

Mémoire présenté le :

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

Par : LE TOUZO Manon

Titre : Mise en place opérationnelle de la méthode de quantification exacte de la marge de
risque

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

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

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

Signature

Entreprise :

Nom : GRANT THORNTON

Signature :

Directeur de mémoire en entreprise :

Nom : M. Jérôme SANDER

Signature :

Invité :

Nom :

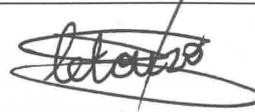
Signature :

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

Signature du responsable entreprise



Signature du candidat



Résumé

La Directive Solvabilité 2 impose aux assureurs de quantifier des provisions techniques composées d'un *best estimate* et d'une marge de risque. La marge de risque correspond au montant qu'une entité de référence exigerait pour accepter d'honorer les engagements d'une entité d'origine jusqu'à l'épuisement du portefeuille.

Le calcul de cette marge de risque repose donc sur la projection des *Solvability Capital Requirement* jusqu'à la liquidation du portefeuille ou *run-off*. En raison de la difficulté que requiert la projection des SCR, l'*European Insurance and Occupational Pensions Authority* ou EIOPA a proposé plusieurs méthodes simplifiées.

Par ailleurs, l'évaluation des SCR projetés repose sur les hypothèses présentées dans l'Article 38 du Règlement 2015-35. L'une d'elle conduit à négliger le risque de marché lorsqu'il n'est pas "important".

L'objet de ce mémoire est une proposition de quantification de la marge de risque selon la méthode exacte, et de mesure des écarts avec la méthode simplifiée la plus utilisée sur la marché. Il s'agira également de s'interroger sur l'impact de l'hypothèse conduisant à négliger le risque de marché.

Abstract

The Solvency II Directive requires insurers to quantify technical reserves. These are composed of a best estimate and a risk margin. The risk margin is the amount that a reference entity would require to agree to honour the obligations of an original entity until the portfolio is liquidated.

The calculation of this risk margin is therefore based on the projection of Solvency Capital Requirement until the portfolio is liquidated or run-off.

Due to the difficulty of projecting SCR, the European Insurance and Occupational Pensions Authority or EIOPA has proposed several simplified methods.

In addition, the valuation of the projected SCR is based on the assumptions set out in Article 38 of the EU Delegated Regulation 2015/35. One of them leads to the omission of market risk when it is not "significant".

This paper is a proposal to quantify this risk margin using the exact method, and measure the difference generated by the use of the most widely used simplified method on the market. It will also deal with the impact of the assumption that market risk is omitted.

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont aidée lors de la rédaction de ce mémoire.

Je voudrais remercier Jérôme Sander, associé chez Grant Thornton, pour sa disponibilité, son encadrement et tout le savoir qu'il a pu me transmettre. Je remercie également Edouard Hardy, Henri Seroussi, Judith NGamije, Hugo Cochard et Antonin Seignole, de l'équipe actuariat, pour leurs conseils, leur gentillesse et leur bienveillance grâce à laquelle j'ai pu m'épanouir dans mes débuts professionnels.

Merci aussi à Pierre-Olivier Goffard pour ses conseils, sa réactivité et le temps qu'il m'a accordé.

Je tiens plus particulièrement à remercier mes parents pour leur soutien inconditionnel et leurs encouragements quoique j'entreprenne et sans qui je n'aurais pas pu aller si loin. Merci pour ces nombreuses relectures approfondies.

Table des matières

1	La marge de risque : définition et simplifications proposées par l'EIOPA	4
1.1	La marge de risque : une notion complexe	4
1.1.1	Définition de la marge de risque : Article 77 de la directive Solvabilité II et Article 37 du Règlement 2015/35	4
1.1.2	Impacts de la révision de Solvabilité 2 sur la marge de risque	7
1.1.3	Le cadre sous-jacent au modèle : Article 38 du Règlement 2015/35	8
1.2	Les méthodes de calcul proposées par l'EIOPA	11
1.2.1	Estimation du SCR par module ou sous module de risque	11
1.2.2	Relation de proportionnalité entre le SCR à la date de calcul et le best estimate	13
1.2.3	Méthode par duration	16
1.2.4	Marge de risque comme pourcentage du best estimate	20
1.3	La marge de risque dans les SFCR de l'exercice 2020	21
1.3.1	Notre benchmark	21
1.3.2	Les méthodes simplifiées utilisées	22
1.3.3	La marge de risques dans le passif d'un (ré)assureur	23
1.3.4	La marge de risques dans les provisions techniques d'un (ré)assureur	23
1.3.5	Le ratio marge de risques / meilleure estimation d'un (ré)assureur	24
1.3.6	Corrélation entre marge de risques et provisions techniques d'un (ré)assureur	25
2	Mise en place d'une méthode exacte pour le calcul de la marge de risque	27
2.1	Passage en revue des différents risques à quantifier	27
2.1.1	Le risque de souscription	27
2.1.2	Le risque de contrepartie	42
2.1.3	Le risque opérationnel	45
2.1.4	Le risque de marché	46
2.2	Outil de projection	52
2.2.1	Architecture informatique	52
2.2.2	Principes généraux de programmation	53
2.2.3	Le calcul de la marge de risque vu comme un exercice ORSA	54
2.3	Modélisation des projections	55
2.3.1	Le taux d'intérêt	55
2.3.2	Projection du risque de souscription non-vie et du risque santé (hors risque de santé similaire à la vie) :	59
2.3.3	Projection du risque de souscription vie et du risque santé similaire à la vie	64
2.3.4	Le risque de marché	66
2.3.5	Le risque de contreparties	68
2.3.6	Les autres exigences du modèle	74
3	Applications et résultats des modèles	75
3.1	Présentation des données	75
3.1.1	Contexte	75
3.1.2	Les données	76
3.2	Résultats des modèles	81
3.2.1	Risque de marché négligeable	81

3.2.2	Minimisation du risque de marché	89
3.2.3	Comparaison des résultats	92
4	Discussions autour de la réglementation	94

Table des figures

1.1	Transfert du portefeuille	4
1.2	Evaluation de la marge de risque	5
1.3	Présentation de la notion de circularité entre marge de risque et SCR	6
1.4	Distinction de l'activité et de la nature des prestations	8
1.5	Présentation des modules et sous-modules	11
1.6	Présentation des modules et sous-modules du modèle	12
1.7	Projection des modules et sous-modules du modèle	13
1.8	Logique sous-jacente à la méthode de la durée	18
1.9	Présentation du raisonnement sous-jacent aux taux forward	19
1.10	Organismes actifs par type au 31/12/2020	21
1.11	<i>Quantitative Reporting Templates</i> récupérés et exploités	21
1.12	Répartition des méthodes de simplification utilisées par les organismes non-vie sur l'exercice 2014	22
1.13	Répartition des méthodes de simplification utilisées par les organismes vie sur l'exercice 2014	22
1.14	Répartition des méthodes de simplification utilisées par les organismes non-vie sur l'exercice 2020	22
1.15	Répartition des méthodes de simplification utilisées par les organismes vie sur l'exercice 2020	22
1.16	Décomposition moyenne des provisions techniques brutes de réassurance par type d'organisme	23
1.17	Marge de risque / meilleure estimation par activité	24
1.18	Marge de risque / meilleure estimation par forme juridique	24
1.19	Marge de risque versus provisions techniques nettes de réassurance par type d'organisme (échelles logarithmiques pour les deux axes)	25
1.20	Marge de risque versus provisions techniques nettes de réassurance des organismes non-vie par méthode de calcul (échelles logarithmiques pour les deux axes)	26
2.1	Exemples de contrats et de leur contribution à la mesure de volume en non-vie	30
2.2	Exemple simplifié d'un portefeuille de contrats profitable	33
2.3	Exemple simplifié d'un portefeuille de contrats profitable après un choc de cessation	34
2.4	Interface de l'outil SCube	52
2.5	Interaction des bases SCube	53
2.6	Présentation de la classe des risques dans SCube	53
2.7	Présentation des méthodes des provisions dans SCube	54
2.8	Interface de paramétrage d'une analyse Solvabilité 2 dans SCube	54
2.9	Schéma explicatif des taux forward	55
2.10	Courbe EIOPA 31/12/2020 (Sans VA)	56
2.11	Taux forward calculés à partir de la courbe "AA RATING EUR REPS CREDIT CURVE 31/12/2021"	57
2.12	Premières années des courbes forward	58
2.13	Définition des courbes de taux aux différents horizons de projection	58
2.14	Exemples de contrats et de leur contribution à la mesure de volume en non-vie	59
2.15	Schéma explicatif du montant de P_s à retenir dans la marge de risque	61
2.16	Business plan de l'entité	61

2.17	Schéma explicatif des flux de sinistralité du portefeuille	62
2.18	Schéma explicatif du calcul de provisions	63
2.19	Flux d'une rente viagère en $t = 0$	64
2.20	Flux d'une rente viagère en $t = 1$	65
2.21	Flux d'une rente viagère en $t = 2$	65
2.22	Bilan simplifié de l'entreprise de référence	67
2.23	Exemple de liste des tiers intégrée dans SCube	68
2.24	Schéma explicatif des flux de réassurance du portefeuille	69
2.25	Exemple de partition de tiers dans SCube	70
2.26	Exemple de plan comptable dans SCube	71
2.27	Interaction entre les tables dans SCube	72
2.28	Exemple de nantisements dans SCube	73
2.29	Méthodologie de calcul de l'effet d'atténuation	73
3.1	Branches d'agrément de l'entité	75
3.2	Flux de réassurance du risque "Auto - Dommages"	79
3.3	Partition de réassurance du risque "Auto - RC"	80
3.4	Matrice des résultats hors risque de marché	81
3.5	Calcul du risque de primes et de réserves (santé) de la marge de risque	82
3.6	Calcul du risque de primes et de réserves (santé) réglementaire	82
3.7	SCR de souscription en santé hors risque de marché	83
3.8	Calcul du risque de primes et de réserves (non-vie) de la marge de risque	83
3.9	Calcul du risque de primes et de réserves (non-vie) réglementaire	84
3.10	SCR de souscription en non-vie hors risque de marché	84
3.11	SCR de souscription en vie hors risque de marché	85
3.12	SCR de souscription vie - longévité hors risque de marché	85
3.13	SCR hors risque de marché	86
3.14	SCR projetés actualisés	87
3.15	Calcul de la marge de risque hors risque de marché	87
3.16	Synthèse des résultats de la marge de risque hors risque de marché	88
3.17	Mécanisme d'évolution des dépôts	90
3.18	Matrice des résultats avec le risque de marché	90
3.19	SCR avec le risque de marché	91
3.20	SCR de défaut avec le risque de marché	91

Liste des tableaux

1.1	Exemple d'application de la méthode proportionnelle	14
1.2	Exemple d'application de la méthode proportionnelle (suite)	15
1.3	Exemple d'application de la méthode par durée	17
1.4	Exemple d'application de la méthode par durée (suite)	17
2.1	Coefficients de corrélation du module "non-vie"	28
2.2	Exemple numérique simple du calcul du SCR de primes et de réserves	31
2.3	Exemple numérique simple du calcul du SCR de primes et de réserves (suite)	31
2.4	Exemple numérique simple du calcul du SCR de primes et de réserves (suite bis)	32
2.5	Exemple de choc de mortalité sur la table TGF - 05	34
2.6	Exemple de choc de longévité sur la table TGF - 05	35
2.7	Exemple de répercussion du choc longévité sur une rente	35
2.8	Exemple du choc d'invalidité sur la loi de maintien du BCAC (2013)	36
2.9	Coefficients de corrélation du module "vie"	37
2.10	Coefficients de corrélation du module "Santé"	38
2.11	Coefficients de corrélation du sous-module "Santé - SLT"	40
2.12	Exemple d'application de calcul du SCR_{ma} : données réglementaires	41
2.13	Exemple d'application de calcul du SCR_{ma}	41
2.14	Exemple de correspondance entre les notations d'agence et les CQS associées	43
2.15	Exemple numérique du calcul d'un SCR défaut	44
2.16	Exemple numérique du calcul d'un SCR défaut (suite)	44
2.17	Exemple numérique du calcul d'un SCR défaut (suite bis)	44
2.18	Coefficient de corrélation du module "marché"	47
2.19	Choc de taux d'intérêt selon les maturités	48
3.1	Exemples de primes considérées pour l'année $t = 0$	76
3.2	Exemple de sinistralité considérée pour le risque "Auto - Dommages"	77
3.3	Prestations brutes de réassurance pour le risque "Auto - Dommages"	78
3.4	Montant de réassurance en $t = 0$ par risque	79

Introduction

Alors que la Directive Solvabilité II est entrée en application depuis le 1er janvier 2016, sa mise en place opérationnelle est en constante amélioration au sein des entreprises d'assurances et de réassurances.

L'une des clés de voûte de ce texte est l'adoption d'une vision économique du bilan des entreprises là où une vision historique était préférée jusqu'alors. Dans un même temps, la Directive précise les composantes des provisions techniques qui constituent une part considérable du passif des assureurs. A titre d'exemple, sur l'exercice 2020 les provisions techniques brutes représentaient en moyenne 66,81 % du passif des assureurs et des réassureurs soumis à Solvabilité II. Celles-ci sont définies comme la somme de la meilleure estimation, appelée aussi *best estimate*, et de la marge de risque, ou *risk margin*. La meilleure estimation correspond à l'actualisation des flux futurs probabilisés de l'entité. Quant à la marge de risque, elle correspond au montant qu'une entité exigerait pour accepter d'honorer les engagements d'une autre entité jusqu'à l'épuisement du portefeuille des contrats.

Dans ce mémoire, nous nous concentrerons sur la quantification de la marge de risque. Celle-ci n'est pas chose aisée puisqu'il s'agit de projeter les capitaux de solvabilité requis ou *Solvability Capital Requirement* ou SCR jusqu'à l'extinction du portefeuille ce qui s'avère très coûteux. Afin de permettre une mise en place opérationnelle efficace de la Directive, l'*European Insurance and Occupational Pensions Authority* ou EIOPA a proposé quatre méthodes d'évaluation dans sa publication « Orientations sur la valorisation des provisions techniques ». Ces méthodes sont présentées de la plus complexe à mettre en œuvre à la plus simple. L'EIOPA précise cependant que l'entité doit être en mesure de justifier de la pertinence de l'utilisation d'une méthode simplifiée et donc de démontrer que « l'écart n'est pas important par rapport à la marge de risque dans sa totalité ». Cela sous-entend donc que l'entité doit être en mesure de quantifier de manière exacte sa marge de risque : c'est donc ce que nous chercherons à faire dans ce mémoire.

Pour ce faire, nous aborderons tout d'abord la définition de la marge de risque présentée dans l'Article 77 de la Directive Solvabilité II et l'Article 37 du Règlement 2015/35 ainsi que les hypothèses de calcul sous-jacentes présentées dans l'Article 38 de ce même règlement. Nous présenterons ensuite les différentes méthodes proposées par l'EIOPA ainsi que des exemples numériques simples. Dans un deuxième chapitre, nous proposerons la mise en place de la méthode exacte pour quantifier la marge de risque. Pour cela, nous présenterons les différents risques à évaluer et la façon dont ils

sont quantifiés à travers la formule standard. Aussi, nous proposerons un modèle opérationnel pour projeter les SCR dans le temps. Dans un premier temps nous ignorerons le risque de marché comme spécifié dans le point *(ii)* de l'hypothèse *(i)* présenté dans l'Article 38 du Règlement 2015/35 puis nous tenterons de l'inclure au modèle.

Enfin, nous appliquerons notre modèle ainsi que les méthodes de simplifications proposées par l'EIOPA à nos données. Dans ce mémoire, nous considérons les données relatives à un organisme d'assure non-vie. Après avoir présenté les données nous leur appliquerons donc les méthodes construites et nous discuterons de la pertinence de ceux-ci.

