables futurs. Logiquement, ce stress test devrait rapprocher le BE global vers 0, car le BE pour sinistres serait inférieur au BE pour sinistres en scénario central, et le BE pour primes serait supérieur au BE pour primes en scénario central. Voici le résultat graphique :



Le raisonnement ci-dessus se vérifie, car le BE global ('Somme' dans le graphique) s'est rapproché de 0.

La réduction du BE brut pour sinistres et donc du BE net pour sinistres, car la priorité du traité d'excédent de pertes n'est pas atteinte lors de ce stress-test, engendre une baisse des modules de risques qui utilisent le BE pour sinistres comme paramètre.

Les primes sont également moins élevées qu'en scénario central, ce qui engendre une baisse des modules de risques qui prennent la prime en paramètre. Cela se traduit donc par une baisse du SCR.

Lors de l'analyse de cette hypothèse, un recul des bénéfices probables futurs a pu être constaté, mais le flux entrant suffit cependant encore largement pour payer les charges courantes. Une baisse constante du volume d'affaires aurait probablement pour conséquence une modification du programme de réassurance, ce qui permettrait de réduire le montant de la prime de récession.

Le risque de réputation du point de vue de l'hypothèse 2 serait donc surtout un frein au développement de la compagnie de réassurance, mais ne mettrait pas en danger sa solvabilité future.

Il convient à présent d'étudier la troisième hypothèse.

### Section 3. Hypothèse 3 : Baisse du chiffre d'affaires d'un seul portefeuille

---

La baisse du chiffre d'affaires d'un seul portefeuille affecterait les bénéfices probables futurs de la compagnie de réassurance positivement si le ratio combiné ultime du portefeuille en question est supérieur à 100% et l'impacterait négativement si le ratio combiné ultime du portefeuille en question est inférieur à 100%.

L'impact sur le BE peut également être identifié. En effet, une baisse du chiffre d'affaires rapproche le BE global du portefeuille en question de 0. Il s'agit du même raisonnement qu'à la section 2, mais au niveau d'un seul portefeuille.

En suivant la logique décrite à la section 2, une baisse du SCR, due à la baisse des primes futures d'un portefeuille donné et du BE pour sinistres du même portefeuille, serait donc observée.

L'impact sur l'évolution du SCR et des provisions techniques si l'hypothèse 3 se réalisait serait similaire à l'impact de la réalisation de l'hypothèse 2, mais il s'agirait cependant d'un choc moins important, car il impacterait uniquement un seul portefeuille.

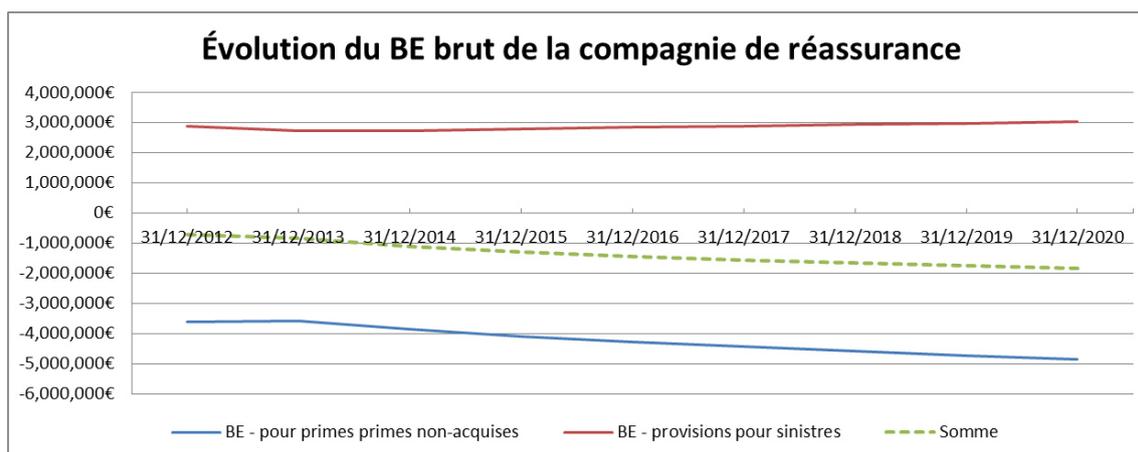
En conclusion, l'hypothèse 2 constituerait le plus grand frein au développement de la compagnie de réassurance. Cependant, aucune hypothèse ne met la solvabilité de la compagnie de réassurance particulièrement en danger.

Par la suite, un stress test quantifiant l'impact d'une augmentation des frais généraux sera présenté.

## Chapitre 4. Stress test sur les frais

Le stress test sur les frais simule une augmentation des frais généraux de 100%. Cette analyse permet surtout d'évaluer l'impact d'une erreur d'estimation des frais futurs.

Une telle augmentation des frais se traduirait par une augmentation des ratios combinés ultimes bruts et nets. Cela engendrerait une augmentation du BE pour primes et une augmentation du BE pour sinistres au cours de la projection :



Il est intéressant de noter que la charge de sinistralité prise en charge par le réassureur est inférieure au montant de la prime de rétrocession payée par la compagnie de réassurance, comme le montre le tableau suivant :

Ratio combiné brut ultime en scénario central								Ratio combiné net ultime en scénario central									
Année de survenance	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Année de survenance	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ultimate combined ratio du portefeuille A	50%	50%	49%	49%	49%	49%	48%	48%	Ultimate combined ratio du portefeuille A	59%	58%	57%	57%	56%	56%	55%	55%
Ultimate combined ratio du portefeuille B	42%	42%	42%	42%	41%	41%	41%	41%	Ultimate combined ratio du portefeuille B	52%	53%	52%	52%	52%	52%	52%	52%
Ultimate combined ratio du portefeuille C	102%	102%	101%	101%	101%	101%	100%	100%	Ultimate combined ratio du portefeuille C	130%	130%	128%	126%	125%	124%	124%	123%
Ultimate combined ratio du portefeuille D	28%	28%	28%	28%	27%	27%	27%	27%	Ultimate combined ratio du portefeuille D	33%	32%	32%	31%	31%	31%	30%	30%
Ratio combine brut ultime en scénario choqué								Ratio combine net ultime en scénario choqué									
Année de survenance	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Année de survenance	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ultimate combined ratio du portefeuille A	57%	57%	56%	55%	55%	55%	54%	54%	Ultimate combined ratio du portefeuille A	66%	78%	76%	74%	73%	72%	71%	70%
Ultimate combined ratio du portefeuille B	50%	49%	49%	48%	48%	47%	47%	47%	Ultimate combined ratio du portefeuille B	59%	72%	71%	70%	69%	68%	68%	68%
Ultimate combined ratio du portefeuille C	109%	109%	108%	108%	107%	107%	106%	106%	Ultimate combined ratio du portefeuille C	137%	171%	166%	162%	159%	157%	155%	153%
Ultimate combined ratio du portefeuille D	36%	35%	35%	34%	34%	33%	33%	33%	Ultimate combined ratio du portefeuille D	40%	46%	44%	43%	42%	41%	41%	40%

Les ratios combinés nets en scénario choqué sont toujours supérieurs aux ratios combinés bruts.

L'évolution du SCR ne sera pas traitée ici, car le raisonnement est identique à celui d'une augmentation générale de ratios sinistres sur primes ultimes traité au chapitre 2.

Il convient donc de conclure qu'une augmentation de 100% des primes aurait un impact sur les affaires de la compagnie de réassurance, car le traité d'excédent de pertes serait atteint. Il s'agit cependant d'une augmentation importante, or il semble peu probable que les frais généraux atteignent des niveaux allant jusqu'à 15% de la prime brute.

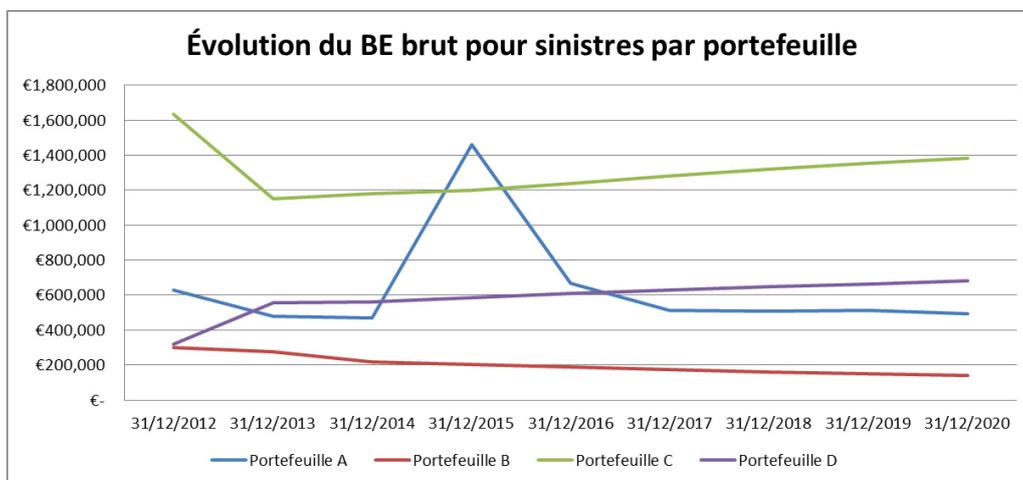
À présent, l'impact d'un stress test ponctuel sur le ratio sinistres sur primes ultime du portefeuille A est évalué.

## Chapitre 5. Stress test ponctuel sur le portefeuille A

Ce stress test évalue l'impact d'une augmentation de 300% du ratio sinistres sur primes ultime de l'année de survenance 2015 du portefeuille A. D'abord l'impact sur le traité d'excédent de pertes en base d'année de survenance est analysé (Section 1) et ensuite la même analyse est effectuée sur le même traité de rétrocession, mais en base d'année comptable (Section 2).

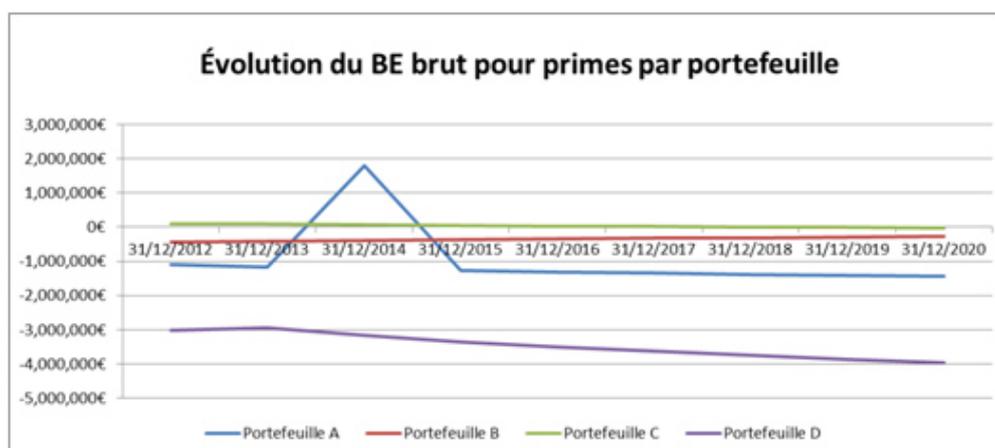
### Section 1. Traité d'excédent de pertes en base d'année de survenance

L'impact sur l'évolution du BE brut pour sinistres est le suivant :

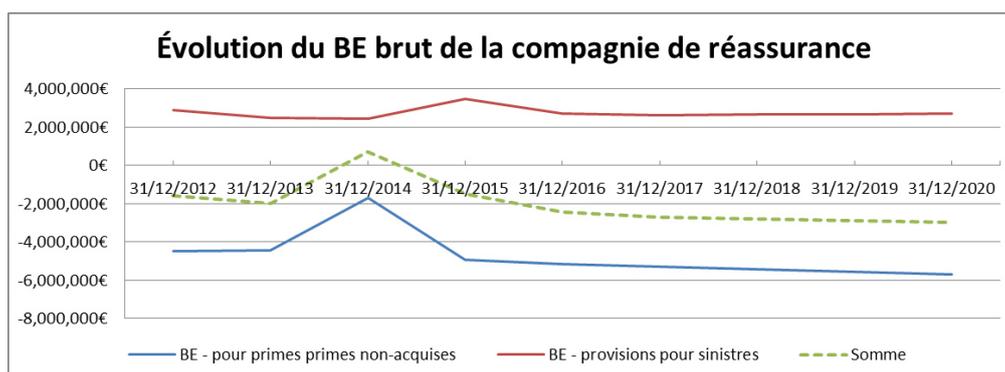


Une augmentation du BE pour sinistres au 31 décembre 2015 est observée. Cette augmentation de la charge de sinistralité a également un impact sur la valeur du BE pour sinistres au 31 décembre 2016. Au 31 décembre 2017, le BE pour sinistres retrouve plus ou moins la même valeur qu'en scénario central, car le déroulement de la charge de sinistralité du portefeuille A est très rapide.