Chapitre 1

La marge de risque : définition et simplifications proposées par l'EIOPA

Dans ce premier chapitre, nous allons tout d'abord présenter la marge de risque comme elle est définie dans la réglementation. Pour ce faire, nous aborderons dans un premier temps l'Article 77 de la Directive Solvabilité II qui présente littéralement la marge de risque ainsi que l'Article 37 du Règlement 2015/35 qui apporte une définition mathématique de cette notion. Nous étudierons ensuite les différentes hypothèses de calculs présentées dans l'Article 38 du Règlement 2015/35 auxquelles doit répondre la marge de risque. Enfin, nous présenterons les différentes méthodes de calcul proposées par l'EIOPA en les évoquant successivement.

1.1 La marge de risque : une notion complexe

1.1.1 Définition de la marge de risque : Article 77 de la directive Solvabilité II et Article 37 du Règlement 2015/35

La notion de marge de risque est introduite dans la directive Solvabilité II et plus particulièrement dans l'article 77 de la façon suivante : « La marge de risque est calculée de manière à garantir que la valeur des provisions techniques est équivalente au montant que les entreprises d'assurance et de réassurance demanderaient pour reprendre et honorer les engagements d'assurance et de réassurance. ». En d'autres termes, la marge de risque prévoit qu'un assureur doit disposer, à la suite d'un choc le menant à utiliser tout son capital et son surplus, de suffisamment d'actifs pour liquider et transférer ses obligations à un tiers.

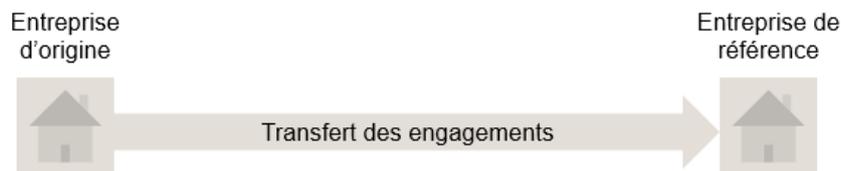


FIGURE 1.1 – Transfert du portefeuille

Concrètement, considérons une situation dans laquelle l'assureur A dispose d'une *Best Estimate of Liabilities (BeL)* d'un montant de 100. Si ce même assureur est contraint de transférer ses engagements à un assureur B, celui-ci va, naturellement, recevoir 100 de la part de l'assureur A. Ce montant va exclusivement permettre d'honorer les engagements de l'assureur A.

Le repreneur devra par ailleurs constituer des fonds propres à un niveau égal au SCR des engagements transférés. Or ne disposant pas de ces fonds propres, il va emprunter la somme auprès d'une banque. Cet emprunt fera l'objet de remboursement d'intérêts, qu'il est naturel de faire supporter à l'assureur A. La marge de risque peut donc être vue comme « le coût du capital » lié à cet emprunt fictif.

Bien que la notion de marge de risque soit assez intuitive, son évaluation n'est pas chose aisée. C'est pourquoi la mise en œuvre pratique du calcul de la marge de risque a été définie dans l'Article 37 du Règlement 2015-35. Le Règlement propose d'évaluer la marge de risque en considérant le coût d'immobilisation d'un montant de fonds propres proportionnel au capital de solvabilité requis afin d'honorer les engagements d'assurance et de réassurance jusqu'à l'épuisement du portefeuille transféré. L'évaluation se fait donc à travers ces différentes étapes :

- Projection des Solvability Capital Requirement (SCR) futurs jusqu'à ce que l'ensemble du portefeuille soit liquidé. L'évaluation de cette quantité est donc d'autant plus compliquée que les contrats de l'entité en question sont à passifs longs puisqu'il faut alors faire des hypothèses sur de nombreuses années ce qui introduit d'autant plus d'incertitude.
- Actualisation des flux afin de rapporter cette valeur au temps initial.
- Application d'un taux reflétant le coût d'immobilisation du besoin en capital année après année jusqu'à ce que les passifs d'assurance soient taris.

Ces différentes étapes peuvent être synthétisées au travers du schéma 1.2 :

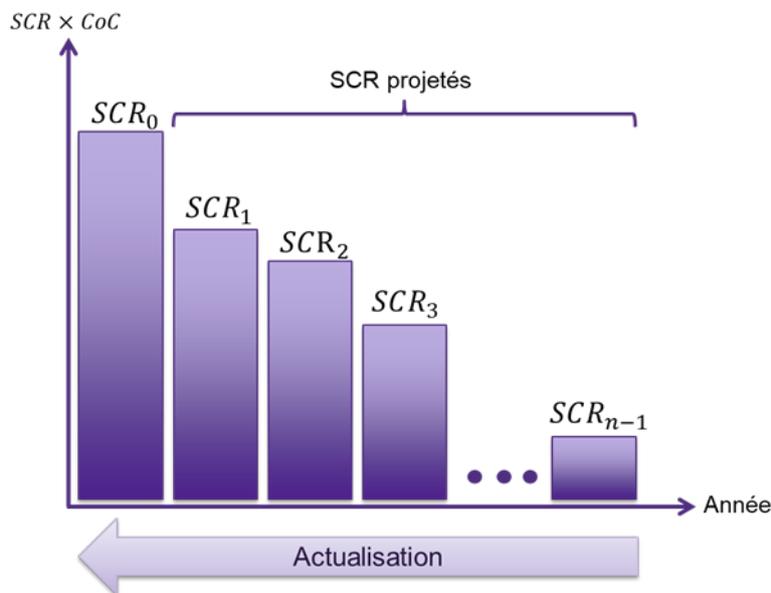


FIGURE 1.2 – Evaluation de la marge de risque

Dans le Règlement 2015/35, l'évaluation de la marge de risque correspond au calcul suivant :

$$MR = CoC \times \sum_{t \geq 0} \frac{SCR(t)}{(1 + r_{t+1})^{t+1}} \quad (1.1)$$

Avec :

- CoC le taux du capital fixé à 6 % par l'Article 39
- $SCR(t)$ le capital de solvabilité requis de l'entreprise de référence pour l'année t
- r_{t+1} le taux d'intérêt sans risque de base pour l'échéance $t + 1$ années

Notons que le taux d'intérêt à considérer est bien celui d'échéance $t + 1$ puisque la quantification de la marge de risque se fait à la fin de la période d'exercice. Cela justifie également que le $SCR(0)$ n'est pas un SCR calculé sur des flux projetés : il s'agit du SCR effectivement calculé pour l'année en cours ajusté en fonction des hypothèses que requiert la marge de risque, et que nous détaillerons dans la section 1.1.3 (notamment le *run-off*).

Le taux du coût du capital doit donc être appliqué au SCR pour chaque année et refléter le coût d'immobilisation des fonds propres supporté par l'entreprise de référence. Il correspond au taux qu'une entité supporte lors de l'immobilisation du montant de fonds propres égal au SCR jusqu'à l'épuisement des engagements d'assurance et de réassurance sur toute la durée de vie du portefeuille. Ce taux est totalement indépendant de la solvabilité de l'entreprise. Il est supposé identique pour toutes les entreprises. Aussi celui-ci doit être un taux à long terme qui reflète aussi bien les périodes de stabilité que les périodes de stress. Finalement, le taux du coût du capital est fixé à l'Article 39 du Règlement délégué 2015/35 et est égal à 6 %. Notons que dans le cadre de la révision de Solvabilité 2, il est envisagé d'ajuster le taux du coût de capital comme nous le présentons dans la sous section 1.1.2 suivante.

La marge de risque doit être calculée au global, puis ventilées selon la contribution de chacune des activités au SCR de l'entreprise de référence jusqu'à l'épuisement des engagements. Les méthodes de ventilation de la marge de risque ne seront pas abordées dans ce mémoire.

Rappelons que sous Solvabilité 2, les provisions techniques correspondent à la somme de la meilleure estimation (ou *best estimate*) et de la marge de risque. Dans un même temps, les provisions techniques sont utilisées dans le calcul de nombreux SCR. A ce stade, on remarque donc que la marge de risque est une composante du SCR or il est nécessaire de disposer de ces mêmes SCR pour calculer la marge de risque : il existe donc une notion de circularité entre ces deux concepts.

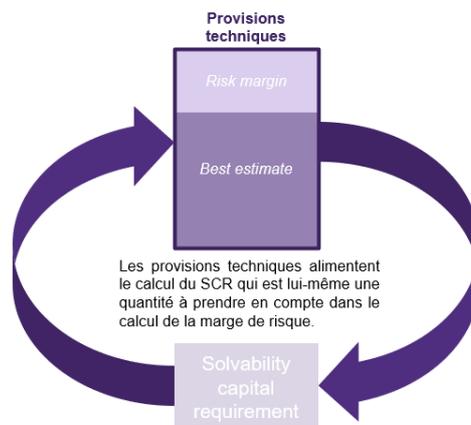


FIGURE 1.3 – Présentation de la notion de circularité entre marge de risque et SCR

Afin de contourner ce problème, l'EIOPA a proposé d'ignorer la marge de risque dans la détermi-

nation des provisions utilisées pour quantifier le SCR lui-même utilisé pour le calcul de la marge de risque. L'EIOPA a justifié ce choix par le fait que la taille relative de la marge de risque sur l'ensemble des passifs est relativement faible et l'impact de cette hypothèse est donc négligeable. A titre d'information, à partir des données disponibles dans les *Solvency and Financial Conditions Report* (SFCR) appelés aussi Rapport sur la Solvabilité et la Situation Financière, et les *Quantitative Reporting Templates* (QRT) des entités, on observe qu'en moyenne la marge de risque représente 3,6 % du passif des organismes soumis à Solvabilité 2 sur l'exercice 2020 et 1,79 % des provisions techniques nettes de réassurance.

1.1.2 Impacts de la révision de Solvabilité 2 sur la marge de risque

La Commission Européenne a publié sa proposition de révision du cadre Solvabilité 2 le 22 septembre 2021. La Commission rappelle qu'au-delà de garantir une protection face aux aléas inhérents aux risques du quotidien, les (ré)assureurs sont parmi les plus gros investisseurs institutionnels avec plus de 7 000 milliards d'euros de provisions et plus de 10 000 milliards d'euros d'actifs. Elle propose donc notamment d'inciter les assureurs à contribuer au financement durable et à long terme de l'économie. Le réexamen répond également à d'autres objectifs tels que l'amélioration de la sensibilité au risque ou encore l'atténuation de la volatilité de la solvabilité des assureurs à court terme.

Une section de cette révision est consacrée à la marge de risque. Cette discussion est née d'un constat : la formule utilisée pour quantifier la marge de risque évalue des quantités trop élevées pour les activités d'assurance à long terme.

Pour pallier ce constat, l'Autorité Européenne des Assurances et des Pensions Professionnelles (AEAPP) ou EIOPA a proposé d'intégrer deux paramètres supplémentaires à la formule de la marge de risque :

- Un paramètre lambda dépendant du temps qui permettrait de réduire mécaniquement la valeur et la volatilité de la marge de risque pour les activités à long terme. La valeur de ce paramètre a été proposée par l'EIOPA ;
- Un paramètre plancher qui permettrait de définir un niveau en deçà duquel la marge de risque ne pourrait pas descendre par rapport au niveau actuel.

Seule la première approche a été conservée dans la proposition de révisions réalisée par la Commission. La seconde ne permettant pas d'atténuer suffisamment la volatilité.

La Commission Européenne propose également de réduire le taux du capital considéré dans la formule pour l'abaisser à 5 % (contre 6 % auparavant) en cohérence avec la réduction du coût du capital constatée pour les entreprises d'assurance et de réassurance ces dernières années.

La formule de la marge de risque deviendrait alors :

$$MR = CoC_{5\%} \times \sum_{t \geq 0} \frac{SCR_t}{(1 + r_{t+1})^{t+1}} \times \lambda^t \quad \text{avec } \lambda = 0,975 \quad (1.2)$$

Pour information, l'adoption de ces modifications permettrait de réduire le montant des marges de risques de plus de 50 milliards d'euros pour le secteur assurantiel européen. Une somme qui représente une potentielle capacité d'investissement non négligeable dans les entreprises européennes pour relancer l'économie à la suite de la pandémie du COVID-19.

1.1.3 Le cadre sous-jacent au modèle : Article 38 du Règlement 2015/35

L'Article 38 du Règlement 2015/35 présente le cadre dans lequel il faut se placer pour le calcul de la marge de risque. Il existe une dizaine d'hypothèses qui régit le transfert théorique des engagements de l'entreprise d'origine vers l'entreprise de référence, à savoir :

- (a) « La totalité du portefeuille d'engagements d'assurance et de réassurance de l'entreprise d'assurance ou de réassurance qui calcule la marge de risque (entreprise d'origine) est reprise par une autre entreprise d'assurance ou de réassurance (entreprise de référence) ;
» : L'entreprise de référence reprend l'exhaustivité des engagements du portefeuille des contrats d'assurance et de réassurance de l'entreprise d'origine.
Il est important de noter qu'à ce stade, le texte parle des engagements et non du portefeuille des actifs.
- (b) b- « Nonobstant le point a), lorsque l'entreprise d'origine exerce simultanément des activités d'assurance vie et non-vie conformément à l'article 73, paragraphe 5, de la directive 2009/138/CE, le portefeuille d'engagements d'assurance se rapportant à des activités d'assurance vie et des engagements de réassurance vie, et le portefeuille d'engagements d'assurance se rapportant à des activités d'assurance non-vie et des engagements de réassurance non-vie sont repris séparément par deux entreprises de référence différentes ;
» : il faut distinguer les notions d'activité et de nature des prestations de l'entreprise d'origine. Ce distinction est présenté dans le schéma 1.4.



FIGURE 1.4 – Distinction de l'activité et de la nature des prestations

Concrètement, si un assureur IARD propose des contrats automobiles, c'est une activité de la branche non-vie. En revanche, les prestations de ce même assureur peuvent être à la fois des prestations de type vie (rente en cas d'accident de la route) ou non-vie (bris de glace). Lors de la reprise du portefeuille par l'entreprise de référence, c'est bel et bien la notion de type de prestation qui caractérise le portefeuille : deux entités distinctes doivent reprendre les engagements d'assurance nés des prestations d'assurance vie et des engagements de réassurance vie et réciproquement pour la non-vie.

- (c) « Le transfert des engagements d'assurance et de réassurance comprend tous les contrats de réassurance et arrangements avec des véhicules de titrisation se rapportant à ces engagements ; » : Au-delà du transfert des engagements sont aussi transférées les couvertures de réassurance liées aux contrats transmis,
- (d) « L'entreprise de référence n'a pas d'engagement d'assurance ou de réassurance ni de fonds propres avant le transfert ; » : Avant le transfert, le bilan de l'entreprise de référence est vide. Il convient donc de considérer un bilan dans lequel l'intégralité des postes contient une valeur nulle.
- (e) « Après le transfert, l'entreprise de référence n'assume aucun nouvel engagement d'assurance ou de réassurance ; » : Aucun nouveau contrat ne peut être souscrit après la

date de transaction. On dit alors que l'entreprise est en *run-off* autrement dit il s'agit d'une stratégie de liquidation de portefeuille. La notion de *run-off* n'est pas définie officiellement par la réglementation. Selon notre compréhension de la notion, la liquidation du portefeuille se réfère à une situation dans laquelle les polices d'assurance et de réassurance ne sont pas renouvelées. En revanche, les engagements découlant de ces contrats sont à honorer par l'entreprise jusqu'à la liquidation de tous les sinistres. Ce sont donc les **engagements** et uniquement les engagements qui sont transférés.

- (f) « Après le transfert, l'entreprise de référence lève des fonds propres éligibles d'un montant égal au capital de solvabilité requis nécessaire pour faire face aux engagements d'assurance et de réassurance sur leur durée de vie ; » : Après le transfert l'entreprise de référence à un ratio de solvabilité de 100 %. La levée de fonds conséquente à la reprise des engagements de l'entité d'origine justifie l'approche par le coût du capital. En effet, l'entité de référence va emprunter sur le marché un montant destiné à constituer ses fonds propres. Le coût du capital est donc destiné à absorber ce coût d'emprunt.
- (g) « Après le transfert, l'entreprise de référence dispose d'actifs dont le montant est égal à la somme de son capital de solvabilité requis et des provisions techniques, nette des montants recouvrables au titre des contrats de réassurance et des véhicules de titrisation ; » : Après le transfert, il n'existe pas d'excès d'actifs sur le passif y compris les fonds propres.
- (h) « Les actifs sont sélectionnés de manière à minimiser le capital de solvabilité requis pour le risque de marché auquel l'entreprise de référence est exposée ; » : L'entreprise de référence cherche à minimiser le risque de marché. Dans la suite de notre étude, nous aborderons plus particulièrement ce point afin de déterminer quel type de stratégie d'investissement permet au mieux de répondre à cette hypothèse.
- (i) « Le capital de solvabilité requis de l'entreprise de référence couvre tous les risques suivants :
 - i. « Le risque de souscription relatif aux activités transférées » ; ici le risque de souscription correspond au risque auquel se soumet l'entreprise de référence en acceptant de reprendre les engagements de l'entreprise d'origine. Celui-ci est défini dans l'Article 13 de la Directive comme « le risque de perte ou de changement défavorable de la valeur des engagements d'assurance, en raison d'hypothèses inadéquates en matière de tarification et de provisionnement ; » ;
 - ii. « Lorsqu'il est important, le risque de marché visé au point h), autre que le risque de taux d'intérêt ; » rappelons que le risque de marché correspond au risque lié à la perte potentiellement générée par des fluctuations défavorables des instruments financiers contenus dans le portefeuille de l'entité. Il est défini formellement dans le même Article que cité précédemment comme « le risque de perte, ou de changement défavorable de la situation financière, résultant, directement ou indirectement, de fluctuations affectant le niveau et la volatilité de la valeur de marché des actifs, des passifs et des instruments financiers ; » ;
 - iii. « Le risque de crédit relatif aux contrats de réassurance, aux arrangements avec les véhicules de titrisation, aux intermédiaires, aux preneurs et à toute autre exposition importante étroitement liée aux engagements d'assurance et de réassurance » ; plus généralement, le risque de crédit regroupe les risques financiers liés aux incapacités d'un agent à honorer ses engagements de remboursement. Il s'agit généralement d'un particulier, d'une entreprise ou d'un Etat. Nous trouvons une définition formelle dans la Directive qui spécifie que le risque de crédit est « le risque de perte, ou de changement défavorable de la situation financière, résultant de fluctuations affectant la qualité de crédit d'émetteurs de valeurs mobilières, de contreparties ou de tout débiteur, auquel les entreprises d'assurance et de réassurance sont exposées sous forme de risque de contrepartie, de risque lié à la marge ou de concentration du risque de marché » ;

- iv. « Le risque opérationnel » ; ce risque est défini dans l'Article 13 de la Directive Solvabilité II au point 33 comme « le risque de perte résultant de procédures internes, de membres du personnel ou de systèmes inadéquats ou défaillants, ou d'événements extérieurs ; »
- (j) « La capacité d'absorption des pertes des provisions techniques, visée à l'article 108 de la directive 2009/138/CE, de l'entreprise de référence correspond, pour chaque risque, à la capacité d'absorption des pertes des provisions techniques de l'entreprise d'origine ; » : L'entreprise d'origine et l'entreprise de référence ont la même capacité d'absorption de pertes par les provisions techniques.
- (k) « Il n'y a pas de capacité d'absorption de pertes des impôts différés, telle que visée à l'article 108 de la directive 2009/138/CE, pour l'entreprise de référence ; » : Pour évaluer la marge de risque on ne tient pas compte de la capacité d'absorption des pertes par les impôts différés. En général, une entreprise qui réalise des pertes se verra attribuer un crédit d'impôt qui viendra réduire son déficit mais ce mécanisme n'est pas considéré dans le calcul de la marge de risque.
- (l) « Dans le respect des points e) et f), l'entreprise de référence adoptera de futures décisions de gestion cohérentes avec les futures décisions de gestion dont la mise en œuvre est présumée, telles que visées à l'article 23, de l'entreprise d'origine. » : L'entreprise de référence prendra des décisions de gestion qui sont cohérentes avec celles qu'auraient prises l'entreprise d'origine.

Nous pouvons dès lors mettre en avant les deux hypothèses sur lesquelles ce mémoire va se concentrer à savoir les points (*h*) et (*i*) relatifs à la gestion des actifs. En effet, le premier point évoqué spécifie que l'entreprise de référence cherche à minimiser son risque de marché. Il s'agira alors d'étudier quelle allocation d'actif permet à l'entreprise de minimiser son capital de solvabilité requis de marché. De plus, il est spécifié dans le second point qu'il est possible de négliger le risque de marché lorsque celui-ci n'est pas important et qu'il est lié, de surcroît, au taux d'intérêt. Il s'agira alors de s'interroger sur l'ordre de grandeur à considérer pour qualifier le risque de marché d'important.

1.2 Les méthodes de calcul proposées par l'EIOPA

La difficulté principale lors de l'évaluation de la marge de risque est de déterminer les SCR futurs. En effet, il existe une incertitude sur les bilans futurs de l'entreprise et de surcroît sur les futurs capitaux de solvabilité requis : ainsi plus l'horizon est éloigné plus l'incertitude est grande. Même en mettant de côté l'effet de circularité comme spécifié dans la partie précédente, la projection des SCR est technique. Pour contrer cette difficulté l'EIOPA a publié une Orientation sur la valorisation des provisions techniques présentant différentes méthodes au sein de l'Orientation 62 que nous allons aborder ci-dessous en partant de la plus complexe pour finir par la plus simple à mettre en œuvre.

1.2.1 Estimation du SCR par module ou sous module de risque

Dans cette méthode, pour chaque année jusqu'à la liquidation du portefeuille, il faut évaluer l'intégralité des capitaux de solvabilité requis futurs pour chaque module et sous module qui entrent dans le périmètre de la compagnie. Il s'agit ensuite d'agrèger les sous-modules en considérant les effets de diversification : cela donne les SCR à pondérer par le coût du capital afin d'obtenir la marge de risque.

Pour rappel, les modules de risque sous Solvabilité II sont présentés à travers le schéma 1.5 :

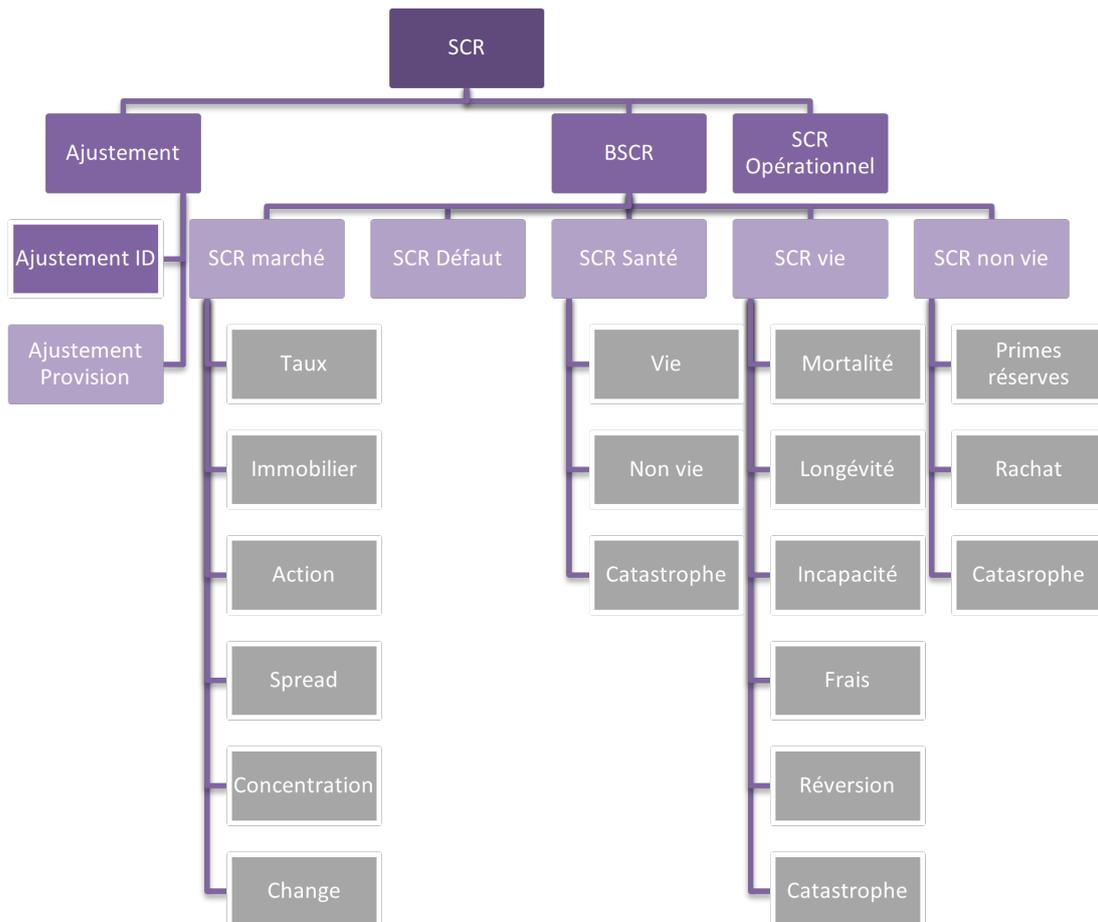


FIGURE 1.5 – Présentation des modules et sous-modules

Au sein de chacun de ces modules se trouvent des sous modules par exemple dans le risque de souscription non-vie on trouve un sous module « Primes réserves », un sous-module "Rachat" et

un autre sous-module « Catastrophe ». Il s'agit donc de quantifier les capitaux de solvabilité requis pour chaque sous module avant de les agréger conformément à la méthode de calcul réglementaire. Et enfin, d'utiliser la matrice de corrélation afin de quantifier le SCR global. Ici, on procède donc à l'évaluation exacte du capital de solvabilité requis pour chaque année jusqu'à l'épuisement du portefeuille.

La mise en oeuvre de cette méthode va consister dans un premier temps à calculer un SCR sans tenir compte du risque de marché, ni de l'ajustement sur les impôts différés ce qui conduit à considérer les modules présentés dans le schéma 1.6

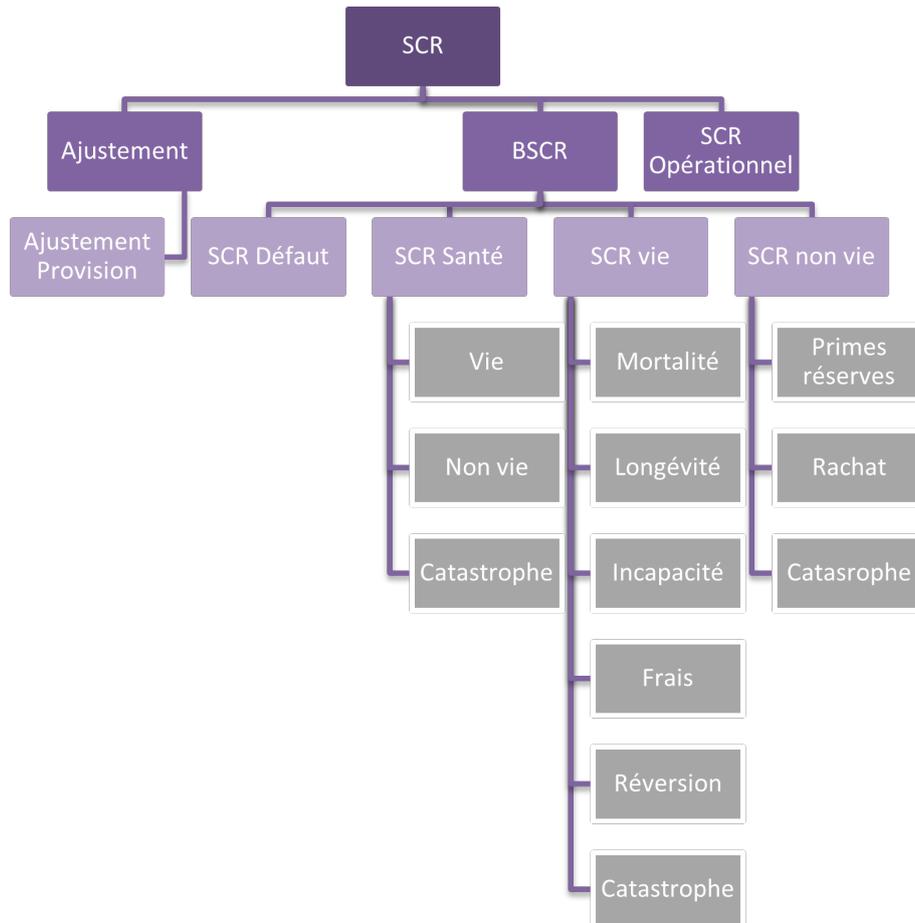


FIGURE 1.6 – Présentation des modules et sous-modules du modèle

La difficulté va ensuite consister à être capable de calculer chacun des SCR projetés dans le futur, afin de les actualiser à la date de clôture. C'est ce qui est représenté dans le schéma 1.7.

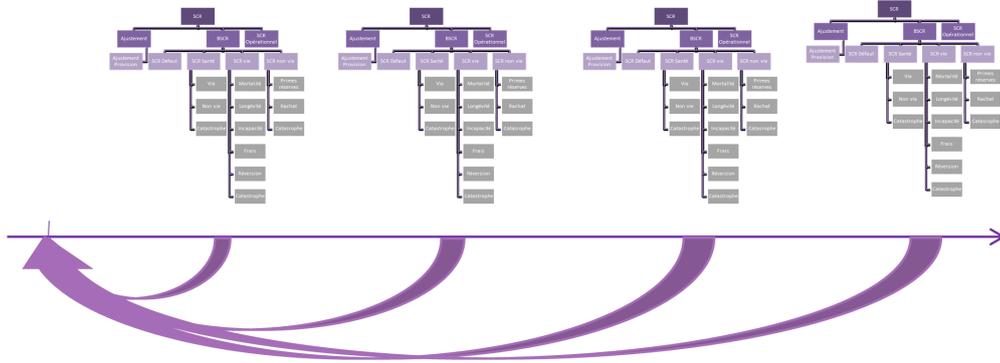


FIGURE 1.7 – Projection des modules et sous-modules du modèle

1.2.2 Relation de proportionnalité entre le SCR à la date de calcul et le best estimate

La seconde méthode propose d'estimer le montant global du capital de solvabilité requis pour chaque année en considérant que ce montant est proportionnel à la meilleure estimation. Autrement dit il est possible d'exprimer $SCR_t = p \times BE_t$. En considérant la situation initiale on obtient $p = \frac{SCR_0}{BE_0}$. La généralisation de la formule précédente permet d'obtenir les capitaux de solvabilité requis en toute date à partir du montant du best estimate :

$$SCR(t) = \frac{SCR(0)}{BE_{net}(0)} \times BE_{net}(t) \quad (1.3)$$

Il en suit donc :

$$MR = CoC \times \sum_{t \geq 0} \frac{SCR(t)}{(1 + r_{t+1})^{t+1}} \quad (1.4)$$

$$\Leftrightarrow MR = CoC \times SCR(0) \times \sum_{t \geq 0} \frac{BE(t)}{BE(0) \times (1 + r_{t+1})^{t+1}} \quad (1.5)$$

Avec cette méthode, le capital de solvabilité global à la date initiale est projeté en fonction de la liquidation des engagements jusqu'à leur épuisement. Il faut donc considérer les montants des flux futurs actualisés nets de réassurance.