En ce qui concerne le BE pour primes, l'augmentation impacte uniquement la valeur du BE pour primes au 31 décembre 2014 :

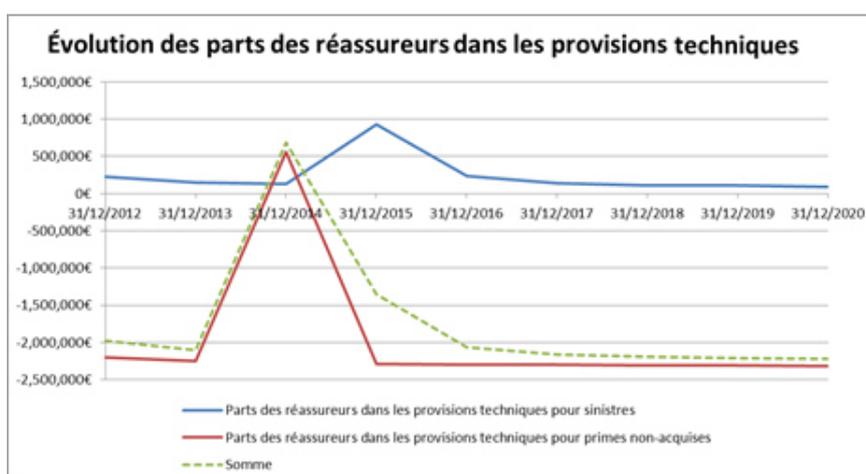


L'évolution du BE global est la suivante :



Il convient de constater que le BE global est uniquement positif au 31 décembre 2014. La compagnie de réassurance se rétablit alors très vite de ce choc, car le déroulement de la charge de sinistralité est rapide.

Bien évidemment la priorité du traité d'excédent de pertes est atteinte (et dépassée) et la réassurance va devoir prendre en charge une partie de la charge de sinistralité :



Le lien qui est créé entre les différents portefeuilles à cause du traité d'excédent de pertes peut être mis en évidence à l'aide du tableau suivant :

Ratio combiné net ultime en scénario central								
Année de survenance	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ultimate combined ratio net du portefeuille A	59%	58%	57%	57%	56%	56%	55%	55%
Ultimate combined ratio net du portefeuille B	52%	53%	52%	52%	52%	52%	52%	52%
Ultimate combined ratio net du portefeuille C	130%	130%	128%	126%	125%	124%	124%	123%
Ultimate combined ratio net du portefeuille D	33%	32%	32%	31%	31%	31%	30%	30%
Ratio combiné net ultime en scénario stressé								
Année de survenance	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ultimate combined ratio net du portefeuille A	59%	58%	140%	57%	56%	56%	55%	55%
Ultimate combined ratio net du portefeuille B	52%	53%	34%	52%	52%	52%	52%	52%
Ultimate combined ratio net du portefeuille C	130%	130%	104%	126%	125%	124%	124%	123%
Ultimate combined ratio net du portefeuille D	33%	32%	21%	31%	31%	31%	30%	30%

Puisque le traité d'excédent de perte est en base d'année de survenance, le choc du stress test impacte uniquement les ratios combinés ultimes de l'année de survenance 2015.

Le ratio sinistres sur primes ultime du portefeuille A est le seul qui a subi une augmentation, mais cela impacte les ratios combinés ultimes nets des autres portefeuilles à travers le traité d'excédent de pertes.

Les trois autres portefeuilles sont donc plus rentables en scénario choqué qu'en scénario central, mais le portefeuille A l'est beaucoup moins. Le tableau suivant montre l'impact de la réassurance sur le ratio combiné net ultime du portefeuille A :

	2015
S/P ou Claims Ratio	167%
Prime brut	2,427,524.01€
S/P * Premium	4,061,032.41€
Combined Ratio brut used	175%
Prime nette	2,035,472.82€
Combined Ratio net used	140%
Combined Ratio net before reinsurance	207%

À la section suivante une analyse similaire a été effectuée, mais en supposant que le traité d'excédent de pertes soit en base d'année comptable.

## Section 2. Traité d'excédent de pertes en base d'année comptable

Cette section se limitera à l'étude de l'impact de l'augmentation du ratio sinistres sur primes ultimes de 2015 sur les ratios combinés nets ultimes, afin qu'il soit possible de comparer le traité en base d'année comptable avec celui en base d'année de survenance. Voici le tableau récapitulatif :

Ratio combiné net ultime en scénario central								
Année de survenance	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ultimate combined ratio net du portefeuille A	59%	58%	57%	57%	56%	56%	55%	55%
Ultimate combined ratio net du portefeuille B	52%	53%	52%	52%	52%	52%	52%	52%
Ultimate combined ratio net du portefeuille C	130%	130%	128%	126%	125%	124%	124%	123%
Ultimate combined ratio net du portefeuille D	33%	32%	32%	31%	31%	31%	30%	30%
Ratio combiné net ultime en scénario stressé								
Année de survenance	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ultimate combined ratio net du portefeuille A	58%	56%	178%	55%	56%	56%	55%	55%
Ultimate combined ratio net du portefeuille B	52%	50%	46%	51%	52%	52%	52%	52%
Ultimate combined ratio net du portefeuille C	129%	126%	108%	122%	125%	124%	124%	123%
Ultimate combined ratio net du portefeuille D	32%	30%	29%	31%	31%	31%	30%	30%

Ce tableau permet de montrer que le choc sur le ratio sinistres sur primes d'une année de survenance, a un impact sur les ratios combinés nets ultimes des autres années de survenance,

lorsque le traité d'excédent de pertes est en base d'année comptable. Ce raisonnement est pertinent, car la charge de sinistralité prise en charge par la réassurance lorsque la priorité est dépassée doit être répartie sur les différentes années de survenance.

Ce chapitre a permis de mettre en évidence la différence au niveau des ratios combinés nets ultimes d'un traité en base d'année de survenance et d'un traité en base d'année comptable. La mise en place d'un modèle qui se base sur un traité en base d'année de survenance est beaucoup plus simple, car il suffit de recenser les flux générés par les traités d'une année de souscription.

Au niveau du BE et du SCR, il n'y a pas de différence matérielle entre un traité d'excédent de perte en base d'année de survenance ou en base d'année comptable pour la compagnie de réassurance, car le déroulement de la sinistralité est très rapide et que le développement des affaires d'une année à l'autre est assez stable.

En clôturant ce dernier chapitre consacré à la réalisation d'un stress-test ponctuel sur le portefeuille A, ce mémoire est achevé. Il convient donc de clore ce mémoire par une conclusion.

## Conclusion

Ce mémoire a consisté en la mise au point d'un modèle de projection qui permet de décomposer la problématique de la projection des affaires d'une compagnie d'assurance ou de réassurance en exploitation continue. Il s'agit donc d'un modèle universel qui peut facilement être implémenté par n'importe quelle compagnie d'assurance non-vie ou de réassurance non-vie.

Il est également envisageable d'étendre ce modèle de projection à de nouvelles affaires. Il suffirait simplement d'estimer le déroulement de la charge de sinistralité, les ratios combinés ultimes et les primes du nouveau portefeuille. Ensuite le tout devrait être intégré au modèle de l'année où le nouveau type de contrat a été commercialisé.

Ainsi ce modèle de projection pourrait être employé pour réaliser un autre objectif de l'ORSA.

La décomposition de la projection permet également d'effectuer une multitude de stress tests. Des stress tests ponctuels sur une année d'affaires ou des stress tests tout au long de la projection peuvent facilement être réalisés, ce qui est très utile pour optimiser le pilotage stratégique de la compagnie.

Plus spécifiquement, l'application du modèle à la compagnie de réassurance en question lui permet de mettre en évidence l'évolution probable de l'exigence de capital réglementaire et des provisions techniques. Les stress tests inclus dans l'outil permettent également à la compagnie de réassurance de déterminer une stratégie commerciale et un programme de récession optimal.

La combinaison de l'analyse du profil de risque et des résultats du modèle permet à la compagnie de réassurance d'avoir un contrôle interne renforcé qui permet d'objectiviser certaines décisions du top management.

Le modèle permet également d'analyser l'impact du lien que crée un programme de récession non-proportionnel, qui couvre plusieurs portefeuilles à la fois, entre ces portefeuilles. L'analyse de ce lien a cependant plus un intérêt académique que pratique.

Ce mémoire expose donc un modèle relativement simple, qui est adapté à la nature et à la taille des risques du cas étudié, mais l'est moins pour des compagnies de taille plus importante.

Plusieurs pistes sont envisageables pour améliorer le modèle.

Tout d'abord, la projection des ratios sinistres sur primes peut être améliorée.

Le modèle de l'actif peut également être amélioré pour minimiser l'erreur d'estimation faite lors du calcul de l'exigence de capital pour risque de défaut des contreparties et pour avoir une projection fiable du ratio de couverture future. A l'aide d'une estimation fiable de l'actif, il serait possible de déterminer une estimation du résultat comptable et il serait alors envisageable d'ajouter un modèle de paiements de dividendes.

Une dernière piste d'amélioration serait le développement d'un modèle des taux plus puissant qui permettrait d'avoir une estimation plus efficace des courbes des taux sans risque futures. Il convient cependant de noter que la majorité de ces améliorations nécessitent des données supplémentaires qui n'étaient malheureusement pas disponible au moment du développement du modèle.

## Table des figures

Figure 1 :	Le bilan simplifié sous Solvabilité I	p.11
Figure 2 :	Le bilan simplifié sous Solvabilité II	p.15
Figure 3 :	Les trois piliers de la directive Solvabilité II	p.17
Figure 4 :	Cash-flow pour le calcul du BE	p.19
Figure 5 :	Arborescence du SCR	p.22
Figure 6 :	Calcul de la variation de l'actif net	p.23
Figure 7 :	Les quatre fonctions clés	p.26
Figure 8 :	Décomposition de l'appétence au risque	p.29
Figure 9 :	Objectifs principaux d'un FLAOR	p.31
Figure 10 :	Le périmètre du mémoire	p.32
Figure 11 :	Les branches d'activités des quatre portefeuilles	p.34
Figure 12 :	Charge de sinistralité en scénario central	p.37
Figure 13 :	Charge de sinistralité en scénario choqué	p.38
Figure 14 :	Arborescence du SCR spécifique à la compagnie de réassurance	p.38
Figure 15 :	L'actif de la compagnie de réassurance	p.39
Figure 16 :	Détail des contreparties	p.41
Figure 17 :	Illustration du run-off	p.44
Figure 18 :	Illustration simplifiée de la décomposition du modèle	p.45
Figure 19 :	Illustration détaillée de la décomposition du modèle	p.46
Figure 20 :	Illustration de l'activité en run-off de la compagnie de réassurance initiale	p.50
Figure 21 :	Illustration du calcul de BE à différentes dates de calculs	p.51
Figure 22 :	Probabilité de défaut en fonction du rating et du « credit quality step »	p.53
Figure 23 :	Comparaison des courbes des taux sans risques	p.55
Figure 24 :	Évolution du BE brut pour sinistres par portefeuille de la compagnie de réassurance en run-off	p.56
Figure 25 :	Évolution du BE brut pour primes par portefeuille de la compagnie de réassurance en run-off	p.57
Figure 26 :	Évolution du BE brut de la compagnie de réassurance en run-off	p.58
Figure 27 :	Évolution des parts de réassureurs dans les provisions techniques pour sinistres (run-off)	p.58
Figure 28 :	Évolution des parts de réassureurs dans les provisions techniques pour primes (run-off)	p.59
Figure 29 :	Évolution des parts de réassureurs dans les provisions techniques (run-off)	p.59
Figure 30 :	Projection de l'exigence de capital pour risque de taux d'intérêts de la compagnie de réassurance en run-off	p.61
Figure 31 :	Projection de l'exigence de capital pour risque de primes et réserves (non-vie) de la compagnie de réassurance en run-off	p.62
Figure 32 :	Projection de l'exigence de capital pour risque de rachat (non-vie) de la compagnie de réassurance en run-off	p.63
Figure 33 :	Projection de l'exigence de capital pour risque de catastrophe (non-vie) de la compagnie de réassurance en run-off	p.65