L'EIOPA précise que cette méthode ne peut être utilisée s'il existe des valeurs de best estimate négatives à la date de valorisation ou à des dates ultérieures.

Cette simplification requiert également que le profil de risque de l'entreprise soit stable. Cela se réfère à un certain nombre de points détaillés par l'EIOPA à savoir :

- La composition des sous-risques au sein des risques de souscription doit être analogue chaque année,
- Les traités de réassurance et les véhicules de titrisation doivent être identiques pour le risque de contrepartie,
- Le risque de marché non évitable en relation avec la meilleure estimation nette de réassurance est similaire,

- La quote-part des réassureurs et des véhicules de titrisations par rapport à la meilleure estimation est identique pour le risque opérationnel,
- La capacité d'absorption des pertes des provisions techniques doit être équivalente à celle de la meilleure estimation nette.

Si ces hypothèses ne sont pas respectées, l'entreprise devra mener une étude pour quantifier l'écart résultant du non-respect de celles-ci. Si l'effet de cet écart est négligeable par rapport à la marge de risque dans sa totalité alors l'entreprise pourra tout de même utiliser cette méthode. Dans le cas contraire, elle devra avoir recours à une méthode plus sophistiquée.

A la lecture de la réglementation, il semblerait que l'EIOPA préconise d'utiliser le capital de solvabilité réglementaire pour appliquer la méthode proportionnelle. Or, ce SCR réglementaire ne tient pas compte des hypothèses de l'Article 38 du Règlement 2015/35. Par exemple, le calcul réglementaire omet la situation de *run-off* : cela se traduit notamment par le fait que l'on considère des primes pour les périodes passées et futures. Par conséquent, le SCR pris en compte dans cette méthode simplifiée ne reflète pas le cadre sous-jacent au calcul de la marge de risque. Une piste d'amélioration permettant d'assurer une meilleure cohérence entre la méthode exacte et la méthode proportionnelle serait donc de considérer un $SCR(0)$ qui tiennent compte de la définition de la marge de risque.

Notons que dans le cadre d'un traité de réassurance à 100 %, l'application de cette simplification mène à considérer une marge de risque nulle. En effet, en considérant un portefeuille intégralement réassuré, les flux futurs actualisés, déduction faite de la réassurance, sont nuls ce qui génère une marge de risque nulle. Ce cas particulier n'a pas été considéré par l'EIOPA.

Exemple simple d'application de la méthode proportionnelle :

Appliquons cette simplification sur un exemple numérique. On considère ici que l'on connaît le montant des best estimate pour chaque période et le montant du SCR_0 . La méthode simplifiée nous permet de déterminer les SCR à chaque pas de temps :

$t =$	BE_t	SCR_t
0	74	25
1	36	12
2	15	5
3	0	0

TABLE 1.1 – Exemple d'application de la méthode proportionnelle

Dans cet exemple, les valeurs SCR_1 , SCR_2 , SCR_3 sont calculés à partir de la valeur du SCR_0 . Par exemple, $SCR_1 = 36 \times \frac{25}{74} = 12$.

Il s'agit ensuite d'actualiser ces SCR avec la courbe des taux EIOPA de la date de clôture et de les pondérer par le coût du capital. Dans cet exemple, nous avons considéré la courbe de taux EIOPA sans ajustement au 31/12/2020. Rappelons que le taux considéré à l'échéance t dans le calcul de la marge de risque correspond au taux à la maturité $t + 1$ de la courbe de taux.

On obtient alors une marge de risque de $MR = 6\% \times 42,16 = 2,53$.

$t =$	SCR_t	r_{t+1}	SCR_t actualisé
0	25	-0,62 %	25,16
1	12	-0,62 %	12,15
2	5	-0,61 %	5,09
3	0	-0,59 %	0,00

TABLE 1.2 – Exemple d’application de la méthode proportionnelle (suite)

Simplification opérationnelle :

D’un point de vue opérationnelle, les provisions pour un risque donné sont calculées en projetant les flux futurs, puis en les actualisant. Il n’est donc pas nécessaire que le programme stocke les flux futurs, puisque seule la valeur actualisée des flux futurs (la provision) est exploitée pour Solvabilité 2.

Avec la définition de la marge de risque, il faut connaître tous les flux futurs de tous les risques pour le calcul. Cela nécessite donc de stocker en mémoire l’ensemble des flux futurs, ce qui peut rapidement être consommateur d’espace mémoire ou d’espace disque (si on souhaite stocker ces flux).

Nous allons montrer que la seule connaissance des *best estimate* par risque est suffisante pour calculer la marge de risque.

Notons E l’ensemble des engagements d’une entreprise d’assurance ; $E = e_1, e_2, e_3, \dots, e_n$. Nous pouvons définir la marge de risque notionnelle pour l’engagement e comme suit :

$$MR_e = CoC \times SCR_0 \sum_{t \geq 0} \frac{BE_{e,t}}{BE_{e,0}} \times \frac{1}{(1 + r_{t+1})^{t+1}} \quad (1.6)$$

La somme des marges de risque notionnelles, pondérées par les BE en date $t = 0$, permet bien de retrouver la marge de risque globale :

$$\sum_{e \in E} MR_e \times \frac{BE_{e,0}}{BE_0} = \sum_{e \in E} CoC \times SCR_0 \times \sum_{t \geq 0} \frac{BE_{e,t}}{BE_{e,0}} \times \frac{1}{(1 + r_{t+1})^{t+1}} \times \frac{BE_{e,0}}{BE_0} \quad (1.7)$$

$$= CoC \times SCR_0 \times \sum_{e \in E} \sum_{t \geq 0} \frac{BE_{e,t}}{BE_{e,0}} \times \frac{1}{(1 + r_{t+1})^{t+1}} \quad (1.8)$$

$$= CoC \times SCR_0 \sum_{t \geq 0} \sum_{e \in E} \frac{BE_{e,t}}{BE_0} \times \frac{1}{(1 + r_{t+1})^{t+1}} \quad (1.9)$$

$$= CoC \times SCR_0 \times \sum_{t \geq 0} \frac{BE_t}{BE_0} \times \frac{1}{(1 + r_{t+1})^{t+1}} \quad (1.10)$$

$$= MR \quad (1.11)$$

$$\text{car } \sum_{e \in E} \frac{BE_{e,t}}{(1 + r_{t+1})^{t+1}} = \frac{BE_t}{(1 + r_{t+1})^{t+1}} \quad (1.12)$$

1.2.3 Méthode par duration

La méthode par duration permet d'estimer le SCR global sans effectuer de calcul année après année en utilisant la duration des passifs à partir de l'hypothèse de simplification précédente.

$$MR = CoC \times Dur_{mod}(0) \times \frac{SCR(0)}{(1 + r_1)} \quad (1.13)$$

Avec :

- CoC le taux du coût du capital fixé à 6 %
- $Dur_{mod}(0)$ la duration modifiée des passifs d'assurance nets de réassurance au temps initial $t = 0$
- $SCR(0)$ le capital de solvabilité requis de l'entreprise de référence calculé au temps initial pour le portefeuille d'engagement
- r_1 le taux d'intérêt sans risque pour la maturité 1 an

Les textes ne précisent pas la notion de duration modifiée. Dans la littérature standard, on a :

$$Dur_{mod} = \frac{Dur}{1 + r_1} \text{ avec } Dur = \frac{\sum_{t \geq 0} \frac{t \times F(t)}{(1+r_t)^t}}{\sum_{t \geq 0} \frac{F(t)}{(1+r_t)^t}} \quad (1.14)$$

Dans la formule de l'EIOPA, le fait d'introduire le dénominateur $1 + r_1$ semble donc faire doublon avec la formule de la duration modifiée. En effet, en appliquant strictement la définition présentée dans l'équation 1.13, nous aurions :

$$MR = \frac{CoC \times Dur \times SCR_0}{(1 + r_1)^2} \quad (1.15)$$

Ce dénominateur n'a pas de sens actuariel. Il semble donc pertinent de retenir la duration simple et non la duration modifiée dans le but d'éviter ce double terme.

Tout comme la méthode précédente, le capital de solvabilité global à la date initiale est projeté en fonction de la liquidation des engagements jusqu'à leur épuisement. Il faut donc considérer les montants des flux futurs actualisés nets de réassurance.

Aussi, certaines hypothèses liées à la stabilité doivent de nouveau être respectées :

- La composition et les proportions des risques et sous risques du SCR de base doivent être inchangées
- La qualité de solvabilité des réassureurs et des véhicules de titrisation doit être constante pour le risque de contrepartie
- La duration des engagements avec et sans réassurance doit être similaire pour le risque opérationnel et le risque de contrepartie
- Le risque important de marché par rapport à la meilleure estimation nette est identique dans le temps
- La capacité d'absorption des pertes des provisions techniques doit être équivalente à celle de la meilleure estimation nette.

Si ces hypothèses ne sont pas respectées, l'entreprise devra mener une étude pour quantifier l'écart par rapport aux hypothèses non respectées. Si l'effet de cet écart n'est pas important par rapport à la marge de risque dans sa totalité alors l'entreprise pourra tout de même utiliser cette méthode. Dans le cas contraire, elle devra avoir recours à une méthode plus sophistiquée.

Exemple simple d'application de la méthode par duration :

Tout comme dans l'exemple précédent, nous considérons la courbe EIOPA au 31/12/2020 sans ajustement. Considérons les flux futurs ci-dessous :

$t =$	0	1	2	3
F_t	38	21	15	0
r_t	-0,62%	-0,62%	-0,61%	-0,59%

TABLE 1.3 – Exemple d'application de la méthode par duration

Supposons que le capital de solvabilité requis initial vaut $SCR_0 = 25$. Il nous faut alors évaluer la duration au temps initial à savoir :

$t =$	0	1	2	3
Flux futurs	38	21	15	0
Flux futurs pondérés actualisés	0	21,13	30,37	0
Flux futurs actualisés	0	21,13	15,18	0

TABLE 1.4 – Exemple d'application de la méthode par duration (suite)

On obtient alors $Dur = 1,44$ et on en déduit $MR = 6\% \times 1,44 \times \frac{25}{0.99} = 2,18$.

Relation avec la méthode proportionnelle aux BE :

Le montant de marge de risque déterminé par l'approche par duration est moins conséquent que le montant déterminé à partir de l'approche proportionnelle. C'est ce que nous allons démontrer ici.

Dans un premier temps, plaçons nous dans le cadre simplifié de taux d'actualisation nuls. La formule de la marge de risque selon la méthode proportionnelle au BE devient alors :

$$MR = CoC \times SCR_0 \times \sum_{t \geq 0} \frac{BE_t}{BE_0} \times \frac{1}{(1 + r_{t+1})^{t+1}} \quad (1.16)$$

$$= CoC \times SCR_0 \times \sum_{t \geq 0} \frac{BE_t}{BE_0} \quad (1.17)$$

Le BE en date t est la somme de tous les flux futurs à partir de t . On a donc pour définition :

$$BE_t = \sum_{k \geq t} F_k \quad (1.18)$$

Il en découle :

$$MR = CoC \times SCR_0 \times \sum_{t \geq 0} \frac{BE_t}{BE_0} \quad (1.19)$$

$$= \frac{CoC \times SCR_0}{BE_0} \sum_{t \geq 0} \sum_{k \geq t} F_k \quad (1.20)$$

$$= \frac{CoC \times SCR_0}{BE_0} \sum_{t \geq 0} (t+1) \times F_t \quad (1.21)$$

$$= CoC \times SCR_0 \times \frac{\sum_{t \geq 0} (t+1) \times F_t}{\sum_{t \geq 0} F_t} \text{ car } BE_0 = \sum_{t \geq 0} F_t \quad (1.22)$$

$$= CoC \times SCR_0 \times Dur_{equiv} \quad (1.23)$$

$$\text{En notant } Dur_{equiv} = \frac{\sum_{t \geq 0} (t+1) \times F_t}{\sum_{t \geq 0} F_t} \quad (1.24)$$

Le graphique 1.8 permet de mieux visualiser la logique sous-jacente à cette démonstration :

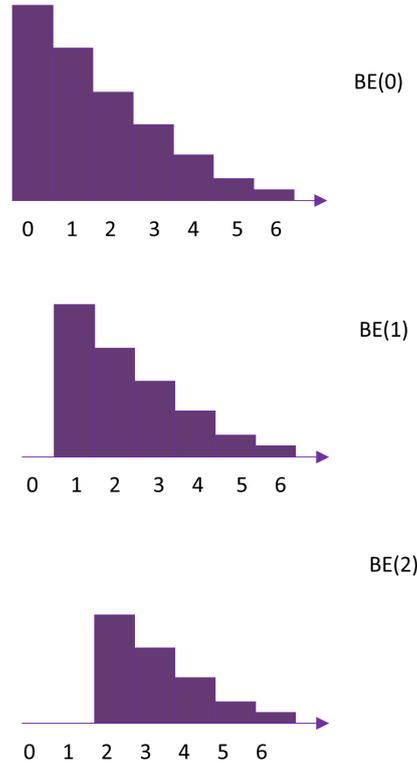


FIGURE 1.8 – Logique sous-jacente à la méthode de la durée

Le flux en date 0 apparaît une fois (BE_0), le flux en date 1 apparaît 2 fois (BE_0 et BE_1), le flux en date 2 apparaît 3 fois (BE_0 , BE_1 et BE_2), et ainsi de suite.

Nous avons donc un écart important entre la définition classique de la durée et la durée équivalente qui découle de la méthode de proportionnalité au BE :

$$Dur_{equiv} = \frac{\sum_{t \geq 0} (t+1) \times F_t}{\sum_{t \geq 0} F_t} \quad (1.25)$$

$$Dur = \frac{\sum_{t \geq 0} t \times F_t}{\sum_{t \geq 0} F_t} \quad (1.26)$$

Si on introduit maintenant les taux d'actualisation, on veut que chaque flux actualisé donne une même valeur, que l'on soit à l'instant 0, 1, 2, ...

Notons :

- d la date de décalage de la courbe
- $r_{r,k}$ le taux de la courbe forward dans d années, pour le flux k

On veut donc :

$$\frac{F_k}{(1+r_k)^k} = \frac{F_k}{(1+r_{d,k-d})^{k-d}} \times \frac{1}{(1+r_d)^d} \text{ avec } k \geq d \quad (1.27)$$

Graphiquement, nous obtenons le schéma 1.9 :

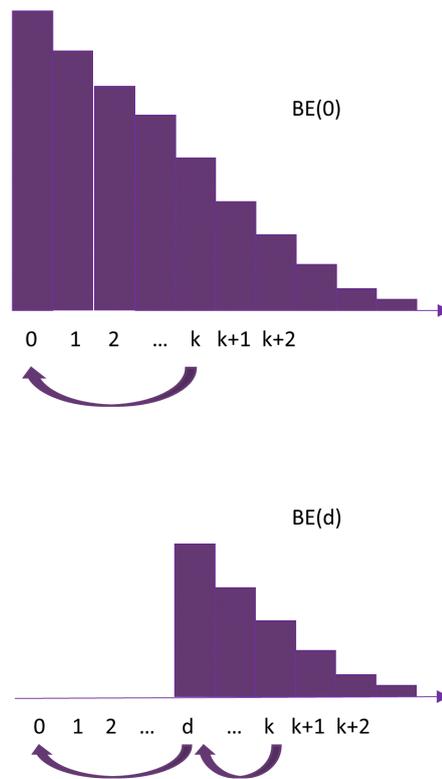


FIGURE 1.9 – Présentation du raisonnement sous-jacent aux taux forward

Mathématiquement, nous avons :

$$\frac{F_k}{(1+r_k)^k} = \frac{F_k}{(1+r_{d,k-d})^{k-d}} \times \frac{1}{(1+r_d)^d} \quad (1.28)$$

$$\Rightarrow (1+r_k)^k = (1+r_{d,k-d})^{k-d} \times (1+r_d)^d \quad (1.29)$$

$$\Rightarrow (1+r_{d,k-d})^{k-d} = \frac{(1+r_k)^k}{(1+r_d)^d} \quad (1.30)$$

$$\Rightarrow r_{d,k-d} = \left(\frac{(1+r_k)^k}{(1+r_d)^d} \right)^{\frac{1}{k-d}} - 1 \quad (1.31)$$

$$\Rightarrow r_{d,j} = \left(\frac{(1+r_{d+j})^{d+j}}{(1+r_d)^d} \right)^{\frac{1}{j}} - 1 \quad (1.32)$$

Cas spécifique d'équivalence entre les méthodes

Nous pouvons d'ores et déjà affirmer que ces trois méthodes donnent des marges de risque hétéroclites. La méthode exacte donnera une marge de risque beaucoup plus faible que la méthode par durée. Aussi, la méthode par durée permet de quantifier une marge de risque également plus faible que la méthode proportionnelle lorsque le SCR réglementaire est retenu.

Néanmoins, il existe un cas particulier pour lequel ces trois méthodes permettent d'obtenir les mêmes ordres de grandeurs.

Considérons un organisme d'assurance non-vie dont les garanties génèrent des prestations non-vie et pour lequel il n'existe pas de primes futures pour contrats existants. Dans cette situation, il n'existerait donc pas de risque de primes. Ainsi, le risque de souscription serait uniquement quantifié à partir des provisions de l'entité. C'est la raison pour laquelle les trois premières méthodes devraient permettre de quantifier le même montant de marge de risque.

1.2.4 Marge de risque comme pourcentage du best estimate

L'approche par pourcentage du best estimate, qui est la plus simple, consiste à aborder la marge de risque comme une proportion de la meilleure estimation des provisions techniques nettes de réassurance à la date de valorisation. Mathématiquement on obtient :

$$MR = \alpha \times BE_{net}(O) \quad (1.33)$$

Avec :

- α un pourcentage fixe pour la ligne d'activité concernée
- $BE_{net}(O)$ la meilleure estimation des passifs nets de réassurance évaluée au temps initial $t = 0$

L'entreprise doit garder à l'esprit que le pourcentage considéré doit évoluer et notamment augmenter si la durée des passifs d'assurance s'accroît ou encore si le modèle de liquidation des passifs est modifié. La détermination de ce pourcentage par les entreprises doit être réfléchie et faire l'objet de documentation justifiant le raisonnement mené. Cette simplification est très forte et doit être utilisée de préférence, dans le cas où l'activité de l'entité se limite à une branche d'activité ou *line of business* (LoB). Autrement, l'organisme devra justifier que l'application des autres méthodes n'était pas faisable.

1.3 La marge de risque dans les SFCR de l'exercice 2020

Les organismes d'assurance soumis à la Directive Solvabilité II sont tenus de publier chaque année leur Rapport sur la Solvabilité et la Situation Financière (RSSF) ou *Solvency and Financial Condition Report* (SFCR). Ce rapport public est requis dans le cadre du pilier 3 de la Directive. Il contient une section quantitative, ce sont les *Quantitative Reporting Templates* ou QRT. Afin d'avoir une vision des pratiques du marché, une étude a été menée au sein de l'équipe. Nous avons collecté la quasi-totalité des rapports et récupéré un certain nombre d'informations pertinentes pour acquérir une connaissance fine du marché. Dans le cadre de ce mémoire, nous avons jugé pertinent de collecter les informations relatives à la marge de risque et notamment la méthode utilisée pour la déterminer.

1.3.1 Notre benchmark

Le cabinet Grant Thornton réalise chaque année une étude sur la solvabilité du marché de l'assurance, en collectant l'ensemble des SFCR disponibles. Au 31/12/2020, il existe 674 organismes actifs dont 459 soumis à Solvabilité 2, soit 68 %.

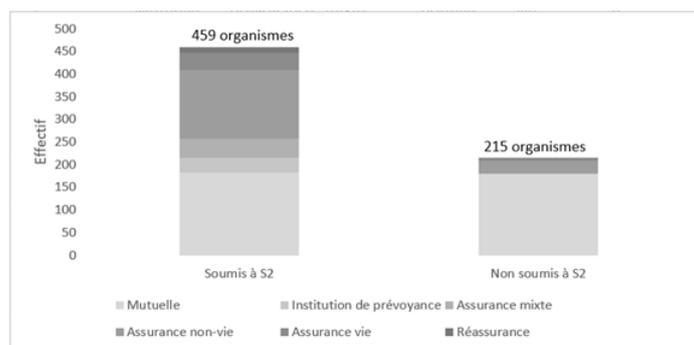


FIGURE 1.10 – Organismes actifs par type au 31/12/2020

Néanmoins, tous les rapports de ces organismes ne sont pas exploitables, ou simplement pas disponibles sur internet. Sur les 459 organismes soumis à Solvabilité 2, nous avons récupéré et exploité 338 rapports.

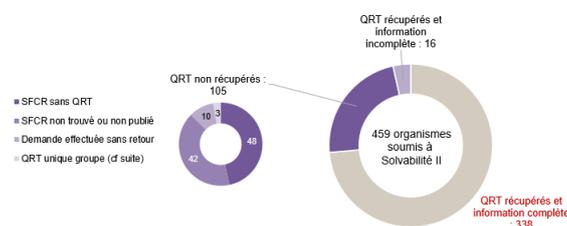


FIGURE 1.11 – *Quantitative Reporting Templates* récupérés et exploités

Le montant total des primes acquises brut de réassurance que nous avons récupéré pour l'année 2020 dans les différents rapports s'élève à 257 milliards d'euros alors que les statistiques de l'EIOPA indiquent un montant total de 280 milliards d'euros. Notre étude couvre donc 92 % des organismes d'assurance soumis à Solvabilité 2, en terme de chiffre d'affaires (94 % en vie et 88 % en non-vie).

1.3.2 Les méthodes simplifiées utilisées

Ci-dessous, nous proposons d'analyser la répartition des méthodes de calcul de la marge de risque utilisées par les organismes vie et les organismes non-vie. Afin d'avoir une vision historique nous permettant d'aborder l'évolution des méthodes utilisées, nous avons comparé les résultats obtenus en exploitant les SFCR de l'exercice 2020 avec le rapport de l'ACPR intitulé "Analyse de l'exercice 2014 de préparation à Solvabilité II". En effet, ce dernier propose des statistiques pertinentes sur les marges de risques des organismes sur l'exercice 2014.

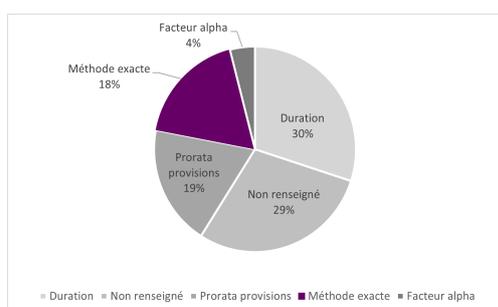


FIGURE 1.12 – Répartition des méthodes de simplification utilisées par les organismes non-vie sur l'exercice 2014

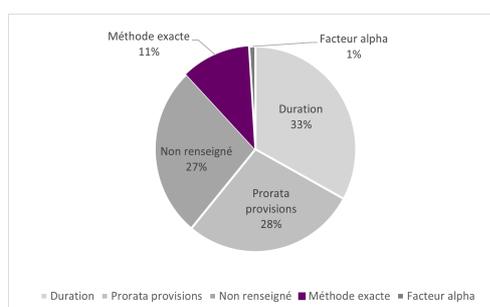


FIGURE 1.13 – Répartition des méthodes de simplification utilisées par les organismes vie sur l'exercice 2014

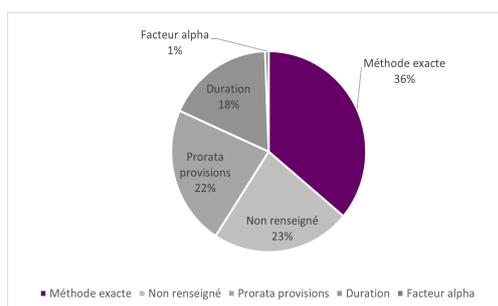


FIGURE 1.14 – Répartition des méthodes de simplification utilisées par les organismes non-vie sur l'exercice 2020

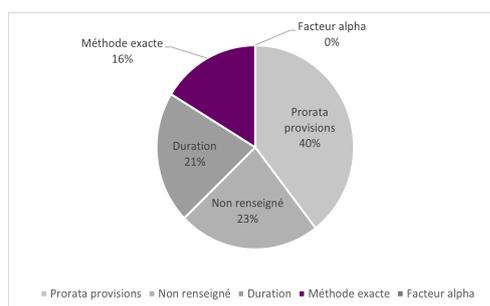


FIGURE 1.15 – Répartition des méthodes de simplification utilisées par les organismes vie sur l'exercice 2020

Plusieurs constats et analyses ressortent de cette étude. Tout d'abord, la méthode d'évaluation de la marge de risque n'est pas renseignée pour 29 % des entités au sein des rapports de l'exercice 2020. En ne considérant que les entités non-vie nous constatons que 23 % des entités n'ont pas spécifié la méthode utilisée dans le calcul de la marge de risque. Cette proportion est plus faible qu'en 2014 sans pour autant que cette différence soit particulièrement significative.

Les méthodes simplifiées sont prétendument utilisées dans seulement 40 % des entités non-vie pour l'exercice 2020. Cette proportion est surprenante dans la mesure où, en 2014, 66 % des organismes non-vie utilisaient les méthodes simplifiées proposées par l'EIOPA. Nous remarquons que dans la plupart des rapports de solvabilité, les organismes décrivent simplement le calcul de la méthode exacte comme il est présenté dans la réglementation. A ce titre, nous nous interrogeons sur l'application effective de cette méthode par les acteurs. D'autant plus que de petits acteurs de la place prétendent utiliser la méthode exacte ce qui nous étonne en raison du coût de la mise en oeuvre de celle-ci.

Bien que la proportion de méthode exacte prétendument utilisée soit donc à considérer avec

prudence, nous observons une tendance plus marquée en 2020 sur l'utilisation de la méthode proportionnelle pour les organismes d'assurance là où la méthode par duration était préférée en 2014.

1.3.3 La marge de risques dans le passif d'un (ré)assureur

En plus de devoir spécifier la méthode utilisée au sein de l'entité, les organismes d'assurances sont tenus de publier le montant de leur marge de risque.

Tout d'abord, nous constatons que la marge de risque représente en moyenne 1,50 % du passif des (ré)assureurs. Cette proportion est bien plus forte chez les assureurs non-vie (4,95 %) comparativement aux assureurs vie (1,33 %). Ce constat est cohérent. En effet, les provisions techniques représentent une part plus importante du passif des assureurs vie. Ainsi, la marge de risque a un poids moins important pour un assureur vie comparativement à un assureur non-vie. A titre d'information, sur l'exercice 2020, les provisions techniques brutes de réassurance représentent en moyenne 75,5 % du passif des assureurs non-vie contre 94,2 % pour les assureurs vie.

C'est pourquoi nous proposons d'analyse plus particulièrement la contribution de la marge de risque au sein des provisions techniques dans le point suivant.

1.3.4 La marge de risques dans les provisions techniques d'un (ré)assureur

Ensuite, nous nous sommes intéressés à la contribution de la marge de risque au sein des provisions techniques. Dans le graphique 1.16, nous présentons un graphique résumant la contribution de la meilleure estimation et de la marge de risque aux provisions techniques brutes de réassurance :

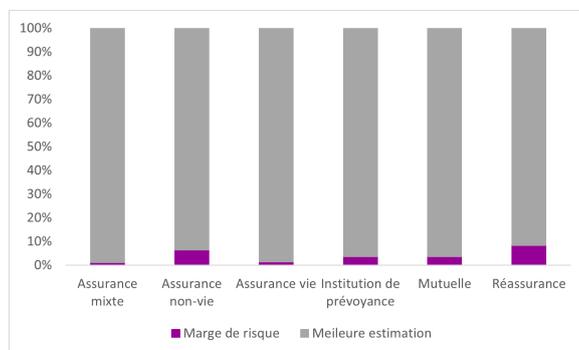


FIGURE 1.16 – Décomposition moyenne des provisions techniques brutes de réassurance par type d'organisme

Nous constatons ici encore que la marge de risque représente une proportion plus importante des provisions techniques brutes de réassurance au sein des entités non-vie par rapport aux entités vie.

1.3.5 Le ratio marge de risques / meilleure estimation d'un (ré)assureur

Nous pensons qu'il est également pertinent de s'interroger sur la distribution du ratio de la marge de risque sur les meilleures estimations. Pour ce faire, nous avons construit les *box-and-whisker plot* des rapports $\frac{\text{Marge de risque}}{\text{Meilleure estimation}}$ par activité et par forme juridique. Le graphique 1.18 présente les résultats obtenus par activité :

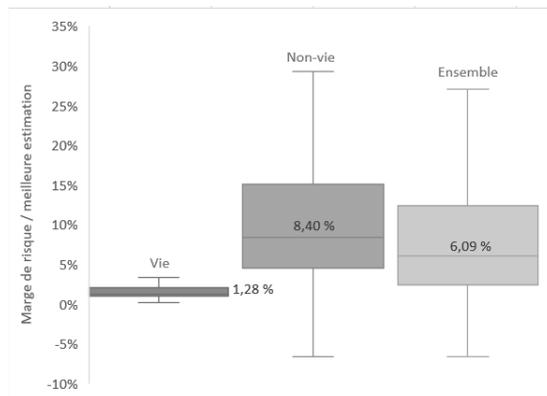


FIGURE 1.17 – Marge de risque / meilleure estimation par activité

La médiane du rapport $\frac{\text{Marge de risque}}{\text{Meilleure estimation}}$ pour l'ensemble des organismes s'établit à 6,09 %. Nous constatons d'ores et déjà une disparité entre les organismes vie et les organismes non vie. En effet, sur les organismes dont nous disposons des données, le rapport médian est de 1,28 % pour la vie contre 8,40 % pour la non-vie. Ce constat rejoint l'analyse que nous proposons au sujet de la contribution de la marge de risque au passif des assureurs.

Il existe également une plus forte disparité entre les organismes non-vie comparativement aux organismes vie. La raison de cette disparité repose sur le fait sur le capital de solvabilité requis vie est largement quantifié à partir de la meilleure estimation des engagements ce qui est moins le cas dans le capital de solvabilité requis non-vie. Par conséquent, le rapport entre la marge de risque et la meilleure estimation des organismes vie est plus homogène que pour les organismes non-vie.

Dans le graphique 1.18, nous présentons le *box-and-whisker plot* des rapports $\frac{\text{Marge de risque}}{\text{Meilleure estimation}}$ par forme juridique des organismes :

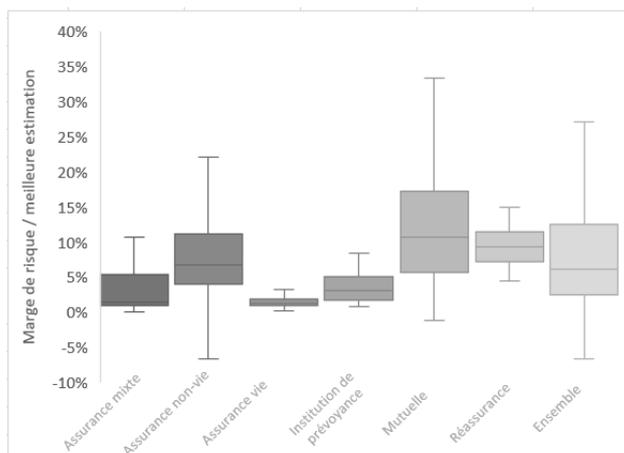


FIGURE 1.18 – Marge de risque / meilleure estimation par forme juridique

L'étude de ce ratio par forme juridique mène à des constats moins tranchants. Nous constatons

néanmoins qu'il existe une forte dispersion des ratios de marge de risque pour les mutuelles et les assureurs non-vie. A contrario, nous constatons que le ratio $\frac{\text{Marge de risque}}{\text{Meilleure estimation}}$ est très homogène chez les assureurs vie en plus d'être faible. Il en est de même pour les institutions de prévoyance, les réassureurs et les assureurs mixtes dans une moindre mesure.