Figure 34 :	Projection de l'exigence de capital pour risque de souscription non-vie de la compagnie de réassurance en run-off	p.65
Figure 35 :	Projection de l'exigence de capital pour risque de primes et réserves (santé) de la compagnie de réassurance en run-off	p.66
Figure 36 :	Projection de l'exigence de capital pour risque de rachat (santé) de la compagnie de réassurance en run-off	p.66
Figure 37 :	Projection de l'exigence de capital pour risque de catastrophe (santé) de la compagnie de réassurance en run-off	p.67
Figure 38 :	Projection de l'exigence de capital pour risque de souscription santé de la compagnie de réassurance en run-off	p.68
Figure 39 :	Détail des contreparties de la compagnie de réassurance au 31 décembre 2012	p.68
Figure 40 :	Projection de l'exigence de capital pour risque de défaut des contreparties de la compagnie de réassurance en run-off	p.69
Figure 41 :	Projection de l'exigence de capital de solvabilité requis de base de la compagnie de réassurance en run-off	p.70
Figure 42 :	Projection de l'exigence de capital pour risque opérationnel de la compagnie de réassurance en run-off	p.71
Figure 43 :	Évolution de la capacité d'absorption des pertes par les impôts différés de la compagnie de réassurance en run-off	p.73
Figure 44 :	Évolution du SCR de la compagnie de réassurance en run-off	p.74
Figure 45 :	Composition détaillée du SCR à différentes dates de calcul de la compagnie de réassurance en run-off	p.75
Figure 46 :	Comparaison de l'évolution de la RM par deux méthodes de calcul	p.76
Figure 47 :	Comparaison des primes brutes centrés réduites à la fonction de répartition de la loi normale	p.78
Figure 48 :	QQplot de l'échantillon de primes brutes du portefeuille A	p.78
Figure 49 :	Statistique de test du test de Dixon	p.80
Figure 50 :	L'échantillon des primes brutes du portefeuille A	p.81
Figure 51 :	Projection des primes brutes du portefeuille A	p.81
Figure 52 :	Représentation graphique de la projection des primes brutes du portefeuille A	p.81
Figure 53 :	L'échantillon des primes brutes du portefeuille B	p.82
Figure 54 :	Projection des primes brutes du portefeuille B	p.82
Figure 55 :	Représentation graphique de la projection des primes brutes du portefeuille B	p.82
Figure 56 :	L'échantillon des primes brutes du portefeuille C	p.82
Figure 57 :	Projection des primes brutes du portefeuille C	p.82
Figure 58 :	Représentation graphique de la projection des primes brutes du portefeuille C	p.83
Figure 59 :	L'échantillon des primes brutes du portefeuille D	p.83
Figure 60 :	Projection des primes brutes du portefeuille D	p.83
Figure 61 :	Représentation graphique de la projection des primes brutes du portefeuille D	p.83
Figure 62 :	Estimation des frais de gestion ultimes par année de survenance	p.88
Figure 63 :	Estimation des frais d'acquisition ultimes par année de survenance	p.88
Figure 64 :	Les frais généraux en pourcentage de la prime brute globale	p.88
Figure 65 :	Représentation des ratios combinés bruts en scénario central	p.88
Figure 66 :	Exemple de calcul d'un traité de réassurance en base d'année de survenance	p.89

Figure 67 :	Exemple de calcul d'un traité de réassurance en base d'année comptable	p.90
Figure 68 :	Représentation des ratios combinés nets en scénario central	p.91
Figure 69 :	Évolution du BE brut pour primes par portefeuille de la compagnie de réassurance en exploitation continue	p.98
Figure 70 :	Évolution du BE brut pour sinistres par portefeuille de la compagnie de réassurance en exploitation continue	p.99
Figure 71 :	Évolution du BE brut de la compagnie de réassurance en exploitation continue	p.99
Figure 72 :	Projection de la marge pour risque de la compagnie de réassurance en exploitation continue	p.100
Figure 73 :	Évolution des parts de réassureurs dans les provisions techniques (exploitation continue)	p.100
Figure 74 :	Projection du SCR de la compagnie de réassurance en exploitation continue	p.101
Figure 75 :	Composition détaillée du SCR à différentes dates de calcul de la compagnie de réassurance en exploitation continue	p.101
Figure 76 :	Composition détaillée du SCR à différentes dates de calcul de la compagnie de réassurance en exploitation continue (choc sur les S/P)	p.103
Figure 77 :	Comparaison des ratios combinés ultimes bruts et nets avant et après choc (choc sur les S/P)	p.104
Figure 78 :	Évolution du BE brut de la compagnie de réassurance en scénario choqué (risque de réputation)	p.106
Figure 79 :	Évolution du BE brut de la compagnie de réassurance en scénario choqué (choc sur les frais futurs)	p.108
Figure 80 :	Comparaison des ratios combinés ultimes bruts et nets avant et après choc	p.108
Figure 81 :	Évolution du BE brut pour sinistres en scénario choqué (choc ponctuel sur le portefeuille A)	p.110
Figure 82 :	Évolution du BE brut pour primes en scénario choqué (choc ponctuel sur le portefeuille A)	p.110
Figure 83 :	Évolution du BE brut en scénario choqué (choc ponctuel sur le portefeuille A)	p.111
Figure 84 :	Évolution des parts de réassureurs dans les provisions techniques en scénario choqué (choc ponctuel sur le portefeuille A)	p.111
Figure 85 :	Impact d'un choc ponctuel sur les ratios combinés ultimes nets lorsque le traité d'excédent de pertes est en base d'année de survenance	p.111
Figure 86 :	Détail de l'Impact de la réassurance sur la ratio combiné ultime de l'année de survenance 2015	p.112
Figure 87 :	Impact d'un choc ponctuel sur les ratios combinés ultimes nets lorsque le traité d'excédent de pertes est en base comptable	p.112

## Bibliographie :

### Ouvrages:

B. IGLEWICZ and D. C. HOAGLIN. "How to Detect and Handle Outliers". Vol 16. Milwaukee (Wisconsin) : ASQC Quality Press, 1993. 87 pages.

### Articles de recherche:

LOISEL Stéphane et MILHAUD Xavier,[2011] , "From deterministic to stochastic surrender risk models : impact of correlation crises on economic capital". *European Journal of Operational Research*, Volume 214, Issue 2, 16 October 2011, Pages 348-357

BONNIN François, PLANCHET Frédéric et JUILLARD Marc,[2014] , " Best estimate calculations of savings contracts by closed formulas: application to the ORSA". *European Actuarial Journal*, Volume 4, Issue 1, July 2014, Pages 181 -196

A. SMITH and T. WILSON, [2001], "Fitting Yield Curves with Long Term Constraints". *Research Notes Bacon and Woodrow*.

W.J. DIXON, [1950], "Analysis of Extreme Values ". *The Annals of Mathematical Statistics*, Volume 21, Number 4, pages 488-506

V. KOLMOGOROV and N. SMIRNOV, [1951], "The Kolmogorov-Smirnov Test for Goodness of Fit". *Journal of the American Statistical Association*, Volume 46, Issue 253, pages 66 - 78

A. WALD and J. WOLFOWITZ, [1940], " On a Test Whether Two Samples are from the Same Population". *The Annals of Mathematical Statistics*, Volume 11, Number 2, pages 147 - 162.

PLANCHET Frédéric, GUIBERT Quentin et JUILLARD Marc, [2010], "Mesure de l'incertitude sur le taux de couverture des engagements dans un cadre ORSA", *ISFA - Laboratoire SAF*

PLANCHET Frédéric, GUIBERT Quentin et JUILLARD Marc, [2010], "Un cadre de référence pour un modèle interne partiel en assurance de personnes", *ISFA - Laboratoire SAF*

BONNIN François, COMBES Florent, PLANCHET Frédéric et TAMMAR Montassar, [2014], "Un modèle de projection pour des contrats de retraite dans le cadre de l'ORSA", *ISFA - Laboratoire SAF*

### Mémoires :

LAPARRA, Pauline. *Pilotage stratégique et appétence au risque sous Solvabilité II - Application dans le cadre d'une société d'Assurance Vie*.2011. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'Actuaire de l'Université de Lyon, I.S.F.A.

ROUDAIRE, Laurent. *Mise en place d'un processus ORSA pour une Institution de Prévoyance*. 2013. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Statisticien Mention Actuariat, ISUP.

SOW, Houleye Hawa. *Mise en place d'un processus ORSA*. 2012. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Statisticien Mention Actuariat, ISUP.

HAGUET, Eleonore. *Mise en place d'indicateurs de suivi du risque dans un cadre d'ORSA Epargne*. 2013. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'Actuaire ENSAE, ENSAE.

BOISSIERES, Géraldine. *Modélisation prospective du bilan d'un assureur automobile dans le cadre de l'ORSA et analyse de la volatilité du ratio de solvabilité*. 2011. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Statisticien Mention Actuariat, UPMC.

MARSOIN, Alban. *L'ORSA , mise en place d'un dispositif de gestion des risques en assurance Non Vie*. 2011. Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Actuaire EURIA, EURIA.

LI, Guanhua. *Les aspects quantitatifs de l'ORSA d'une compagnie d'assurance non-vie sur le marché luxembourgeois*. 2012. Mémoire pour l'obtention du Diplôme Universitaire d'Actuaire de Strasbourg, Université de Strasbourg.

RAMANAMPISOA, Tsanta. *Application de la méthode Least-Square Monte-Carlo pour la mise en place de l'ORSA en Assurance vie*. 2013. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Statisticien Mention Actuariat, ISUP.

ELMALEH, Candice. *Solvabilité II, ORSA, des principes liés à la mise en oeuvre opérationnelle*. 2012. Mémoire pour l'obtention du diplôme du Master Actuariat, Université Paris Dauphine.

#### Sites internet:

EIOPA. *Directive Solvency 2 (2009/138/EC)*, 2009,  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:335:0001:0155:en:PDF>

EIOPA. *Directive Solvency 2 (2013/58/EU)*, 2013,  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:341:0001:0003:EN:PDF>

EIOPA. *Final Report on Public Consultation No. 13/009 on the Proposal for Guidelines on Forward Looking Assessment of Own Risks*, 2013,  
[https://eiopa.europa.eu/fileadmin/tx\\_dam/files/consultations/consultationpapers/CP09-13/EIOPA-13-414\\_Final\\_Report\\_on\\_CP09.pdf](https://eiopa.europa.eu/fileadmin/tx_dam/files/consultations/consultationpapers/CP09-13/EIOPA-13-414_Final_Report_on_CP09.pdf)

EIOPA. *Guidelines on Forward Looking Assessment of Own Risks*, 2013,  
[https://eiopa.europa.eu/fileadmin/tx\\_dam/files/publications/guidelines/ORSA/Final\\_EN\\_ORSA\\_Clean.pdf](https://eiopa.europa.eu/fileadmin/tx_dam/files/publications/guidelines/ORSA/Final_EN_ORSA_Clean.pdf)

EIOPA. *Guidelines on System of Governance*, 2013,  
[https://eiopa.europa.eu/fileadmin/tx\\_dam/files/publications/guidelines/System\\_of\\_Governance/Final\\_EN\\_SoG\\_Clean.pdf](https://eiopa.europa.eu/fileadmin/tx_dam/files/publications/guidelines/System_of_Governance/Final_EN_SoG_Clean.pdf)

EIOPA. *Revised Technical Specifications for the Solvency II valuation and Solvency II Capital Requirement calculations*, 2012,  
[https://eiopa.europa.eu/fileadmin/tx\\_dam/files/consultations/QIS/Preparatory\\_forthcoming\\_assessments/A\\_-\\_Revised\\_Technical\\_Specifications\\_for\\_the\\_Solvency\\_II\\_valuation\\_and\\_Solvency\\_Capital\\_Requirements\\_calculations\\_\\_Part\\_I.pdf](https://eiopa.europa.eu/fileadmin/tx_dam/files/consultations/QIS/Preparatory_forthcoming_assessments/A_-_Revised_Technical_Specifications_for_the_Solvency_II_valuation_and_Solvency_Capital_Requirements_calculations__Part_I.pdf)

EIOPA. *Technical Specifications part II on the Long-Term Guarantee Assessment*, 2013,  
[https://eiopa.europa.eu/fileadmin/tx\\_dam/files/consultations/QIS/Preparatory\\_forthcoming\\_assessments/final/A/20130125\\_EIOPA\\_LTGA\\_Technical\\_Specifications\\_Part\\_II\\_final.pdf](https://eiopa.europa.eu/fileadmin/tx_dam/files/consultations/QIS/Preparatory_forthcoming_assessments/final/A/20130125_EIOPA_LTGA_Technical_Specifications_Part_II_final.pdf)

Commission Européenne. *Rapport du groupe de travail sur les provisions techniques en assurance non-vie*, 2002,  
[http://ec.europa.eu/internal\\_market/insurance/docs/markt-2529/markt-2529-non-life-report\\_fr.pdf](http://ec.europa.eu/internal_market/insurance/docs/markt-2529/markt-2529-non-life-report_fr.pdf)

EIOPA. *Technical Specification for the Preparatory Phase (Part I)*, 2013,  
[https://eiopa.europa.eu/fileadmin/tx\\_dam/files/publications/technical\\_specifications/A\\_-\\_Technical\\_Specification\\_for\\_the\\_Preparatory\\_Phase\\_\\_Part\\_I.pdf](https://eiopa.europa.eu/fileadmin/tx_dam/files/publications/technical_specifications/A_-_Technical_Specification_for_the_Preparatory_Phase__Part_I.pdf)

CEIOPS. *Consultation Paper No.42 - Calculation of the Risk Margin*, 2009,  
[https://eiopa.europa.eu/fileadmin/tx\\_dam/files/consultations/consultationpapers/CP42/CEIOPS-CP-42-09-L2-Advice-TP-Risk-Margin.pdf](https://eiopa.europa.eu/fileadmin/tx_dam/files/consultations/consultationpapers/CP42/CEIOPS-CP-42-09-L2-Advice-TP-Risk-Margin.pdf)

Commissariat aux Assurances. *Lettre circulaire 14/5*, 2014,  
[http://www.commassu.lu/upload/files/379/Circ14\\_5.pdf](http://www.commassu.lu/upload/files/379/Circ14_5.pdf)

Commissariat aux Assurances. *Lettre circulaire 14/4*, 2014,  
[http://www.commassu.lu/upload/files/396/Circ14\\_4.pdf](http://www.commassu.lu/upload/files/396/Circ14_4.pdf)

Commissariat aux Assurances. *Lettre circulaire 14/3*, 2014,  
<http://www.commassu.lu/upload/files/394/LC%2014-3.pdf>

Ministère luxembourgeois de l'Intérieur et à la Grande Région, *VADEMECUM DE LA COMPTABILITE GENERALE*, 2012,  
[http://www.mi.public.lu/publications/finances\\_communales/plan\\_budgetaire/vademecum\\_compta\\_generale.pdf](http://www.mi.public.lu/publications/finances_communales/plan_budgetaire/vademecum_compta_generale.pdf)

Le Gouvernement du G-D de Luxembourg, *Projet de règlement grand-ducal portant modification du règlement grand-ducal modifié du 5 décembre 2007 précisant les conditions d'agrément et d'exercice des entreprises de réassurance*, 2011,  
[http://www.conseil-etat.public.lu/fr/avis/2012/10/49762/49762\\_Texte.pdf](http://www.conseil-etat.public.lu/fr/avis/2012/10/49762/49762_Texte.pdf)

Autorité de Contrôle Prudentiel, *Solvabilité II: principaux enseignements de la cinquième étude quantitative d'impact (QIS5)*, 2011,  
[http://acpr.banque-france.fr/fileadmin/user\\_upload/acp/publications/documents/201103-ACP-solvabilite-2-enseignements-de-QIS5.pdf](http://acpr.banque-france.fr/fileadmin/user_upload/acp/publications/documents/201103-ACP-solvabilite-2-enseignements-de-QIS5.pdf)

Ernst&Young, *Analysis of EIOPA's final preparatory guidelines*, 2013,  
[http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Solvency\\_II\\_preparation\\_-\\_Analysis\\_of\\_EIOPAs\\_consultations/\\$FILE/EY-Solvency-II-preparation-October2013.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Solvency_II_preparation_-_Analysis_of_EIOPAs_consultations/$FILE/EY-Solvency-II-preparation-October2013.pdf)

KPMG, *Deciphering the FLOAR*, 2014,  
<http://www.kpmg.com/MT/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/Solvency%20II%20Deciphering%20the%20FLAOR.pdf>

Towers Watson, *EIOPA consultation paper on the proposal for guidelines on forward-looking assessment of the undertaking's own risks*, 2013,  
<http://www.towerswatson.com/en/Insights/Newsletters/Europe/solvency-ii/2013/EIOPA-consultation-paper-on-the-proposal-for-guidelines-on-forward-looking-assessment>

Optimind, *Solvabilité II : Point d'étape*, 2008,  
[http://optimindwinter.com/wp-content/uploads/2009/06/optimind\\_dossier\\_technique\\_n\\_5-solvabilite\\_2.pdf](http://optimindwinter.com/wp-content/uploads/2009/06/optimind_dossier_technique_n_5-solvabilite_2.pdf)

Optimind winter, *L'Exercice ORSA préparatoire de 2014*, 2014,  
<http://www.optimindwinter.com/wp-content/themes/optimind/catalogue.php?id=6652>

Winter & Associés, *Solvabilité II : Présentation générale*, 2008,  
[http://www.ressources-actuarielles.net/EXT/ISFA/fp-isfa.nsf/0/6D83EE9990E914A1C12570DC00338A4C/\\$FILE/Solvabilite2.pdf?OpenElement](http://www.ressources-actuarielles.net/EXT/ISFA/fp-isfa.nsf/0/6D83EE9990E914A1C12570DC00338A4C/$FILE/Solvabilite2.pdf?OpenElement)

Actuaire Search, *Septembre 2012 - Zoom sur ... La formule standard dans Solvabilité II*, 2012,  
<http://www.actuaire-search.fr/a58-septembre-2012-zoom-sur-la-formule-standard-dans-solvabilite-2/>

EVEHO actuariat, *L'ORSA : quelles conséquences sur le pilotage stratégique de l'entreprise*, 2010, <http://www.argusdelassurance.com/mediatheque/5/6/4/000008465.pdf>

# Annexes

# Annexes

## Table des annexes

---

Annexe 1. Zoom sur la méthodologie utilisée pour la construction de la courbe de taux sans risque .....	2
Annexe 2. Simplifications pour le calcul de la marge pour risque .....	10
Annexe 3. La courbe des taux sans risque au 31.12.2012 .....	12
Annexe 4. La projection de l'actif de la compagnie de réassurance en run-off.....	13
Annexe 5. Résultat de la projection des ratios sinistres sur primes .....	20
Annexe 6. Les ajustements du modèle de projection de l'actif au niveau consolidée...	21
Annexe 7. Résultats du modèle complet.....	24

# Annexe 1. Zoom sur la méthodologie utilisée pour la construction de la courbe de taux sans risque

---

Il convient ici de présenter la courbe de taux sans risque publiée par EIOPA ainsi que la méthodologie utilisée pour sa construction. Cette méthodologie est décrite dans les spécifications techniques de l'étude d'impact sur les branches longues (LTGA).

## Section 1. Les hypothèses nécessaires à la construction de la courbe de taux sans risque

---

### H1 : Le taux forward ultime

La courbe forward converge vers un certain point qui s'appelle taux forward ultime. Ce taux se calcule en fonction du taux d'inflation prévu et d'une estimation du taux de croissance moyen des taux réels sur le court terme.

Le taux forward ultime est supposé être stable au cours du temps et il est uniquement sensible à des changements sur le long terme. L'étude sur les branches longues fixe le taux forward ultime pour toutes les devises à 4,2%.

Il est composé d'un taux d'inflation prévu de 2% et d'un taux de croissance moyen des taux réels sur le court terme de 2,2%.

### H2 : Le point du dernier flux (the last liquid point)

Il s'agit du point à partir duquel la courbe de taux sans risque utilise une extrapolation pour modéliser le taux sans risque. Le point du dernier flux est différent pour chaque devise. Pour l'Euro il a été fixé à 20 ans.

### H3 : L'ajustement du risque de crédit

Les produits financiers utilisés pour mettre en évidence la courbe de taux sans risque doivent être ajustés au risque de crédit. L'étude sur les branches longues (LTGA) a mis en place un taux de déduction pour enlever le risque de crédit.

## Section 2. La construction de la courbe de taux sans risque

---

La courbe de taux sans risque est créée à partir d'une multitude de points de données du marché. Dans le cadre de Solvabilité II, ce sont des taux de swaps qui sont utilisés pour créer la courbe de taux sans risque.

Il convient de faire une extrapolation après le point du dernier flux (last liquid point) et il convient également de faire une interpolation entre les différents points de données du marché. La méthode utilisée par EIOPA pour faire l'extrapolation à partir du dernier flux et l'interpolation entre les points de données s'appelle la méthode de Smith-Wilson.

## Section 3. Zoom sur la méthode Smith-Wilson

---

### §1. Généralités

Le paramètre  $\alpha$  de la méthode Smith-Wilson détermine la vitesse de convergence vers le taux forward ultime et le degré de lissage de la courbe pour la partie où on fait l'interpolation. Un paramètre  $\alpha$  important donne plus de poids à la partie après le point du dernier flux, donc à l'extrapolation et à la convergence vers le taux forward ultime. Un paramètre  $\alpha$  moins important donne plus de poids à la partie avant le point du dernier flux, c'est-à-dire à la partie où il convient de faire une interpolation entre les différents points de données du marché.

Dans l'étude d'impact sur les branches longues (LTGA) le calibrage du paramètre  $\alpha$  se fait de manière à ce que l'écart entre la courbe extrapolée et le taux forward ultime soit au maximum de 3 points de bases après un nombre d'années données. Ce nombre d'années est fixé selon deux hypothèses testées :

- Une convergence 10ans après le point du dernier flux
- Une convergence 40ans après le point du dernier flux

### §2. La méthode Smith-Wilson prenant des obligations zéro-coupon comme input

Dans un premier temps, la méthode Smith-Wilson qui prend des obligations zéro-coupon comme input sera présentée, car les obligations zéro-coupon ont l'avantage de n'avoir qu'un seul cash-flow. Ceci simplifie la méthode Smith-Wilson, car la fonction du prix ci-dessous se simplifie.

La méthode Smith-Wilson nécessite le prix de marché  $m_i$ ,  $i = \{1, \dots, N\}$  des  $N$  obligations zéro-coupon et les maturités  $\tau_j$ ,  $j = \{1, \dots, N\}$  des  $N$  obligations zéro-coupon et du taux forward ultime souhaité.

L'hypothèse principale de la méthode Smith-Wilson est que la fonction de prix d'une obligation zéro-coupon s'écrit :

$$P(t) = e^{-UFR*t} + \sum_{j=1}^N \xi_j * W(t; \tau_j)$$

Avec  $N$  le nombre d'obligations zéro-coupon donné,  
 $\xi_j, j = \{1, \dots, N\}$  le paramètre pour ajuster la courbe de taux,  
 $t$  la durée jusqu'à la maturité,  
 $\tau_j, j = \{1, \dots, N\}$  la maturité de l'obligations zéro-coupon  $j$ ,  
 et  $UFR$  le taux forward ultime.

Voici l'expression de la fonction de Wilson :

$$W(t; \tau_j) = e^{-UFR*(t+\tau_j)} * \left\{ \alpha * \min(t; \tau_j) - 0.5 * e^{-\alpha * \max(t; \tau_j)} * (e^{\alpha * \min(t; \tau_j)} - e^{-\alpha * \min(t; \tau_j)}) \right\}$$

$$= e^{-UFR*(t+\tau_j)} * \left\{ \alpha * \min(t; \tau_j) - e^{-\alpha * \max(t; \tau_j)} * \sinh[\alpha * \min(t; \tau_j)] \right\}$$

Avec  $t > 0$  la durée jusqu'à la maturité,  
 $\tau_j, j = \{1, \dots, N\}$  la maturité de l'obligation zéro-coupon  $j$ ,  
 $\alpha$  le paramètre décrit ci-dessus,  
 et  $UFR$  le taux forward ultime.

Il convient de définir ici ce qui sera appelé fonction noyau par la suite :

$$W(t; \tau_j) = K_j(t)$$

Avec  $t > 0$  la durée jusqu'à la maturité,  
 et  $W(\tau_j; t)$  la fonction de Wilson ci-dessus.

La fonction noyau dépend uniquement des paramètres initiaux et de l'obligation zéro-coupon. La fonction noyau peut donc être calculée pour chaque obligation zéro-coupon des données. L'idée derrière le modèle de Smith-Wilson est d'évaluer la fonction du prix  $P(t)$  comme une combinaison linéaire de différentes fonctions de noyau. Cela nous amène à Le système suivant doit être résolu pour obtenir les paramètres  $\xi_i$   $t = \{1, \dots, N\}$  afin ajuster la courbe de taux :

$$\begin{cases} m_1 = P(\tau_1) = e^{-UFR*\tau_1} + \sum_{j=1}^N \xi_j * W(\tau_1; \tau_j) \\ \dots \\ m_N = P(\tau_N) = e^{-UFR*\tau_N} + \sum_{j=1}^N \xi_j * W(\tau_N; \tau_j) \end{cases}$$

Avec  $N$  le nombre d'obligations zéro-coupon donnée,  
 $m_i, i = \{1, \dots, N\}$  le prix du marché de l'obligation zéro-coupon  $i$ ,  
 $\xi_j, j = \{1, \dots, N\}$  le paramètre pour ajuster la courbe de taux,  
 $\tau_j, j = \{1, \dots, N\}$  la maturité des obligations zéro-coupon  $j$ ,  
 et  $UFR$  le taux forward ultime.

Cela se traduit facilement en une équation matricielle :

$$m = p = \tau + W\xi$$

Avec  $m = (m_1, \dots, m_N)^T$ ,

$p = (P(\tau_1), \dots, P(\tau_N))^T$ ,

$\tau = (\exp(-UFR * \tau_1), \dots, \exp(-UFR * \tau_N))^T$ ,

$\xi = (\xi_1, \dots, \xi_N)^T$ ,

et  $W = (W(\tau_i; \tau_j))_{i=1, \dots, N \text{ et } j=1, \dots, N}$  une matrice de taille  $N \times N$ .

Cela permet de trouver l'expression de  $\xi$  :

$$\xi = W^{-1}(p - \tau) = W^{-1}(m - \tau)$$

Les paramètres  $\xi_1, \dots, \xi_N$  peuvent alors être injectés dans la fonction de prix initiale pour connaître la valeur des obligations zéro-coupon pour les maturités pour lesquelles il n'y avait pas de données initialement.

Le taux spot  $R_t$  sera maintenant calculé à partir de la fonction de prix :

$$P(t) = e^{-UFR * t} + \sum_{j=1}^N \xi_j * W(t; \tau_j)$$

Pour faire cela, il convient de se rappeler de la définition d'une obligation zéro-coupon. Le souscripteur perçoit le montant prêté et l'ensemble des intérêts qui lui sont dus à la maturité de l'obligation. Le taux spot pour la durée  $t$  pour une obligation zéro-coupon à taux d'intérêt annuel s'écrit :

$$1 = (1 + R_t)^t * P(t)$$

$$\Leftrightarrow R_t = \left( P(t)^{-1} \right)^{1/t}$$

Avec  $t$  la durée jusqu'à la maturité,

$R_t$  le taux spot pour la durée  $t$ ,

et  $P(t)$  la valeur d'une obligation zéro-coupon qui est à  $t$  années de la maturité.