1.3.6 Corrélation entre marge de risques et provisions techniques d'un (ré)assureur

Enfin, nous avons voulu étudier la corrélation entre la marge de risque et le montant des provisions techniques nettes de réassurance. Par construction, la marge de risque croît lorsque le montant des provisions techniques nettes de réassurance augmente. L'étude de cette corrélation a néanmoins un objectif particulier. En effet, deux acteurs qui utilisent la méthode proportionnelle sont supposés se trouver sur la même courbe de tendance. En revanche, si un acteur utilise la méthode dite "exacte", on s'attend à ce qu'il soit décadré de cette même courbe de tendance.

Le graphique 1.19 représente la marge de risque par rapport aux provisions techniques nettes de réassurance :

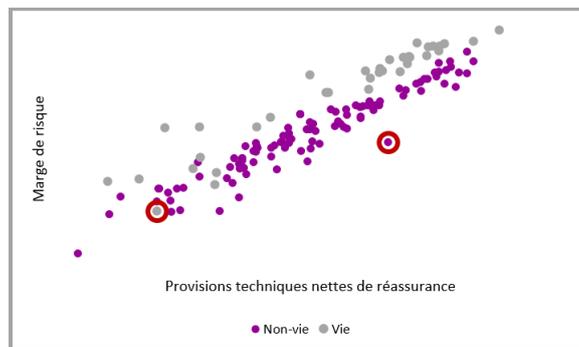


FIGURE 1.19 – Marge de risque versus provisions techniques nettes de réassurance par type d'organisme (échelles logarithmiques pour les deux axes)

Ce graphique nous permet d'ores et déjà de confirmer les remarques que nous avons préalablement formulées. Pour un même montant de provisions techniques nettes de réassurance, un organisme non-vie aura une marge de risque plus faible qu'un organisme vie. Ce constat s'appuie notamment sur la pente des courbes obtenues. En vie, la pente s'élève à 46,12 alors qu'en non-vie elle s'élève à 12,96. Cette estimation permet donc de déterminer, en moyenne, le montant de la marge de risque d'un organisme en fonction de la meilleure estimation des passifs nets de réassurance. Il s'agit finalement du coefficient α présenté dans l'équation 1.33 de la section 1.2.4 qu'une entreprise pourrait considérer si elle utilise la méthode quatrième méthode simplifiée. Rappelons néanmoins que cette méthode est limitée aux entités dont l'activité se limite à une branche d'activité.

Nous constatons également que les points les plus décadrés correspondent à des entités qui ont appliqué la méthode dite exacte. Par exemple, les deux points encerclés de rouge correspondent à des entités ayant utilisées la méthode exacte.

Nous pensons que le fait que peu de points soient en dehors de la tendance observée vient du fait que peu d'entités utilisent opérationnellement la méthode exacte. Cela confirme en partie le doute que nous avons émis quant à l'exactitude de la méthode renseignée dans les SFCR.

Dans le graphique 1.20, nous nous concentrons uniquement sur les organismes non-vie puisque nous étudierons la marge de risque d'un organisme non-vie par la suite.

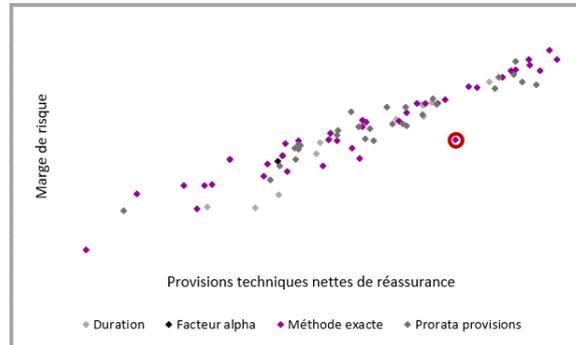


FIGURE 1.20 – Marge de risque versus provisions techniques nettes de réassurance des organismes non-vie par méthode de calcul (échelles logarithmiques pour les deux axes)

Comme mentionné précédemment, nous retrouvons ici le fait que les méthodes mentionnées dans les SFCR ne sont probablement pas justes. Une entité qui utilise la méthode de calcul exacte devrait se détacher de la tendance comme c'est le cas de l'entité correspondant au point encerclé en rouge.

Chapitre 2

Mise en place d'une méthode exacte pour le calcul de la marge de risque

Dans cette partie, nous allons considérer la première méthode proposée par l'EIOPA présentée dans la section 1.2.1 que l'on pourrait qualifier de méthode exacte. Nous calculerons donc année après année le capital de solvabilité global à travers l'approche *bottom-up* proposée par la formule standard. Il s'agit donc, dans un premier temps, de comprendre comment sont évaluées les différentes composantes du capital de solvabilité requis dans le cadre de la formule standard. Par la suite nous réfléchirons aux hypothèses à considérer pour projeter notre portefeuille jusqu'à atteindre la situation de liquidation totale. Une fois que nous aurons présenté les méthodes de calcul et les hypothèses à considérer nous pourrions appliquer ce modèle sur les données à traiter.

2.1 Passage en revue des différents risques à quantifier

Dans le cadre de l'utilisation de la formule standard, le SCR est décomposé en différents modules que l'on peut assimiler à différents risques. Chaque module fait l'objet d'une évaluation d'un capital spécifique. Ces différents niveaux de capitaux sont ensuite agrégés selon des paramètres fixés par la réglementation.

2.1.1 Le risque de souscription

Le risque de souscription correspond à la situation dans laquelle les hypothèses de tarification et de provisionnement faites par l'assureur ne reflètent finalement pas les engagements de celui-ci, ce qui lui est défavorable et peut générer des pertes. L'exigence de capital du risque de souscription se calcule de manière différente selon la nature de l'engagement de l'assureur. On distingue donc les modules suivants que nous allons aborder ci-après :

1. Le risque de souscription en non-vie
2. Le risque de souscription en vie
3. Le risque de souscription en santé

Le risque de souscription en non-vie

Le risque de souscription en non-vie est donc le risque de perte ou de variation défavorable des passifs d'assurance non-vie. Celui-ci est défini dans l'Article 105 de la Directive Solvabilité II. Ce risque concerne l'assurance de dommages et de responsabilité, par conséquent les institutions de prévoyance et les mutuelles ne sont pas concernées par l'évaluation de ce capital de solvabilité requis.

La quantification du risque de ce module est définie en Annexe IV de la Directive comme suit :

$$SCR_{NonVie} = \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{i,j} \times SCR_i \times SCR_j} \quad (2.1)$$

Avec :

- $Corr_{i,j}$ le coefficient de corrélation fixé par la Directive entre les sous-modules i et j
- SCR_i (respectivement SCR_j) représente le SCR associé au sous-module i (respectivement j)

La corrélation entre les sous-modules est donc fixée par la Directive et vaut :

i \ j	Primes et réserve non-vie	Catastrophe en non-vie	Cessation en non-vie
Primes et réserve non-vie	1	0,25	0
Catastrophe en non-vie	0,25	1	0
Cessation en non-vie	0	0	1

TABLE 2.1 – Coefficients de corrélation du module "non-vie"

Le capital de solvabilité requis de souscription non-vie est donc composé de trois sous-modules distincts à savoir :

- Le risque de primes et de réserves ;
- Le risque de catastrophe ;
- Le risque de cessation.

Le risque de primes et de réserves

Le **risque de primes** est lié à une insuffisance de primes au regard du coût des sinistres. Ceux-ci peuvent être plus coûteux voire plus fréquents que ce que l'assureur anticipe et donc générer des pertes pour celui-ci.

Le **risque de réserves** réside quant à lui dans le fait que les provisions soient insuffisantes pour faire face aux sinistres ayant eu lieu antérieurement à la date de clôture du fait de montants finaux plus conséquents ou de fréquences plus notables que ce qui avait été initialement prévu. Pour mémoire, le mot "réserves" est une mauvaise traduction du terme anglais *reserve* (qui signifie provision technique), alors qu'une réserve au sens comptable français est un élément de fonds propres.

La quantification du risque de primes et de réserves est définie comme :

$$SCR = \rho(\sigma) \times V_{nl} \quad (2.2)$$

$$= 3 \times \sigma_{nl} \times V_{nl} \quad (2.3)$$

Avec :

- V_{nl} la mesure de volume pour le risque de primes et de réserves en non-vie
- σ_{nl} l'écart type du ratio combiné pour l'ensemble du portefeuille en non-vie

Dans le cadre de la formule standard, les fonctions de pertes sont supposées suivre une loi log-normale. Ceci étant dit, pour que notre montant de fonds propres nous permette de garantir une probabilité de perte inférieure à 99,5 %, nous devons considérer le quantile à 99,5 % d'une log-normale.

C'est la raison pour laquelle la valeur de $\rho(\sigma)$ dans l'équation 2.2 peut être définie comme :

$$\rho(\sigma) = \frac{\exp\left(\mathcal{N}_{99,5\%} \times \sqrt{\log(1 + \sigma^2)}\right)}{\sqrt{1 + \sigma^2}} - 1 \quad (2.4)$$

En effectuant un développement limité de ρ d'ordre 1, on a :

$$\mathcal{N}_{99,5\%} \times \sqrt{\log(1 + \sigma)} \approx 1 + \mathcal{N}_{99,5\%}\sigma + \theta(\sigma) \quad (2.5)$$

$$\sqrt{(1 + \sigma^2)} \approx 1 + \theta(\sigma) \quad (2.6)$$

On obtient donc :

$$\rho(\sigma) \approx \mathcal{N}_{99,5\%} \times \sigma \quad (2.7)$$

Finalement, le coefficient 3 présent dans l'équation 2.3 correspond à l'arrondi du quantile à 99,5 % d'une normale centrée réduite noté $\mathcal{N}_{99,5\%} \approx 2,58$

La mesure de volume

La mesure de volume s'évalue en sommant les mesures de volume de chaque segment relatif à la souscription non-vie. Rappelons qu'un segment comprend une ligne d'affaire directe ainsi que la réassurance proportionnelle en lien avec cette même LoB. Mathématiquement, la mesure de volume est définie comme suit :

$$V_{nl} = \sum_s |(V_{prem,s} + V_{res,s})(0,75 + 0,25 \times DIV_{pr,s})| \quad (2.8)$$

On considère donc la mesure de volume globale comme une combinaison de la mesure de volume du risque de prime notée $V_{prem,s}$ et de la mesure de volume du risque de réserve notée $V_{res,s}$. La mesure de réserve est proportionnelle au best estimate des sinistres à payer net de réassurance. Autrement dit, on considère la meilleure estimation des provisions pour les sinistres déjà survenus.

Quant à la mesure de volume du risque de primes, la formule suivante permet de la caractériser :

$$V_{prem,s} = Max(P_s; P_{last,s}) + FP_{existing,s} + FP_{future,s} \quad (2.9)$$

Avec :

- P_s l'estimation du montant des primes à acquérir dans les 12 mois sur le segment s à la fois pour les contrats reconnus et également pour les contrats non-reconnus. On parle de contrats non-reconnus lorsqu'ils ne sont pas encore souscrits mais que l'on estime leur souscription probable dans les 12 mois à venir
- $P_{last,s}$ le montant des primes acquises de l'année passée pour le segment s
- $FP_{existing,s}$ la valeur actuelle des primes acquises pour le segment s après l'année à venir pour les contrats déjà existants à la date d'évaluation
- $FP_{future,s}$ la valeur actuelle des primes acquises pour le segment s pour les contrats qui ne sont pas encore reconnus dont on suppose la souscription probable dans les 12 mois à venir. On considère alors le montant des primes à acquérir en évinçant les primes à acquérir dans les 12 mois suivant la date d'évaluation.

Plaçons nous à la date d'évaluation du 31/12/2020. Pour mieux comprendre ces différentes notions, nous considérons les quatre contrats représentés dans le schéma 2.14 :

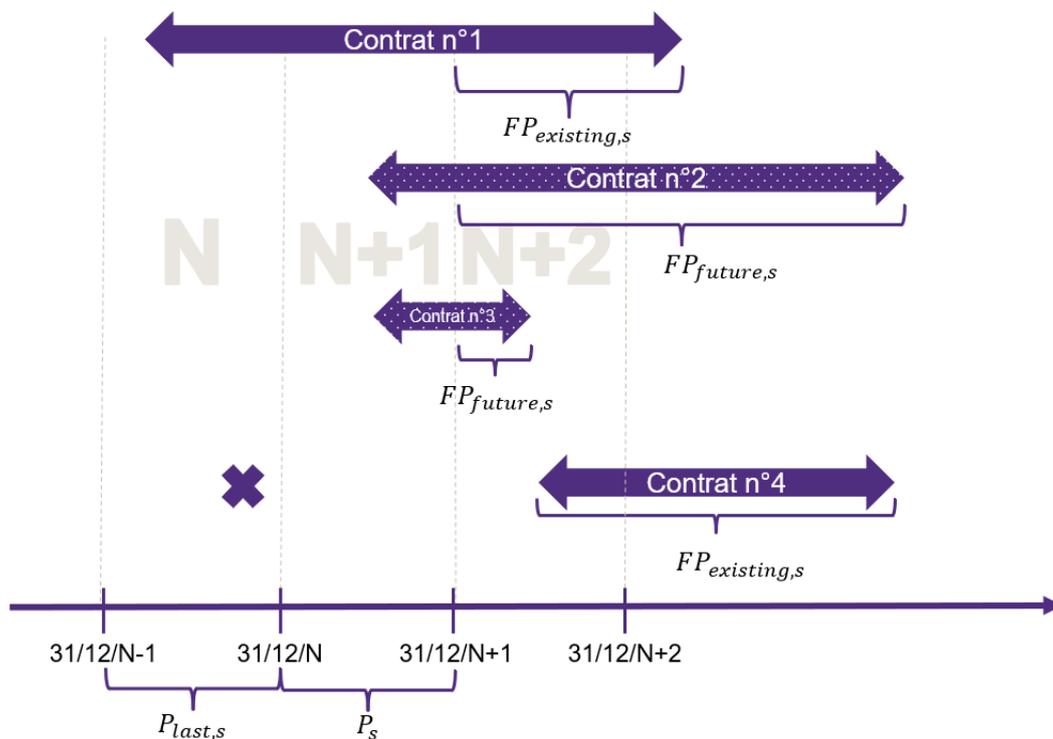


FIGURE 2.1 – Exemples de contrats et de leur contribution à la mesure de volume en non-vie

1. Le contrat n°1 est pluriannuel et il a été souscrit et a pris effet au courant de l'année N pour 3 ans.
 Dans le calcul réglementaire, les primes acquises entre la prise d'effet du contrat et le 31/12/N alimenteraient le $P_{last,s}$. Les primes acquises entre le 31/12/N et le 31/12/N+1 constitueraient le P_s lié à ce contrat. Enfin, les primes acquises entre le 31/12/N+1 et la fin du contrat formeraient le $FP_{existing,s}$.
2. Le contrat n°2 est lui aussi pluriannuel mais nous considérons qu'il est souscrit au cours de l'année N+1 pour 3 ans.
 Dans le cadre du calcul réglementaire, il s'agirait de considérer un montant P_s équivalent aux primes acquises entre la date d'effet du contrat et le 31/12/N+1 au titre du contrat non encore reconnu. Par la suite, toutes les primes à acquérir au-delà du 31/12/N+1 constitueraient le montant $FP_{futures,s}$.
3. Le contrat n°3 est annuel et souscrit au cours l'année N+1 pour une durée d'un an. Dans le cadre du calcul réglementaire, il s'agirait donc de considérer un montant de P_s à hauteur des primes acquises entre la date de souscription et le 31/12/N+1. Le montant résiduel des primes acquises au-delà du 31/12/N+1 constituerait le $FP_{futures,s}$.
4. Le contrat n°4 a été souscrit pendant l'année N et prend effet pendant l'année N+2 pour 2 ans.
 Dans le cadre du calcul réglementaire, l'intégralité des primes seraient prises en compte dans le $FP_{existing,s}$.