En continu l'équation s'écrit :

$$1 = e^{\bar{R}_t * t} * P(t)$$

$$\Leftrightarrow \bar{R}_t = t^{-1} * \ln(P(t)^{-1})$$

Avec  $t$  la durée jusqu'à la maturité,

$\bar{R}_t$  le taux spot pour la durée  $t$ ,

et  $P(t)$  la valeur d'une obligation zéro-coupon qui est à  $t$  années de la maturité.

Il convient de déduire le taux sans risques comme vu précédemment (Sect.3§2) à l'aide de cette méthode.

### §3. La méthode Smith-Wilson générale

Jusqu'à présent, le cas des obligations zéro-coupon a été traité qui a la particularité de n'avoir qu'un seul cash-flow.

A présent, la méthode Smith-Wilson générale sera introduite, où une courbe de taux sans risque à partir des produits financiers qui donnent lieu à des cash-flows entre la date d'émission et la maturité sera créée.

La méthode Smith-Wilson intègre les cash-flows dans la fonction de prix de la façon suivante:

$$P(t) = e^{-UFR*t} + \sum_{i=1}^N \xi_i * \left\{ \sum_{j=1}^J c_{i,j} * W(t; \tau_j) \right\}$$

*Avec N le nombre d'obligations zéro-coupon donné,*

*J le nombre de cash-flows du produit financier i,*

*t la durée jusqu'à la maturité,*

*c<sub>i,j</sub> le j<sup>ème</sup> cash-flow du produit financier i en pourcentage,*

*τ<sub>j</sub>, j={1,...,N} l'instant de paiement du j<sup>ème</sup> cash-flow,*

*ξ<sub>i</sub>, i={1,...,N} le paramètre pour ajuster la courbe de taux,*

*et UFR le taux forward ultime.*

(Attention, l'interprétation de τ<sub>j</sub> a changé, il ne s'agit plus de la maturité du produit financier, mais se sont les instants où les cash-flows ont lieu.)

La fonction du noyau s'écrit alors :

$$K_i(t) = \sum_{j=1}^J c_{i,j} * W(t; \tau_j)$$

*Avec t > 0 la durée jusqu'à la maturité,*

*c<sub>i,j</sub> le j<sup>ème</sup> cash-flow du produit financier i en pourcentage,*

*et W(τ<sub>j</sub>; t) la fonction de Wilson ci-dessus.*

Il est désormais possible de calculer la fonction du noyau lorsque les différents cash-flows sont connus et les instants où ils ont lieu. Ici la fonction du prix n'est plus égale au prix de marché du produit financier, car il y a maintenant des cash-flows intermédiaires. Il est nécessaire d'actualiser les différents cash-flows pour connaître le prix du marché du produit financier en question. La fonction qui décrit le prix du marché s'écrit :

$$m_i = \sum_{j=1}^J c_{i,j} * P(\tau_j)$$

Avec  $J$  le nombre de cash-flows du produit financier  $i$ ,  
 $c_{i,j}$  le  $j^{\text{ième}}$  cash-flow du produit financier  $i$  en pourcentage,  
 $\tau_j, j=\{1, \dots, N\}$  l'instant de paiement du  $j^{\text{ième}}$  cash-flow,  
 $m_i$  le prix du marché du produit financier  $i$ ,  
 et  $P(\tau_j)$  peut être interprété ici comme le facteur d'actualisation du cash-flow  $c_{i,j}$ .

Développons  $m_i$  :

$$\begin{aligned} m_i &= \sum_{j=1}^J c_{i,j} * \left( e^{-UFR * \tau_j} + \sum_{t=1}^N \xi_t * \sum_{k=1}^J c_{t,k} * W(\tau_j; \tau_k) \right) \\ &= \sum_{j=1}^J c_{i,j} * e^{-UFR * \tau_j} + \sum_{t=1}^N \left( \sum_{k=1}^J \left( \sum_{j=1}^J c_{i,j} * W(\tau_j; \tau_k) \right) * c_{t,k} \right) * \xi_t \end{aligned}$$

Avec  $N$  le nombre d'obligations zéro-coupon donné,  
 $J$  le nombre de cash-flows du produit financier  $i$ ,  
 $c_{i,j}$  le  $j^{\text{ième}}$  cash-flow du produit financier  $i$  en pourcentage,  
 $\tau_j, j=\{1, \dots, N\}$  l'instant de paiement du  $j^{\text{ième}}$  cash-flow,  
 $\xi_t, t=\{1, \dots, N\}$  le paramètre pour ajuster la courbe de taux,  
 et  $UFR$  le taux forward ultime.

Comme à l'exemple de l'obligation zéro-coupon, il convient de résoudre un système d'équations pour connaître la valeur du paramètre d'ajustement  $\xi_t$ . Voici le système :

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^J c_{1,j} * P(\tau_j) = \sum_{j=1}^J c_{1,j} * e^{-UFR * \tau_j} + \sum_{t=1}^N \left( \sum_{k=1}^J \left( \sum_{j=1}^J c_{1,j} * W(\tau_j; \tau_k) \right) * c_{t,k} \right) * \xi_t \\ \dots \\ \sum_{j=1}^J c_{N,j} * P(\tau_j) = \sum_{j=1}^J c_{N,j} * e^{-UFR * \tau_j} + \sum_{t=1}^N \left( \sum_{k=1}^J \left( \sum_{j=1}^J c_{N,j} * W(\tau_j; \tau_k) \right) * c_{t,k} \right) * \xi_t \end{cases}$$

Ce système est plus facile à apercevoir, si on l'écrit sous forme matricielle :

$$\begin{aligned} m &= Cp \\ Cp &= C\tau + (CWC^T)\xi \end{aligned}$$

Avec  $m = (m_1, \dots, m_N)^T$ ,  
 $p = (P(\tau_1), \dots, P(\tau_N))^T$ ,  
 $\tau = (\exp(-UFR * \tau_1), \dots, \exp(-UFR * \tau_N))^T$ ,  
 $\xi = (\xi_1, \dots, \xi_N)^T$ ,  
 $C = (c_{i,j})_{i=1, \dots, N \text{ et } j=1, \dots, J}$  une matrice de taille  $N \times J$ , la matrice des cash-flows,  
 et  $W = (W(\tau_i; \tau_j))_{i=1, \dots, J \text{ et } j=1, \dots, J}$  une matrice de taille  $J \times J$ .

En combinant  $Cp$  et  $m$ , l'équation suivante est obtenue :

$$m = C\tau + (CWC^T)\xi$$

La matrice  $CWC^T$  est une matrice de taille  $N \times N$ . Le vecteur des valeurs du paramètre d'ajustement  $\xi$  est obtenu comme suit :

$$\xi = (CWC^T)^{-1}(m - C\tau)$$

Il est maintenant possible d'injecter le paramètre d'ajustement dans la fonction du prix pour connaître la valeur du taux d'actualisation pour toutes les maturités et avec ceci les taux sans risques recherchés (cf. méthode de Smith-Wilson avec l'obligation à zéro-coupon).

#### §4. Avantages et désavantages de la méthode Smith-Wilson pour modéliser une courbe de taux sans risque

##### I. Avantages

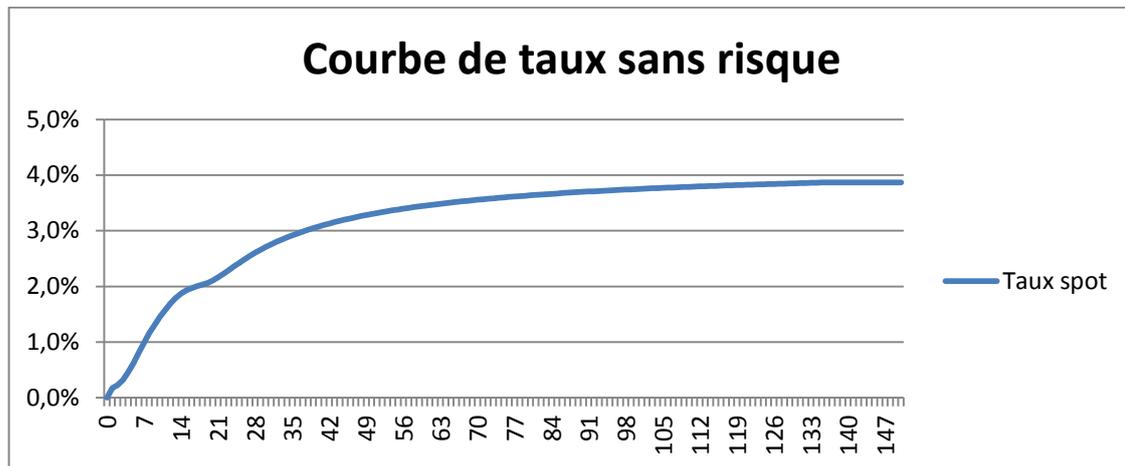
- La méthode S-W est facile à implémenter et la courbe de taux sans risque peut être obtenue à partir des obligations zéro-coupon, des obligations versants des coupons et même à partir des taux de swap. Ceci rend la méthode très flexible.
- La méthode S-W fonctionne parfaitement même avec des données brutes provenant directement des marchés, il n'est pas nécessaire de transformer les données avant d'utiliser la méthode.
- La méthode S-W est une méthode qui arrive à faire l'interpolation des points avant le point du dernier flux et également l'extrapolation après ce point. Il n'est pas nécessaire de faire l'interpolation et l'extrapolation séparément, ce qui est avantageux, car des méthodes différentes rencontrent souvent des problèmes pour connecter la courbe avant le point du dernier flux avec la courbe après le point dernier flux, ce qui n'est pas le cas ici.
- La courbe des taux forward tend de façon asymptotique vers le taux forward ultime. La vitesse de convergence dépend du paramètre  $\alpha$  et des données utilisées.

##### II. Désavantages

- La méthode S-W ne parvient pas à éliminer le risque de crédit lorsqu'on utilise des taux de swaps pour modéliser la courbe de taux sans risque. Les résultats doivent donc être retraités à l'aide des facteurs d'ajustement.
- Il n'y a pas de condition qui force le taux d'actualisation  $P(t)$  de diminuer, ce qui peut poser problème pour la partie où on fait l'interpolation linéaire. Il existe beaucoup de méthodes qui n'ont pas ce problème.
- Il peut arriver que le taux d'actualisation  $P(t)$  devienne négatif après le point du dernier flux. Cela arrive dans des cas où le dernier taux forward de la partie de l'interpolation est plus important que la somme du paramètre  $\alpha$  et du taux forward ultime. Pour remédier à ce problème il convient d'augmenter le paramètre  $\alpha$ .

## Section 4. Représentation graphique d'une courbe de taux sans risque

Il est intéressant de visualiser ici la courbe de taux sans risque proposée par EIOPA et ensuite la courbe forward que va être extraite de celle-ci. Voici une représentation graphique du taux spot en fonction des années :



Voici la représentation graphique du taux forward en fonction des années issu de la courbe de taux sans risque en utilisant la formule :

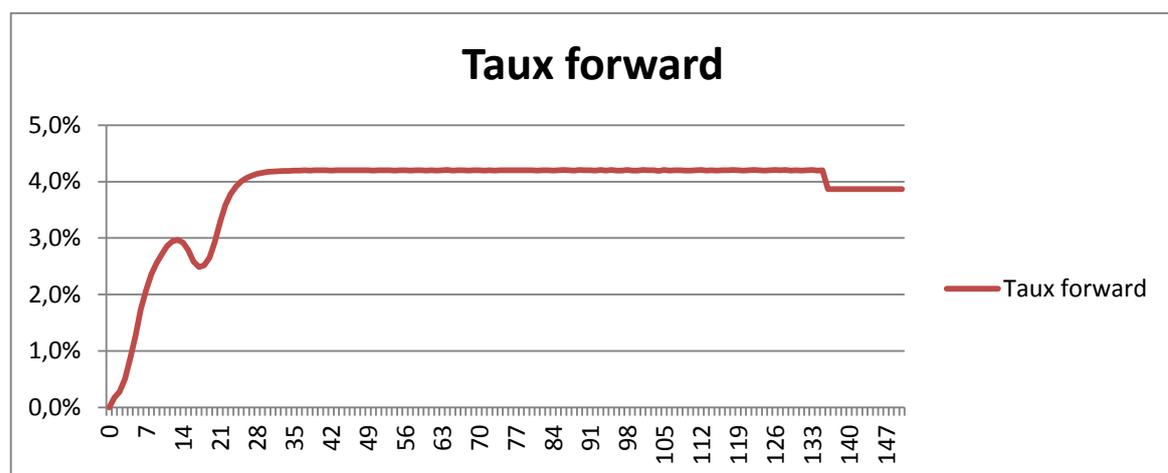
$$tx_{forward}(t) = \frac{(1 + tx_{spot}(t))^t}{(1 + tx_{spot}(t-1))^{t-1}}$$

Avec  $tx_{forward}(0) = 0$

$t$  un entier naturel  $\in [0;n[$ , où  $n$  est la durée du contrat en années,

$tx_{forward}(t)$  est le taux forward en  $t$ ,

et  $tx_{spot}(t)$  est le taux spot issu de la courbe de taux sans risque d'EIOPA.