La mesure de volume est ensuite impactée par le facteur de diversification géographique :

$$DIV_{pr,s} = \frac{\sum_j (V_{prem,j,s} + V_{res,j,s})^2}{(\sum_j V_{prem,j,s} + V_{res,j,s})^2} \quad (2.10)$$

Notons que ce facteur est inférieur ou égal à 1 et qu'il atteint l'unité s'il n'y a qu'une unique zone géographique. Mécaniquement, il converge vers 0 lorsque le nombre de zones géographiques augmente.

L'écart type du ratio combiné

L'écart type est donné par :

$$\sigma = \frac{\sqrt{CorrLob_{(r,c)} \sigma_r \sigma_c V_r V_c}}{\sum_r V_r} \quad (2.11)$$

Avec r et c l'indice des LoB et $CorrLob_{(r,c)}$ la corrélation entre les LoB d'indice r et c .

On définit également $\sigma_s = \frac{\sqrt{(\sigma_{(prem,s)} V_{(prem,s)})^2 + \sigma_{(prem,s)} \sigma_{(res,s)} V_{(prem,s)} V_{(res,s)} + (\sigma_{(res,s)} V_{(res,s)})^2}}{V_{(prem,s)} + V_{(res,s)}}$.

Les coefficients de corrélation à considérer entre les LoB sont présentés dans l'Annexe IV du Règlement 2015/35.

Exemple numérique simple

La quantification du risque de primes et de réserves sur un exemple simple se fait de la manière suivante :

Numéro de LoB	LoB	V_{prem}	V_{res}	σ_{prem}	σ_{res}	σ_{LoB}	LoB
1	Auto RC	150	150	10%	9%	8,23 %	300
4	MRH	300	200	8%	10%	7,63 %	500
8	Assistance	40	10	9%	20%	9,83 %	50

TABLE 2.2 – Exemple numérique simple du calcul du SCR de primes et de réserves

Par exemple, la quantité σ_{LoB} du LoB MRH est quantifiée de la façon suivante :

$$\sigma_{LoB_{MRH}} = \frac{\sqrt{(300 \times 8\%)^2 + (200 \times 3\%)^2 + 300 \times 200 \times 8\% \times 10\%}}{300 + 200} \quad (2.12)$$

Les coefficients de corrélation des LoB à considérer sont les suivants :

	Auto RC	MRH	Assistance
Auto RC	100 %	25 %	25 %
MRH	25 %	100 %	50 %
Assistance	25 %	50 %	100 %

TABLE 2.3 – Exemple numérique simple du calcul du SCR de primes et de réserves (suite)

Les composantes du numérateur de l'écart type du ratio combiné sont les suivants :

	Auto RC	MRH	Assistance
Auto RC	609,75	235,56	30,34
MRH	235,56	1 456,00	93,78
Assistance	30,34	93,78	24,16

TABLE 2.4 – Exemple numérique simple du calcul du SCR de primes et de réserves (suite bis)

Ces valeurs nous permettent de déterminer la valeur de σ :

$$\sigma_{nl} = \frac{\sqrt{609,75 + 235,56 + 30,34 + 235,56 + 1456 + 93,78 + 30,34 + 93,78 + 24,16}}{300 + 500 + 50} = 6,24 \% \quad (2.13)$$

Et en déduit donc la valeur du SCR :

$$SCR = 3 \times \sigma_{nl} \times V_{nl} = 3 \times 6,24 \% \times 850 = 159,01 \quad (2.14)$$

Le risque de catastrophe

Le risque de catastrophe est caractérisé par la réalisation d'évènements à faible fréquence mais à forte intensité. Les hypothèses de tarifications de tels risques sont plus incertaines puisqu'elles reposent sur des statistiques beaucoup moins fournies que lorsqu'il s'agit de quantifier des risques classiques. Ce module est composé de quatre sous modules qui sont :

- Les catastrophes naturelles : sont concernés dans ce sous module les évènements tels que les tempêtes, les séismes, les inondations, la grêle ou encore les affaissements de terrain.
- Les risques acceptés dans le cadre d'évènements de réassurance dommages non proportionnelle.
- Les risques de catastrophe d'origine humaine : il s'agit notamment des risques marins, des risques aériens, ou encore des risques d'incendie (non exhaustif).
- Les autres risques de catastrophe en non-vie.

Le capital de solvabilité requis pour le sous-module catastrophe en non-vie est déterminé de la façon suivante :

$$SCR_{nlCAT} = \sqrt{(SCR_{natCAT} + SCR_{npproperty})^2 + SCR_{mmCAT}^2 + SCR_{CATother}^2} \quad (2.15)$$

Avec :

- SCR_{natCAT} le SCR requis pour le risque catastrophe naturelle, le calcul de cette exigence de capital est détaillé dans l'article 120 du Règlement 2015/35 faisant appel aux sous-modules détaillés dans les articles 121 à 126 de ce même Règlement. Le principe général de ce calcul repose sur une segmentation par région (globalement équivalent aux différents pays concernés) et par zone de risque (à titre d'exemple, il s'agit des départements pour la France). Le SCR correspond alors à une moyenne pondérée des risques par région en tenant compte de corrélation entre les régions.
- $SCR_{npproperty}$ le capital requis pour le risque de catastrophes acceptées dans le cadre d'évènements de réassurance dommages non proportionnelle dont l'évaluation est présentée dans l'article 127 du Règlement 2015/35. Il est quantifié à partir des primes acquises par l'entité et des primes à acquérir au cours de 12 mois suivants la date d'évaluation.
- SCR_{mmCAT} l'exigence de capital requis pour les risques de catastrophe d'origine humaine explicité dans l'article 128 du Règlement 2015/35 dont les sous-modules sont présentés dans les articles 129 à 134.

Les principales quantités considérées dans ce sous-module sont le nombre de véhicules assurés, les sommes assurées et le montant des primes.

- $SCR_{CATother}$ l'exigence de capital pour les autres catastrophes non-vie présenté dans l'article 135 du Règlement 2015/35. Cette quantité est déterminée à partir des primes à acquérir au cours des 12 prochains mois.

Le risque de cessation

Le risque de cessation découle d'une variation défavorable du taux de résiliations des contrats en portefeuille. Il est défini dans l'Article 118 comme la perte de fonds propre de base résultant de la réalisation des événements suivants :

- « La cessation de 40 % des contrats d'assurance dans le cas desquels cette cessation a pour effet d'entraîner une augmentation des provisions techniques sans la marge de risque ;
- Lorsque des contrats de réassurance couvrent des contrats d'assurance ou de réassurance qui seront émis à l'avenir, la baisse de 40 % du nombre de ces futurs contrats d'assurance ou de réassurance utilisé dans le calcul des provisions techniques. ».

Le premier point évoqué peut sembler contre-intuitif au premier abord. En effet, on s'attend à ce qu'une quantité moindre de contrats génère un montant moins important des provisions techniques. Rappelons que les provisions techniques sont composées des provisions pour sinistres et des provisions pour primes. Les provisions pour sinistres dépendent directement du passé du portefeuille puisqu'elles ont pour objectif de pouvoir indemniser les sinistres survenus : celles-ci ne sont donc pas impactées par la cessation. En revanche, les provisions pour primes répondent au besoin de couvrir les engagements relatifs aux sinistres sur l'année à venir. Ces prestations dépendent ainsi directement du taux de cessation : un contrat qui n'existe plus ne génère plus de prime ni de sinistre. Pour comprendre le premier choc, plaçons-nous dans le cadre d'un portefeuille de contrats représenté ci-dessous :

Ce portefeuille rapporte 100 € de primes à l'assureur chaque mois et coûte 10 € d'indemnisation de sinistres mensuellement. Ce contrat est donc profitable à l'assureur, en considérant un taux sans risque $i = -0.60$ correspondant à l'ordre de grandeur des taux indicatifs des bons du Trésor et OAT. Les flux futurs actualisés sont présentés dans le schéma 2.2 :

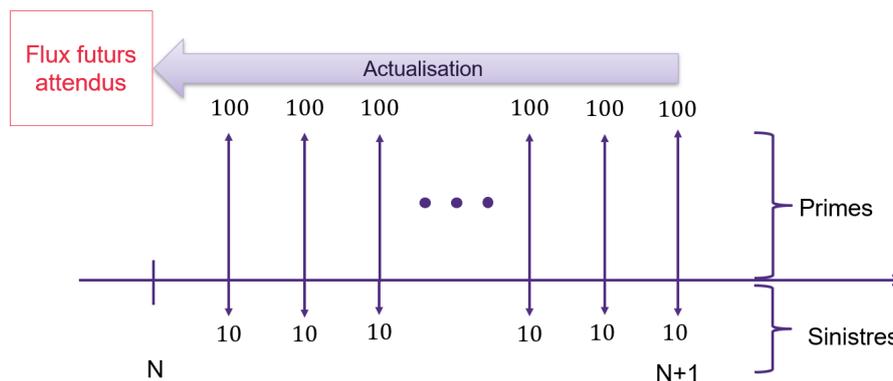


FIGURE 2.2 – Exemple simplifié d'un portefeuille de contrats profitable

Il en suit : Provisions pour primes = $\sum_{k=1}^{12} \frac{10}{(1+i)^k} - \sum_{k=1}^{12} \frac{100}{(1+i)^k} = 124,8 - 1248 = -1123,2$. Pour ce contrat, l'actualisation des flux futurs génère un profit futur d'un montant de 1123.2. Par conséquent, ce contrat vient diminuer le montant des provisions techniques global. Si on applique un choc de cessation de 40 % à ce type de police, le nombre de contrats profitables diminue et il en est de même pour le profit futur. On peut supposer qu'un choc de cessation de 40 % diminue à la

fois les primes et les sinistres de 40 %. Les flux sont alors ceux qui sont présentés dans le schéma 2.3 :

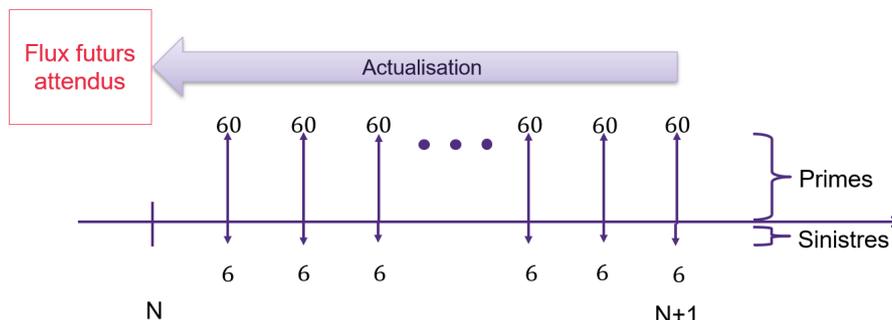


FIGURE 2.3 – Exemple simplifié d'un portefeuille de contrats profitable après un choc de cessation

Il en suit : Provisions pour primes = $\sum_{k=1}^{12} \frac{6}{(1+i)^k} - \sum_{k=1}^{12} \frac{60}{(1+i)^k} = 74,89 - 748,9 = -674,01$.
Ce choc de cessation entraîne donc un profit futur moins important que dans la situation initiale. De ce fait, le choc de cessation entraîne une hausse du montant des provisions techniques.

Le risque de souscription en vie

Le risque de souscription en vie reflète les risques liés à la souscription de contrats d'assurance vie en lien avec les sinistres couverts par ces contrats mais également avec la gestion des affaires de l'entité. Les contrats concernés sont naturellement les contrats en cas de décès ou de survie. En revanche, les contrats non-vie payables sous forme de rente sont à prendre en compte dans le périmètre du risque de souscription en vie comme expliqué dans la présentation des hypothèses section 1.1.3 c'est bien la nature des prestations et non de l'activité qui est à considérer.

Le risque de souscription en vie est composé de différents sous-modules qui sont :

- Le **risque de mortalité** qui correspond à l'évolution des fonds propres de base à la suite d'un choc de mortalité consistant à augmenter le taux de mortalité de 15 % pour chaque âge.

À titre d'exemple, nous allons considérer la table de mortalité réglementaire TGF - 05. Nous obtenons alors les probabilités présentées dans le tableau 2.5 :

Âge	Survivant	Probabilité de décès - avant choc	Probabilité de décès - après choc
50	98 663	0,15 %	0,17 %
51	98 514	0,16 %	0,18 %
52	98 359	0,17 %	0,19 %
53	98 194	0,18 %	0,20 %
54	98 019	0,18 %	0,21 %
55	97 844	0,18 %	0,21 %

TABLE 2.5 – Exemple de choc de mortalité sur la table TGF - 05

Ce choc se répercute par exemple sur une garantie « frais d'obsèques » : si on considère une personne de 52 ans qui est assurée à hauteur de 3 000 €, après le choc on s'attend à payer un montant de $3\,000 \times 0,19\% = 5,79$ alors qu'auparavant l'assureur s'attendait à payer $3\,000 \times 0,17\% = 5,03$. C'est ainsi que l'on obtient le SCR de mortalité qui vaut $BE_{avecchoc} - BE_{sanschoc} = 5,79 - 5,03 = 0,75$.

- Le **risque de longévité** se caractérise par une baisse du taux de mortalité qui entraîne une hausse de la valeur des engagements d'assurance (rentes de conjoint par exemple). On quantifie donc ce risque en considérant l'évolution de la valeur des fonds propres de base en réaction à une baisse du taux de mortalité pour chaque âge de 20 %.

En considérant la même table de mortalité que précédemment, on obtient les taux de mortalité présentés dans le tableau 2.6 :

Âge	Survivant	Probabilité de décès - avant choc	Probabilité de décès - après choc
50	98 663	0,15 %	0,12 %
51	98 514	0,16 %	0,13 %
52	98 359	0,17 %	0,13 %
53	98 194	0,18 %	0,14 %
54	98 019	0,18 %	0,14 %
55	97 844	0,18 %	0,15 %

TABLE 2.6 – Exemple de choc de longévité sur la table TGF - 05

Ce choc se répercute sur les garanties de type rente. Prenons l'exemple d'une rente de 10 000€ à partir de 50 ans sur les 10 premières années de la garantie. Les provisions mathématiques correspondent à la somme des flux futurs actualisés pondérés par la probabilité de survie de l'assuré :

Âge	Probabilité de décès - avant choc	Probabilité de décès - après choc	Taux EIOPA 31/12/2020	Provisions avant choc	Provisions après choc
51	0,16 %	0,13 %	-0,62 %	10 109,84	10 113,03
52	0,17 %	0,13 %	-0,62 %	10 172,47	10 175,89
53	0,18 %	0,14 %	-0,61 %	10 228,68	10 232,33
54	0,18 %	0,14 %	-0,59 %	10 280,35	10 284,03
55	0,18 %	0,15 %	-0,56 %	10 322,41	10 326,22
56	0,20 %	0,16 %	-0,53 %	10 355,98	10 360,14
57	0,21 %	0,17 %	-0,49 %	10 375,15	10 379,61
58	0,22 %	0,18 %	-0,45 %	10 386,65	10 391,24
59	0,23 %	0,18 %	-0,40 %	10 389,09	10 393,90
60	0,23 %	0,19 %	-0,37 %	10 388,43	10 393,29

TABLE 2.7 – Exemple de répercussion du choc longévité sur une rente

La somme des flux actualisés pondérée par la probabilité de survie passe de 103 009,05 à 103 049,66 en appliquant le choc de longévité. On obtient donc un SCR de longévité qui vaut $103\,049,66 - 103\,009,05 = 40,61$

- Le **risque d'invalidité-morbidité** est évalué en considérant l'évolution de la valeur des fonds propres résultant d'une augmentation des taux d'incapacité de 35 % pour l'année à venir et de 25 % pour chaque âge pour les années postérieures ainsi que d'une baisse des taux de sortie de 20 %.