Il convient de noter sur ce graphique que le taux forward ultime est bien de 4.2%. La convergence vers le taux forward ultime a lieu 10 ans après le point du dernier flux, c'est-à-dire à  $t = 30$ . Ce graphique est obtenu en utilisant un paramètre  $\alpha$  égal à 0,1.

## Annexe 2. Simplifications pour le calcul de la marge pour risque

---

Cette annexe expose les simplifications du niveau 3 à 5 de la marge pour risque.

### Section 1. Simplification du niveau 3 de la RM

---

L'hypothèse suivante est utilisée :

Les SCR futurs sont proportionnels à la valeur des BE futurs.

Cette hypothèse permet d'estimer les SCR futurs de la façon suivante :

$$SCR(t) = \frac{SCR(0)}{BE(0)} * BE(t)$$

Avec  $SCR(t)$  : Solvency Capital Requirement de l'année  $t$ ,  
 et  $BE(t)$  : le Best Estimate de l'année  $t$ .

La valeur des SCR ainsi obtenue est ensuite injectée dans la formule suivante pour déterminer la RM :

$$RM = CoC * \sum_{t \geq 0} \frac{SCR(t)}{(1 + r(t+1))^{t+1}}$$

Avec  $SCR(t)$  : Solvency Capital Requirement de l'année,  
 $r(t+1)$  : le taux d'intérêt sans risque de maturité  $t+1$ ,  
 $CoC$  : le pourcentage de coût du capital et,  
 $RM$  : la marge pour risque.

### Section 2. Simplification du niveau 4 de la RM

---

La simplification du niveau 4 se base sur la duration modifiée des engagements de la compagnie de réassurance :

$$RM = \frac{CoC}{(1 + r(1))} * Dur_{mod}(0) * SCR_{RU}(0)$$

Avec  $SCR(0)$  : Solvency Capital Requirement en 0 sans le module de risque marché, ni l'ajustement pour capacité d'absorption des pertes par les impôts différés,  
 $r(1)$  : le taux d'intérêt sans risque de maturité 1,  
 $Dur_{mod}(0)$  : la duration modifiée des engagements de la compagnie d'assurance en  $t=0$ ,  
 $CoC$  : le pourcentage de coût du capital et,  
 $RM$  : la marge pour risque.

### Section 3. Simplification du niveau 5 de la RM

---

Lors du calcul de cette simplification il est supposé que la marge pour risque est proportionnelle au Best Estimate:

$$RM = \alpha_{lob} * BE(0)$$

Avec  $RM$  : la marge pour risque,

$\alpha_{lob}$  : un facteur de proportionnalité fixé par branche d'activité (line of business),

et  $BE(0)$  le Best Estimate de l'année 0.

Si la compagnie d'assurance ou de réassurance a décidé d'adopter le modèle standard, alors le calcul de la marge pour risque à l'aide de cette méthode se fait en fonction d'un pourcentage fixé par EIOPA.

## Annexe 3. La courbe des taux sans risque au 31.12.2012

Date	Taux zéro coupon						
31/12/2013	0.1760%	31/12/2047	2.9176%	31/12/2081	3.5474%	31/12/2115	3.7624%
31/12/2014	0.2251%	31/12/2048	2.9529%	31/12/2082	3.5567%	31/12/2116	3.7665%
31/12/2015	0.3194%	31/12/2049	2.9864%	31/12/2083	3.5657%	31/12/2117	3.7707%
31/12/2016	0.4553%	31/12/2050	3.0181%	31/12/2084	3.5745%	31/12/2118	3.7747%
31/12/2017	0.6194%	31/12/2051	3.0482%	31/12/2085	3.5830%	31/12/2119	3.7787%
31/12/2018	0.8054%	31/12/2052	3.0768%	31/12/2086	3.5913%	31/12/2120	3.7826%
31/12/2019	0.9871%	31/12/2053	3.1041%	31/12/2087	3.5994%	31/12/2121	3.7864%
31/12/2020	1.1583%	31/12/2054	3.1300%	31/12/2088	3.6073%	31/12/2122	3.7901%
31/12/2021	1.3124%	31/12/2055	3.1548%	31/12/2089	3.6150%	31/12/2123	3.7938%
31/12/2022	1.4523%	31/12/2056	3.1784%	31/12/2090	3.6225%	31/12/2124	3.7975%
31/12/2023	1.5793%	31/12/2057	3.2010%	31/12/2091	3.6298%	31/12/2125	3.8010%
31/12/2024	1.6923%	31/12/2058	3.2226%	31/12/2092	3.6369%	31/12/2126	3.8045%
31/12/2025	1.7900%	31/12/2059	3.2433%	31/12/2093	3.6438%	31/12/2127	3.8079%
31/12/2026	1.8703%	31/12/2060	3.2631%	31/12/2094	3.6506%	31/12/2128	3.8113%
31/12/2027	1.9307%	31/12/2061	3.2822%	31/12/2095	3.6572%	31/12/2129	3.8146%
31/12/2028	1.9715%	31/12/2062	3.3004%	31/12/2096	3.6636%	31/12/2130	3.8179%
31/12/2029	2.0018%	31/12/2063	3.3180%	31/12/2097	3.6699%	31/12/2131	3.8211%
31/12/2030	2.0303%	31/12/2064	3.3349%	31/12/2098	3.6761%	31/12/2132	3.8242%
31/12/2031	2.0632%	31/12/2065	3.3512%	31/12/2099	3.6821%	31/12/2133	3.8273%
31/12/2032	2.1062%	31/12/2066	3.3668%	31/12/2100	3.6879%	31/12/2134	3.8304%
31/12/2033	2.1624%	31/12/2067	3.3819%	31/12/2101	3.6937%	31/12/2135	3.8334%
31/12/2034	2.2265%	31/12/2068	3.3965%	31/12/2102	3.6993%	31/12/2136	3.8363%
31/12/2035	2.2935%	31/12/2069	3.4105%	31/12/2103	3.7048%	31/12/2137	3.8392%
31/12/2036	2.3604%	31/12/2070	3.4241%	31/12/2104	3.7101%	31/12/2138	3.8421%
31/12/2037	2.4256%	31/12/2071	3.4372%	31/12/2105	3.7154%	31/12/2139	3.8449%
31/12/2038	2.4882%	31/12/2072	3.4498%	31/12/2106	3.7205%	31/12/2140	3.8477%
31/12/2039	2.5477%	31/12/2073	3.4621%	31/12/2107	3.7256%	31/12/2141	3.8504%
31/12/2040	2.6040%	31/12/2074	3.4739%	31/12/2108	3.7305%	31/12/2142	3.8531%
31/12/2041	2.6571%	31/12/2075	3.4854%	31/12/2109	3.7353%	31/12/2143	3.8557%
31/12/2042	2.7072%	31/12/2076	3.4966%	31/12/2110	3.7401%	31/12/2144	3.8583%
31/12/2043	2.7544%	31/12/2077	3.5073%	31/12/2111	3.7447%	31/12/2145	3.8609%
31/12/2044	2.7988%	31/12/2078	3.5178%	31/12/2112	3.7492%	31/12/2146	3.8634%
31/12/2045	2.8407%	31/12/2079	3.5280%	31/12/2113	3.7537%	31/12/2147	3.8659%
31/12/2046	2.8802%	31/12/2080	3.5378%	31/12/2114	3.7581%		

## Annexe 4. La projection de l'actif de la compagnie de réassurance en run-off

---

Cette annexe sera dédiée à l'exposition du modèle de projection d'actif simplifié. Vu la structure de l'actif de la compagnie de réassurance, il sera possible de projeter la majorité des postes de l'actif en les liant à la courbe des taux sans risques. Seuls certains postes nécessitent la mise en place d'une projection plus spécifique.

Un modèle de paiements qui a été mis en place pour comptabiliser les flux sortant et entrant entre deux dates de calcul du bilan sera exposé à la section suivante. Ce modèle sera utile pour la projection de l'actif, car les flux sortant et entrant font varier les postes de l'actif.

### Section 1. Le modèle des paiements

---

La compagnie va devoir rembourser les sinistres survenus pendant les années de couverture et payer les primes de rétrocession, les salaires des employés, les autres frais généraux et ainsi de suite. Le flux entrant est constitué des primes acquises et des intérêts sur les placements.

Dans cette section, une présentation du modèle des paiements des sinistres qui prend également en compte le paiement des primes, des primes de rétrocession et des frais généraux sera proposée.

Le modèle suppose que la prime de rétrocession est payée au 1<sup>er</sup> janvier.

Il est supposé que l'ensemble des remboursements des sinistres et des frais généraux de l'année sont faits au milieu de l'année. Cela revient à supposer que les paiements se font de manière uniforme tout au long de l'année. Les paiements des sinistres et des frais généraux sont déterminés à l'aide des flux sortants qui ont également été utilisés pour la projection des *BE* nets.

Pour éviter d'avoir un poste d'actif négatif, il est supposé que le poste « dépôts auprès d'établissement de crédit » sera utilisé pour effectuer les paiements. Cette hypothèse est raisonnable, car la contrepartie de ce poste est la banque qui fait partie du même groupe que la compagnie de réassurance. De plus, la modélisation du poste « avoirs en banque, avoirs en compte de chèques postaux, chèques et encaisse. » est également effectuée en fonction du taux sans risque. Le raisonnement est donc robuste d'un point de vue mathématique, même si d'un point de vue comptable il l'est moins, car le poste le moins liquide de cette compagnie de réassurance est utilisé pour modéliser les paiements.

Pour récapituler, il est supposé que la compagnie de réassurance émet les primes brutes au premier janvier 2013 à 00:01. Il est également supposé que la compagnie paie la prime de rétrocession au même moment.

Ensuite les primes nettes sont investies au taux sans risque pendant 6 mois. Le taux d'intérêt sans risque d'échéance de six mois est déterminé par interpolation linéaire.

Au 1<sup>er</sup> juillet 2013, il est supposé que tous les paiements de l'année sont effectués et l'argent restant est placé au taux sans risque pendant les 6 mois qui suivent.

L'évolution du poste « dépôts auprès d'établissement de crédit » de l'actif en scénario central est le suivant :

01/01/2013	01/01/2014	01/01/2015	01/01/2016	01/01/2017	01/01/2018	01/01/2019	01/01/2020
18,653,459€	10,931,313€	9,060,385€	8,827,067€	8,797,505€	8,867,414€	9,019,293€	9,211,688€

01/07/2013	01/07/2014	01/07/2015	01/07/2016	01/07/2017	01/07/2018	01/07/2019	01/07/2020
10,916,908€	9,041,799€	8,793,581€	8,740,958€	8,783,416€	8,903,484€	9,070,513€	9,265,423€

## Section 2. La projection du poste « avoirs en banque, avoirs en compte de chèques postaux, chèques et encaisse. »

Afin d'effectuer une projection de l'actif il est utile d'analyser le détail des contreparties :

Type 1 exposures	Dépôts auprès des établissements de crédit	Banque du groupe	8,834,887€
	Part des réassureurs dans les provisions techniques	Réassureur_A,B,C	- 1,978,828€
	Créances nées d'opérations de réassurance	Portefeuille_B	1,374,007€
		Portefeuille_C	46,722€
		Portefeuille_D	826,897€
		Réassureur_A	18,196€
		Réassureur_B	30,498€
Avoirs en banque	Banque du groupe	3,668,204€	
	Banque_A	37,233€	
Intérêts et loyers acquis non échus	Groupe	184,229€	
Type 2 exposures	Autres créances	?	51,779€

Le poste « avoirs en banque, avoirs en compte de chèques postaux, chèques et encaisse. » est décomposé en deux contreparties:

- la banque du groupe qui constitue la plus grande contrepartie
- une autre banque

Ces deux banques ont le rating AAA, il est donc cohérent d'effectuer la projection de ce poste à l'aide du taux sans risque.

## Section 3. La projection du poste « créances nées d'opération de réassurance »

La décomposition de ce poste a été détaillée dans le corps du mémoire. Le poste est composé de 5 contreparties et les plus importantes sont les trois cédantes externes. Il n'était pas possible d'avoir plus d'informations sur cette créance, car la compagnie de réassurance n'a pas fourni la documentation nécessaire et le rapport annuel ne fournit pas plus d'informations. Il est cependant certain que ces créances dépendent du volume d'affaires de l'année.

Lors de la projection de la compagnie initiale en run-off, il est supposé qu'elle émet encore des primes au 1<sup>er</sup> janvier 2013. Le montant de la composante de la créance qui dépend des trois cédantes a été modélisé proportionnellement par rapport au volume d'affaires de l'année précédente :

$$Créance\_Contrepatrie(i;31.12.2013) = Créance\_Contrepatrie(i;31.12.2012) * \frac{P_{brute}(i;2013)}{P_{brute}(i;2012)}$$

*Avec Créance\_Contrepatrie(i ;N): le montant de la créance de la contrepartie i au 31 décembre de l'année de calcul N et,*

*P<sub>brute</sub>(i ;N) : la prime brute émise de la contrepartie i émise pendant l'année N.*

Au 31 décembre 2014, la composante de la créance correspondant aux 3 cédantes est nulle, car le volume d'affaires est nul.

Les deux autres contreparties de ce poste sont les deux réassureurs qui couvrent une partie des traités du portefeuille B et C. La modélisation de cette composante de la créance n'a pas pu être effectuée, car les réassureurs en question couvrent uniquement deux branches d'activités bien précises, or les triangles de développement fournis par la compagnie n'exposent pas le détail par branche d'activité, mais uniquement le cumul de toutes les branches d'activités incluses dans le portefeuille.

Il est donc impossible d'extraire le déroulement de la charge de sinistralité ainsi que l'ultime charge de sinistralité souhaitée de ce triangle, et sans ces données il est impossible d'estimer si la priorité du traité de rétrocession va être dépassée ou non. Par le passé, la priorité a été dépassée seulement deux fois et il s'agit de dépassements très faibles par rapport à l'actif total de la compagnie de réassurance. L'erreur de prédiction engendrée lorsque la modélisation de cette créance n'est pas effectuée est donc très faible.

La priorité du traité de rétrocession d'excédent de pertes de 7.000.000€ n'a encore jamais été dépassée. Il est cependant nécessaire de modéliser la possibilité qu'une telle créance apparaisse. Pour ce faire, il convient d'étaler l'ultime charge de sinistralité à l'aide du déroulement des paiements sur les années de déroulement. Si jamais l'ultime charge de sinistralité dépasse la

priorité de 7.000.000€, alors une créance à l'actif envers le réassureur sera constituée au moment où la priorité a été dépassée.

En scénario central l'ultime charge de sinistralité ne dépasse pas la priorité, mais en scénario choqué la possibilité d'un tel dépassement a été modélisée.

## **Section 4. La projection du poste « part des réassureurs dans les provisions techniques »**

---

Ce poste a été entièrement modélisé lors de la modélisation des *BE* qui se trouve dans le corps du mémoire.

## **Section 5. La projection des autres postes de l'actif**

---

Il convient de projeter encore les postes:

- « autre créances »,
- « actifs corporels et stocks » et
- « Intérêts et loyers acquis non-échus ».

### **§1. La projection du poste « Autres créances »**

La compagnie de réassurance n'a pas fourni d'informations sur les contreparties de cette créance. Cela rend une modélisation cohérente impossible, la projection retenue maintient donc ce poste du bilan constant pendant toute la durée de la projection. La valeur de ce poste est négligeable par rapport aux postes modélisés ci-dessus, ce qui fait que l'erreur provoquée par une projection imprécise reste faible.

### **§2. La projection du poste « Actifs corporels et stocks »**

Ce poste correspond à un contrat de crédit-bail qui prend fin l'année suivante. Il est donc cohérent de supposer qu'il ne sera pas remplacé dans une perspective de run-off.

### **§3. La projection du poste « Intérêts et loyers acquis non-échus »**

La compagnie loue une partie de ses locaux à une autre entité de son groupe.

Il est donc nécessaire de projeter ce loyer. Effectuer une projection d'un loyer en fonction de l'inflation semble cohérent. Il a été opté pour une projection linéaire, à cause de l'ordre de grandeur faible de ce poste. L'inflation a été fixée constante à 2% au cours de la projection, ce qui correspond à la valeur cible de l'Union européenne.

Il est intéressant de noter qu'EIOPA a également retenu une inflation de 2% lors de la création de la courbe des taux sans risques à l'aide de la méthode Smith-Wilson.

Jusqu'à présent, la projection de tous les postes de l'actif a été effectuée, ce qui finalise cette section.

À la section suivante, les projections des autres postes du passif seront introduites.

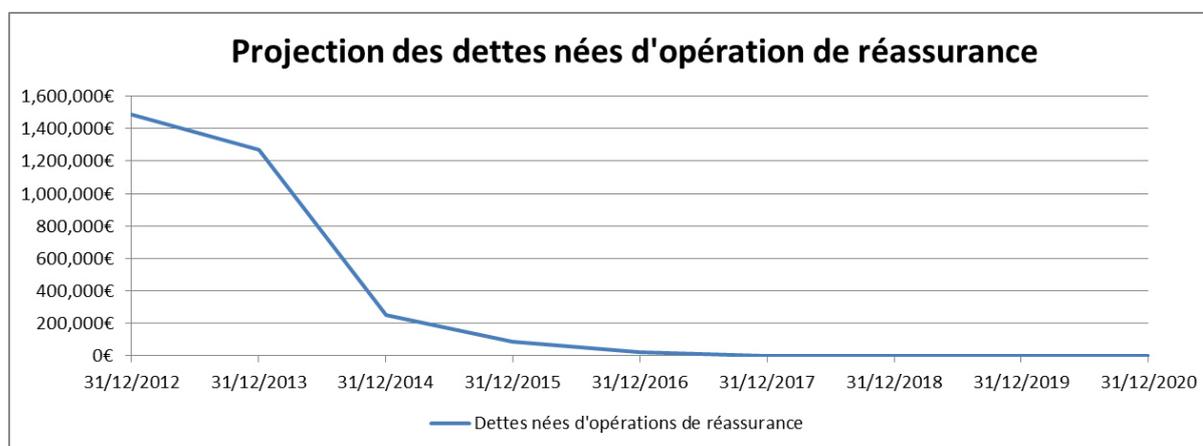
## Section 6. Projection des autres postes du passif

La méthode de projection des postes les plus importants du passif a déjà été détaillée dans le corps du mémoire. Cette section sera dédiée à la projection des postes du passif restants, qui sont :

- Dettes nées d'opération de réassurance
- Les impôts différés
- Autres dettes, dont dettes fiscales et dettes au titre de la sécurité sociale
- Autres provisions

### §1. La projection des dettes nées d'opération de réassurance

Ce poste est constitué des dettes envers les cédantes. La projection de ce poste a été liée à la projection des *BE* pour sinistres brut, car le *BE* pour sinistres brut est un indicateur des paiements futurs et donc des dettes futures :



Il serait également envisageable de lier les dettes nées d'opérations de réassurances aux parts des réassureurs dans les provisions techniques, mais cette méthode n'est pas adaptée à la compagnie de réassurance, car elle rétrocède ces risques de manière non-proportionnelle et accepte la majorité des risques de manière proportionnelle.

### §2. La projection des impôts différés

Cette problématique a déjà été abordée lors de la projection de l'ajustement pour capacité d'absorption des pertes par les impôts différés dans le corps du mémoire.

Un calcul exact de ce poste demanderait la projection du bilan sous Solvabilité I. Pour éviter un calcul d'une telle ampleur, il est nécessaire de trouver un élément auquel les impôts différés peuvent être liés pour effectuer une projection proportionnelle à cet élément. Il est très difficile de trouver un tel élément, car il serait nécessaire d'avoir une idée de la tendance des impôts différés futurs pour mettre en évidence un lien de proportionnalité éventuel.

Finalement, une projection proportionnelle par rapport au *BE* pour sinistres nets a été retenue, car le *BE* pour sinistres nets constitue un élément principal qui crée la différence entre le bilan sous Solvabilité II et le bilan sous Solvabilité I. Il est donc acceptable de lier la projection des impôts différés à un élément qui est utilisé pour déterminer les impôts différés à la date initiale.

### §3. La projection du poste « autres dettes, dont dettes fiscales et dettes au titre de la sécurité sociale » et « des autres provisions »

Ce poste a été lié au volume d'affaires, car en analysant les bilans des années passées une corrélation entre le volume d'affaire et ces postes du bilan a pu être mise en évidence. Ce poste est donc nul à partir de la deuxième année de projection de l'activité de la compagnie de réassurance en run-off.

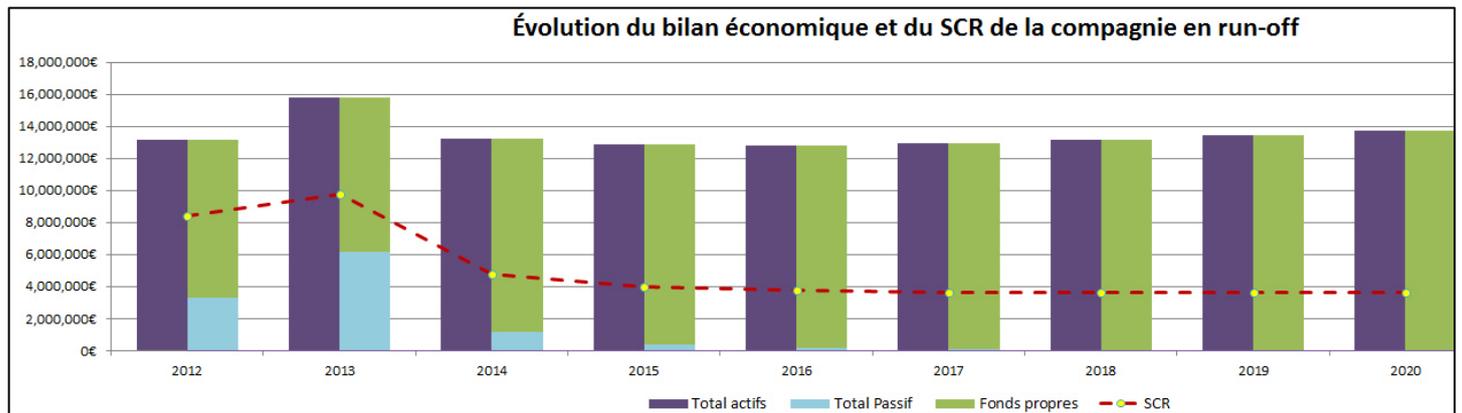
## Section 7. Résultats et conclusion

La projection de l'actif et des autres postes du passif permet par exemple de déduire une projection du ratio de couverture de la compagnie de réassurance, ce qui fait du modèle un outil de «risk management» puissant. Voici la sortie du modèle en run-off :

	31/12/2012	31/12/2013	31/12/2014	31/12/2015	31/12/2016	31/12/2017	31/12/2018	31/12/2019	31/12/2020
Value of assets	13,136,878	15,797,100	13,197,468	12,841,851	12,824,503	12,945,010	13,166,726	13,444,320	13,759,638
Value of technical provisions	- 1,037,647	2,766,705	570,470	236,328	100,472	64,483	13,819	46,567	30,681
Value of other liabilities	1,641,169	1,562,965	195,757	9,394	48	0	0	0	0
Value of the Deferred tax liabilities	2,727,207	1,804,719	384,093	143,512	41,146	- 1,506	- 3,784	665	90
Available capital (own funds)	9,806,149.35	9,662,710.50	12,047,149.27	12,452,617.91	12,682,837.15	12,882,033.09	13,156,691.13	13,397,088.16	13,728,866.37
Solvency Capital Requirement	5,060,932	2,874,320	631,358	638,633	710,828	752,771	766,187	776,531	795,183
Minimum Capital Requirement	3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000
Required Capital	5,060,932	3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000
Free Surplus	4,745,218	6,062,710	8,447,149	8,852,618	9,082,837	9,282,033	9,556,691	9,797,088	10,128,866
Solvency Ratio	194%	268%	335%	346%	352%	358%	365%	372%	381%

Il convient de noter que dans ce modèle les bénéfices ne sont jamais redistribués. Ils sont donc tous accumulés et viennent s'ajouter aux fonds propres, ce qui explique une telle augmentation du ratio de couverture. Pour améliorer le modèle il serait donc nécessaire d'implémenter un modèle de paiement des dividendes.

Voici la représentation graphique du tableau ci-dessus:



## Annexe 5. Résultat de la projection des ratios sinistres sur primes

Les données utilisées pour la projection des ratios sinistres sur primes et les résultats sont récapitulés dans le tableau suivant :

	Année de survenance	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Résultat retenu pour la projection
Portefeuille A	Ultimate losses	1,587,976	1,191,712	805,709	1,290,738	989,651	596,292	500,508	365,478	444,445	337,375	471,283	672,615	700,417	901,168	42%
	Premium	2,129,338	1,872,541	2,269,662	2,467,913	1,862,422	1,786,430	1,568,502	1,598,540	1,382,466	1,380,790	1,408,260	1,450,407	1,871,283	2,031,499	
	Ultimate S/P	75%	64%	35%	52%	53%	33%	32%	23%	32%	24%	33%	46%	37%	44%	
Portefeuille B	Ultimate losses						512,744	228,634	269,056	278,468	367,105	358,671	445,858	402,662	406,921	34%
	Premium						1,065,497	961,277	1,283,060	1,338,723	1,344,991	1,251,483	1,052,860	807,966	855,459	
	Ultimate S/P						48%	24%	21%	21%	27%	29%	42%	50%	48%	
Portefeuille C	Ultimate losses						623,601	1,109,995	902,975	1,796,127	1,993,360	2,191,678	2,479,877	3,017,254	5,225,550	94%
	Premium						629,254	1,028,298	1,580,496	2,366,573	2,082,459	2,116,289	2,651,735	3,098,050	4,552,733	
	Ultimate S/P						99%	108%	57%	76%	96%	104%	94%	97%	115%	
Portefeuille D	Ultimate losses									192,898	155,576	343,538	366,269	374,144	526,429	20%
	Premium									655,928	962,957	1,622,019	1,783,963	2,227,080	2,947,164	
	Ultimate S/P									29%	16%	21%	21%	17%	18%	

## Annexe 6. Les ajustements du modèle de projection de l'actif au niveau consolidée

---

Une analyse des postes de l'actif qui nécessitent un ajustement pour qu'ils puissent être utilisés dans le modèle consolidé est exposée dans cette annexe.

Il est supposé que la projection de chaque poste qui n'est pas décrit dans cette annexe peut être déduite directement des différents modèles de run-off des compagnies individuelles (fictives) en effectuant la somme du poste en question au moment de la projection souhaité.

### Section 1. Le modèle des paiements du modèle consolidée

---

Il convient de se rappeler que dans le modèle de projection du run-off d'une compagnie fictive qui souscrit des affaires pendant un an, un apport de capital au 30 septembre de l'année avant l'émission des primes est modélisé pour que la compagnie individuelle puisse faire face aux engagements pris lors de la souscription des traités au 1<sup>er</sup> octobre.

Au niveau consolidé du modèle, il convient d'annuler cet apport de capital, car la compagnie de réassurance en exploitation continue parvient à couvrir ses engagements sans apport de capital supplémentaire.

Le modèle des paiements ne dispose pas d'un modèle de paiements de dividendes aux actionnaires, cela veut dire que les bénéfices futurs ne sont pas redistribués aux actionnaires, mais ils sont intégrés aux fonds propres. Cela engendre une évolution forte du ratio de couverture en scénario central. En scénario choqué lorsque les bénéfices probables futurs diminuent, l'absence d'un modèle de paiements de dividendes a donc moins d'impact.

L'absence d'un modèle de paiements de dividendes engendre également une surestimation de l'exigence de capital pour risque de défaut des contreparties tout au long de la projection, car les bénéfices accumulés sont investis dans des actifs. Il convient cependant de dire qu'il est toujours préférable de surestimer un risque au lieu de le sous-estimer.

### Section 2. La projection du poste créances nées d'opérations de réassurance

---

La projection du poste créances nées d'opérations de réassurance doit être effectuée de manière différente selon que le traité d'excédent de pertes est en base d'année de survenance ou qu'il est en base d'année comptable.

Il convient de se rappeler que ce poste est composé de 5 contreparties.

La composante liée aux 3 cédantes ne dépend pas de la nature du traité d'excédent de pertes et sa modélisation en fonction du volume d'affaires peut être faite au niveau des projections individuelles de run-off. Il suffit donc de sommer la valeur de cette composante du poste « créances nées d'opérations de réassurance » à la date de calcul dans les modèles individuels pour déduire la valeur du poste lorsque la compagnie de réassurance est en exploitation continue.

À présent, la projection de la composante de ce poste d'actif qui dépend de la nature du traité de rétrocession est présentée.

### **§1. Traité d'excédent de pertes en base d'année de survenance**

Lorsque la projection est effectuée avec un traité de rétrocession d'excédent de pertes en base d'année de survenance, alors il n'est pas nécessaire de faire un ajustement au niveau consolidé du modèle.

Il suffit donc de sommer la valeur de cette composante du poste « créances nées d'opérations de réassurance » dans tous les modèles individuels de run-off à chaque date de calcul afin de déduire la projection de cette composante lorsque l'exploitation continue de la compagnie de réassurance est modélisée.

Cela vient du fait que la totalité du déroulement de la sinistralité d'une année de survenance donnée est prise en compte dans la projection du run-off de la compagnie fictive qui émet des traités pendant cette année de survenance.

Il n'est pas nécessaire de prendre en compte le déroulement de la charge de sinistralité d'autres années de survenance.

### **§2. Traité d'excédent de pertes en base d'année comptable**

Lorsque le traité de réassurance est en base d'année comptable, la projection de la composante du poste « créances nées d'opérations de réassurance » dépendant du traité de rétrocession d'excédent de pertes du poste doit être faite au niveau consolidé du modèle.

Il ne suffit pas de déterminer si les paiements de la sinistralité d'une année de survenance dépassent la priorité, mais il est nécessaire de déterminer si les paiements de la sinistralité des différentes années de survenance dépassent la priorité pendant une année comptable donnée. Il est donc nécessaire de dérouler le paiement de l'ultime charge de sinistralité de chaque année de survenance et de déterminer si la somme des paiements dépasse la priorité pendant une année donnée. Cela peut uniquement être fait au niveau consolidé du modèle.

Il convient donc d'effectuer cet ajustement lorsque l'on veut effectuer la projection du bilan économique avec un traité d'excédent des pertes en base d'année comptable.

### Section 3. La projection des autres postes de l'actif

---

En ce qui concerne la projection des postes «Autres créances», «Actifs corporels et stocks» et «Intérêts et loyers acquis non-échus», la projection proposée pour le modèle de projection de la compagnie de réassurance initiale en run-off (annexe 4) est reprise pour le modèle consolidée.

## Annexe 7. Résultats du modèle projetant l'activité en exploitation continue

Cette annexe sera dédiée à l'exposition des résultats de la projection du bilan économique de la compagnie de réassurance en exploitation continue.

### Section 1. Scénario central

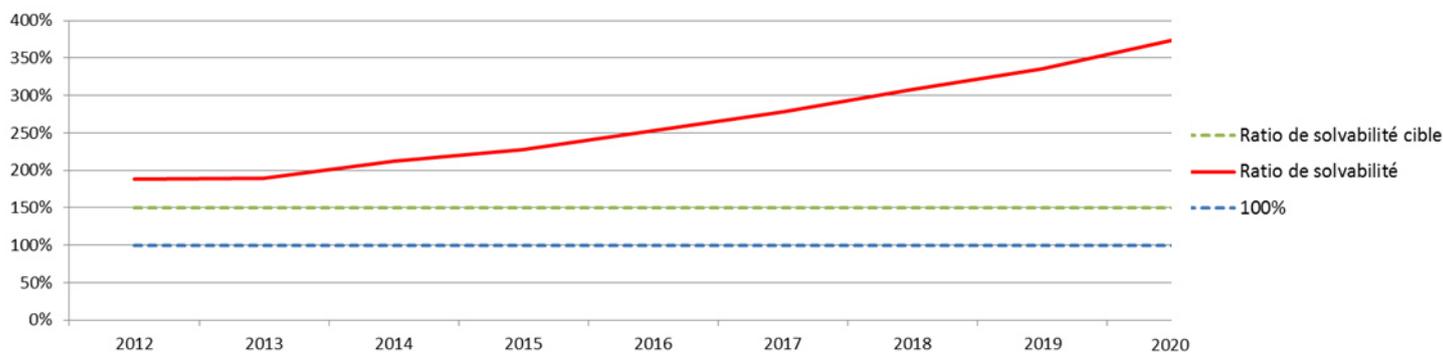
Voici un tableau récapitulatif de l'ensemble des résultats du modèle en scénario central :

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
(Figures in EUR)									
Value of assets	13,136,878€	14,468,835€	15,870,391€	17,771,303€	20,000,452€	22,548,725€	25,448,874€	28,659,687€	32,176,535€
Value of technical provisions	- 1,037,647€	- 1,381,852€	- 1,670,187€	- 1,833,608€	- 1,950,173€	- 2,046,779€	- 2,119,023€	- 2,185,484€	- 2,260,692€
Value of other liabilities	1,641,169€	1,562,965€	1,944,070€	2,129,831€	2,200,839€	2,224,932€	2,248,895€	2,273,570€	2,297,855€
Value of the Deferred tax liabilities	2,727,207€	2,910,943€	3,051,719€	3,195,056€	3,328,001€	3,453,889€	3,575,808€	3,694,480€	3,732,515€
Available capital (own funds)	9,806,149€	11,376,779€	12,544,790€	14,280,024€	16,421,786€	18,916,684€	21,743,195€	24,877,122€	28,406,856€
Solvency Capital Requirement	5,060,932€	5,401,895€	5,663,135€	5,929,129€	6,175,838€	6,409,450€	6,635,698€	6,855,919€	6,926,503€
Minimum Capital Requirement	3,600,000€	3,600,000€	3,600,000€	3,600,000€	3,600,000€	3,600,000€	3,600,000€	3,600,000€	3,600,000€
Required Capital	5,060,932€	5,401,895€	5,663,135€	5,929,129€	6,175,838€	6,409,450€	6,635,698€	6,855,919€	6,926,503€
Free Surplus	4,745,218€	5,974,884€	6,881,654€	8,350,895€	10,245,948€	12,507,234€	15,107,497€	18,021,203€	21,480,353€
Solvency Ratio	194%	211%	222%	241%	266%	295%	328%	363%	410%

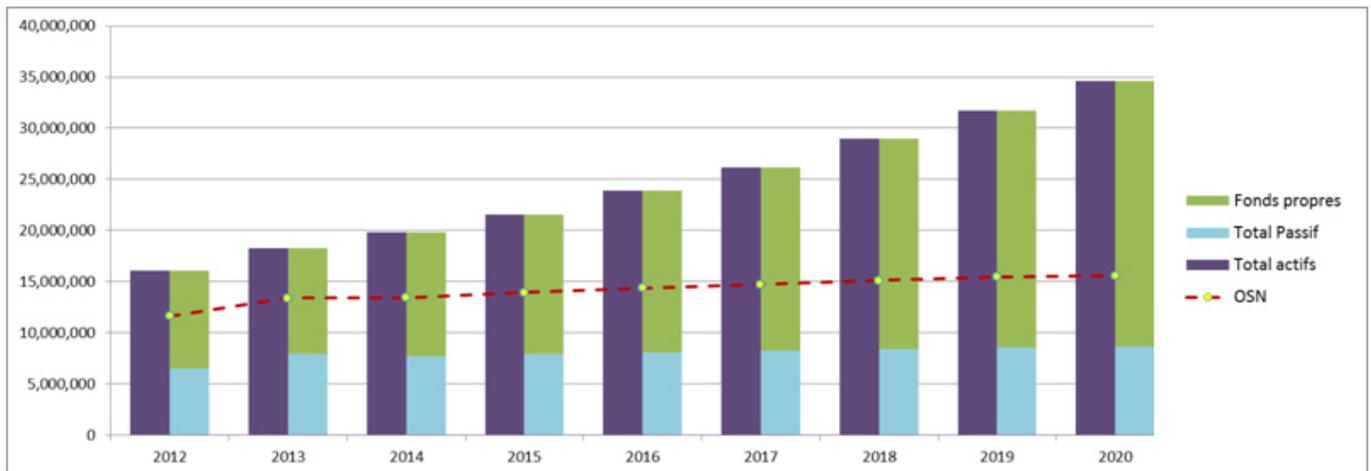
Il convient de rappeler que le modèle ne contient pas de modèle de paiement de dividendes. Les bénéfices futurs générés sont donc tous accumulés, ce qui explique l'évolution importante du ratio de couverture et de l'actif.

### Section 2. Augmentation générale des S/P

L'évolution du ratio de solvabilité, lorsque les ratios sinistres sur primes ultimes augmentent de 50% tout au long de la projection, est la suivante :



Voici un graphique qui détaille l'évolution de l'actif, du passif, du besoin global de solvabilité et des fonds propres tout au long de la projection :



En scénario choqué, des provisions techniques et des parts de réassureurs dans les provisions techniques positives peuvent être observés ce qui n'est pas le cas en scénario central. Voici un tableau récapitulatif :

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>(Figures in EUR)</b>									
Value of assets	16,088,487	18,294,294	19,821,689	21,580,743	23,879,178	26,189,797	29,005,469	31,699,016	34,604,055
Value of technical provisions	2,271,745	2,870,792	2,897,346	2,962,595	3,013,896	3,046,112	3,090,244	3,127,920	3,152,922
Value of other liabilities	1,641,169	2,252,785	1,856,719	1,905,466	1,901,542	1,897,475	1,892,096	1,892,946	1,890,608
Value of the Deferred tax liabilities	2,622,662	2,818,246	2,948,900	3,084,352	3,218,635	3,329,867	3,451,972	3,553,706	3,586,420
Available capital (own funds)	9,552,910.00	10,352,470.25	12,118,724.79	13,628,330.20	15,745,104.67	17,916,342.64	20,571,156.71	23,124,444.07	25,974,104.19
Solvency Capital Requirement	5,084,627	5,463,811	5,717,114	5,979,718	6,240,057	6,455,705	6,692,433	6,889,668	6,953,092
Minimum Capital Requirement	3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000
Required Capital	5,084,627	5,463,811	5,717,114	5,979,718	6,240,057	6,455,705	6,692,433	6,889,668	6,953,092
Free Surplus	4,468,283	4,888,660	6,401,611	7,648,612	9,505,048	11,460,638	13,878,724	16,234,776	19,021,012
Solvency Ratio	188%	189%	212%	228%	252%	278%	307%	336%	374%

### Section 3. Stress test sur les frais

L'impact d'une augmentation de 100% des frais sur l'évolution du ratio de couverture est le suivant:



Il peut être constaté que le ratio de couverture croît beaucoup moins rapidement qu'en scénario central.