Prenons l'exemple des 5 premières années de la loi de maintien en invalidité publiée par le Bureau commun d'assurances des collectives (BCAC) en 2013, l'impact de la baisse du taux de sortie de 20 % est présenté dans le tableau 2.8 :

Âge	Probabilité de maintien avec choc (en %)					Probabilité de maintien après choc (en %)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
20	55,86	39,37	27,52	20,82	18,18	44,69	31,50	22,02	16,66	14,55
21	53,62	38,45	27,68	21,78	19,21	42,90	30,76	22,15	17,43	15,37
22	51,52	37,63	28,15	22,77	19,98	41,21	30,10	22,52	18,22	15,98
23	49,74	36,95	28,24	23,23	20,61	39,79	29,56	22,59	18,59	16,49
24	48,41	36,30	27,96	23,34	21,01	38,72	29,04	22,37	18,67	16,81
25	47,27	35,62	27,64	23,22	21,03	37,82	28,50	22,11	18,57	16,83

TABLE 2.8 – Exemple du choc d'invalidité sur la loi de maintien du BCAC (2013)

- Le **risque de dépenses** en vie est relatif à un changement défavorable des dépenses encourues pour la gestion des contrats d'assurance ou de réassurance qui se traduit par une hausse de 10 % des dépenses futures par rapport aux estimations considérées dans le calcul des provisions ainsi qu'une hausse d'un point de pourcentage du taux de dérive de ces mêmes dépenses.
- Le **risque de révision** reflète le risque de perte résultant d'un changement de l'environnement juridique ou de l'état de santé de la personne assurée. Celui-ci est quantifié à l'aide de l'évolution de la valeur des fonds propres de base résultant d'une augmentation immédiate et permanente de 3 % du montant de rentes. Il n'est pas simple de savoir si une rente peut être soumise à un risque de révision. Par exemple, dans le cadre d'une retraite supplémentaire proposée par un assureur, on a du mal à voir comment l'état pourrait décider d'augmenter ces prestations, qui relèvent d'un accord entre 2 parties privées. Par contre, l'Etat peut agir sur l'âge de départ à la retraite, ce qui pourrait ici avoir des conséquences sur les engagements.
- Le **risque de cessation** découle d'une variation du taux de réduction, d'échéance, de renouvellement et de rachat de police. Le risque de cessation retenu est la valeur la plus importante entre :
 - L'exigence de capitale pour risque de **baisse permanente des taux de cessation** équivalente à une diminution de 50 % des taux de cessation. La baisse des taux de cessation ne doit pas dépasser 20 points de pourcentage. Ce premier choc n'est appliqué qu'aux contrats pour lesquels une baisse des taux de cessation entraîne une baisse des provisions techniques.
 - L'exigence de capitale pour le risque de la **hausse permanente des taux de cessation** qui correspond à la situation dans laquelle le taux de rachat des contrats augmente de 50% dans la limite d'un taux de rachat de 100 %. Ce choc ne doit être appliqué qu'aux contrats pour lesquels la résiliation entraîne une hausse des provisions techniques.
 - L'exigence de capitale pour le **risque de cessation de masse** qui correspond à l'application des trois chocs de cessation suivants :
 - 70 % des contrats individuels pour lesquels la résiliation entraîne une hausse des

provisions techniques

- 40 % des contrats autres pour lesquels la résiliation entraîne une hausse des provisions techniques
 - 40 % des contrats utilisés dans le calcul des provisions pour lesquelles les contrats de réassurance couvrent les contrats qui seront souscrits à l'avenir.
- Le **risque de catastrophe en vie** qui représente le risque de perte lié à des événements extrêmes ou irréguliers qui ont des conséquences défavorables à l'assureur sur les hypothèses de tarification et de provisionnement. Seules les assurances comprenant des engagements relatifs à la mortalité sont à considérer puisque mécaniquement une hausse de la mortalité amène une hausse des provisions techniques. Il peut s'agir notamment d'une pandémie ou encore d'une explosion nucléaire : pour quantifier ce risque, on considère l'évolution de la valeur des fonds propres de base en réaction une hausse absolue de 1.5‰ des taux de mortalité.

Le SCR_{vie} est ensuite calculé en agréant les différents sous-modules de la manière suivante :

$$SCR_{vie} = \sqrt{\sum_{r \times c} Corr Vie_{r,c} \times Vie_r \times Vie_c} \quad (2.16)$$

Les coefficients de corrélation à considérer sont règlementaires et valent :

i \ j	Mortalité	Longévité	Invalidité	Dépenses	Révision	Cessation	Catastrophe
Mortalité	1	-0.25	0.25	0.25	0	0	0.25
Longévité	-0.25	1	0	0.25	0.25	0.25	0
Invalidité	0.25	0	1	0.5	0	0	0.25
Dépenses	0.25	0.25	0.5	1	0.5	0.5	0.25
Révision	0	0.25	0	0.5	1	0	0
Cessation	0	0.25	0	0.5	0	1	0.25
Catastrophe	0.25	0	0.25	0.25	0	0.25	1

TABLE 2.9 – Coefficients de corélation du module "vie"

Le risque de souscription en santé

Le risque de souscription en santé reflète le risque découlant de la souscription d'engagements d'assurance santé, semblable ou non à l'assurance vie, compte tenu des périls couverts et des procédés appliqués dans l'exercice de cette activité. Par la suite, nous utiliserons l'abréviation "SLT" pour spécifier que les principes de provisionnement sont similaires à la vie. Le risque de souscription en santé est décomposé en trois sous-modules :

- Le risque en santé à court terme : santé et accidents, noté $Santé_{NonSLT}$
- Le risque en santé à long terme : assurance santé long terme dont les bases techniques sont similaires à l'assurance vie, noté $Santé_{SLT}$
- Le risque catastrophe en santé noté $Santé_{CAT}$

Le capital de solvabilité requis relatif au risque de souscription en santé est ensuite calculé par agrégation de ces différents risques en tenant compte des coefficients de corrélation réglementaires :

$$SCR_{Santé} = \sqrt{\sum_{r,c} CorrSanté_{r \times c} \times SCR_r \times SCR_c} \quad (2.17)$$

Les coefficients de corrélations réglementaires à considérer sont présentés dans le tableau 2.10 :

i \ j	Souscription $Santé_{NonSLT}$	Souscription $Santé_{SLT}$	$Santé_{CAT}$
Souscription en $Santé_{NonSLT}$	1	0.5	0.25
Souscription en $Santé_{SLT}$	0.5	1	0.25
$Santé_{CAT}$	0.25	0.25	1

TABLE 2.10 – Coefficients de corrélation du module "Santé"

Le risque santé Non-SLT

Le $SCR_{Santé_{NonSLT}}$ prend en considération les assurances santé dont les principes de provisionnement ne sont pas similaires à la vie. Ce capital doit prendre en compte les affaires en cours ainsi que les affaires nouvelles sur les 12 prochains mois. Les lignes d'activité à considérer dans ce module sont :

- Les frais de santé non consécutifs à un accident de travail. Ceux-ci comprennent les dépenses liées aux traitements ou aux soins pour les maladies, les accidents ou l'invalidité.
- La protection des revenus non consécutive à un accident de travail. On considère dans cette LoB la compensation financière résultant d'une maladie, d'un accident ou de l'invalidité d'un assuré.
- La compensation pour les salariés qui réunit les prestations des deux premières LoB mais cette fois-ci dans le cadre d'une maladie professionnelle ou d'un accident du travail.

Il est composé des deux sous modules suivants :

- Le risque de primes et de réserves calculé de manière analogue à la méthode présentée dans le risque de souscription en non-vie et noté $SCR_{Santé_{NonSLT}}^{pr}$.
- Le risque de cessation correspond à la situation dans laquelle les engagements de l'assureur seraient impactés par la résiliation de contrats avant leur terme ou encore le renouvellement de contrat aux mêmes conditions que précédemment. Cette exigence de capital est reflétée par le $SCR_{Santé_{NonSLT}}^{cessation}$.

Et son montant est déterminé à partir de la formule suivante :

$$SCR_{Santé_{NonSLT}} = \sqrt{SCR_{Santé_{Non-SLT}}^{pr}{}^2 + SCR_{Santé_{Non-SLT}}^{cessation}{}^2} \quad (2.18)$$

Le $SCR_{SantéNon-SLT}^{cessation}$ correspond à l'évolution des fonds propres de base résultant de deux chocs simultanés à savoir une cessation de :

- 40 % des contrats pour lesquels la résiliation entraîne une hausse des provisions techniques
- 40 % des contrats futurs utilisés pour le calcul des provisions techniques.

Le risque santé SLT

Le module relatif à la santé similaire à la vie est composé de plusieurs sous modules qui sont :

- Le risque de mortalité calculé de manière similaire à la souscription vie présenté dans la section 2.1.1
- Le risque de longévité quantifié lui aussi de manière analogue à la souscription vie présenté dans la section 2.1.1
- Le risque d'invalidité et de morbidité détaillé ci-dessous
- Le risque de dépenses dont la méthode d'évaluation est similaire à celle présentée pour la souscription vie présenté dans la section 2.1.1
- Le risque de révision appréhendé comme dans le module de souscription vie présenté dans la section 2.1.1 en considérant une hausse de 4 % des montants des rentes au lieu de 3 %
- Le risque de cessation est appréhendé de la même façon qu'en Santé Non-SLT que l'on a présenté dans la section 2.1.1.

Les impacts du cadre sous-jacent au modèle sont les mêmes que dans la section 2.1.1.

Le risque d'invalidité et de morbidité

Le risque d'invalidité et de morbidité couvre les compensations de revenu en cas de maladie, d'accident, d'incapacité ou d'invalidité. L'exigence de capital pour ce risque correspond à la somme du capital de solvabilité requis pour le risque invalidité – morbidité en assurance des frais médicaux noté $Santé_{FraisSoins}^{SLT}$ et également le SCR analogue pour l'assurance de protection du revenu noté $Santé_{Revenu}^{SLT}$. Mathématiquement on a :

$$SCR_{Santé_{invalidité-morbidité}^{SLT}} = SCR_{Santé_{FraisMédicaux}^{SLT}} + SCR_{Santé_{Revenu}^{SLT}} \quad (2.19)$$

Le risque frais de soin de santé

L'exigence de capital pour le risque invalidité-morbidité en assurance de frais médicaux est défini comme suit :

$$SCR_{Santé_{FraisMédicaux}^{SLT}} = Max(SCR_{FraisMédicaux}^{Hausse}; SCR_{FraisMédicaux}^{Baisse}) \quad (2.20)$$

Avec $SCR_{FraisMédicaux}^{Hausse}$ (respectivement $SCR_{FraisMédicaux}^{Baisse}$) qui correspond à la perte de fonds propres de base résultant d'une hausse (respectivement d'une baisse) simultanée et définitive de 5 % des paiements médicaux pris en compte dans l'évaluation des provisions techniques ainsi que d'une hausse (respectivement d'une baisse) d'un point du taux d'inflation des paiements médicaux du même périmètre exprimés en pourcentage.

Le risque protection de revenu

Le $SCR_{Santé_{Revenu}^{SLT}}$ est équivalent à la perte de fonds propres de bases résultant de la survenance simultanée et de manière permanente des évènements suivants :

- Une hausse des taux d'invalidité – de morbidité, tels qu'ils sont utilisés dans le calcul des provisions techniques, de :
 - 35 % pour l'année à venir,
 - 25 % pour les années suivantes.
- Une baisse des taux de sortie de 20 %

Il s'agit ensuite d'agréger les différents sous-modules afin de quantifier le $SCR_{Santé_{SLT}}$:

$$SCR_{Santé_{SLT}} = \sqrt{\sum_{r,c} CorrSanté_{r \times c}^{SLT} \times SCR_r^{SLT} \times SCR_c^{SLT}} \quad (2.21)$$

En considérant les coefficients réglementaires présentés dans le tableau 2.11 :

i \ j	Mortalité	Longévitité	Invalidité-Morbidité	Dépenses	Révision	Cessation
Mortalité	1	-0.25	0.25	0.25	0	0
Longévitité	-0.25	1	0	0.25	0.25	0.25
Invalidité-Morbidité	0.25	0	1	0.5	0	0
Dépenses	0.25	0.25	0.5	1	0.5	0.5
Révision	0	0.25	0	0.5	1	0
Cessation	0	0.25	0	0.5	0	1

TABLE 2.11 – Coefficients de corrélation du sous-module "Santé - SLT"

Le risque santé Catastrophe

Le risque santé catastrophe correspond à une perte ou un changement défavorable de la valeur des engagements de l'assureur du fait d'une faute sur les hypothèses de provisionnement ou de tarification liées aux épidémies. L'exigence de capital requis pour ce module est définie comme suit :

$$SCR_{Santé_{CAT}} = \sqrt{SCR_{ma}^2 + SCR_{ac}^2 + SCR_p^2} \quad (2.22)$$

Avec :

- SCR_{ma} le capital requis du sous-module d'accident de masse,
- SCR_{ac} le capital requis du sous-module de concentration d'accident
- SCR_p le capital requis du sous-module de pandémie

Le risque d'accident de masse

Le risque d'accident de masse correspond à la situation dans laquelle une catastrophe touche un grand nombre de personne présent dans un même endroit. La détermination de l'exigence de capital de ce sous-module se fait par la formule suivante :

$$SCR_{ma} = \sqrt{\sum_s SCR_{(ma,s)}^2} \quad (2.23)$$

La somme des capitaux se fait sur les pays présentés en Annexe XVI du Règlement nommé "???" et présenté page ??.

Le $SCR_{(mas,s)}$ représente le risque d'accident de masse du pays s . Celui-ci est calculé en considérant la perte du montant des fonds propres de bases en réaction à une perte soudaine. Celle-ci est calculée

comme suit en sommant l'intégralité des événements figurant à l'Annexe X du Règlement 2019-981 présenté en Annexe 1.2 à la page ?? :

$$L_{(mas,s)} = r_s \times \sum_e x_e \times E_{(e,s)} \quad (2.24)$$

Avec :

- r_s le ratio de personnes touchées par l'accident de masse dans le pays s déterminé par l'Annexe XVI du Règlement présenté en Annexe dans la section ??.
- x_e le ratio des personnes bénéficiant des prestations à la suite d'un événement de type e du fait de l'accident. Les événements sont présentés en Annexe dans la section ??.
- $E_{(e,s)}$ la valeur des prestations pour les assureurs et les réassureurs résultant de l'évènement e dans le pays s . Cette valeur est obtenue en sommant les prestations dues pour tous les assurés touchés par l'évènement de type e lors de la catastrophe.

Considérons une situation dans laquelle un accident de masse surgit dans un périmètre comptant une population initiale de 670 000 personnes, en France. On obtient alors les résultats suivants :

Population initiale	670 000
Ratio des personnes touchées par l'accident de masse r_s	0,05 %
Nombre de personnes touchées	$670\,000 \times 0,05\% = 335$

TABLE 2.12 – Exemple d'application de calcul du SCR_{ma} : données réglementaires

Risque	x_e	Effectif	Coût moyen (E_e)	Total
Décès	10 %	33,5	100 000	3 350 000
Handicap permanent	3,5 %	11,725	50 000	586 250
Handicap de 12 mois	16,5 %	55,275	10 000	552 750
Traitement médical	30 %	100,5	500	50 250

TABLE 2.13 – Exemple d'application de calcul du SCR_{ma}

Dans cet exemple, le $SCR_{(ma,France)}$ vaut donc 4 539 250.

Le risque de concentration d'accident

Ce risque se caractérise par une exposition concentrée comme cela peut être le cas lors d'une catastrophe dans un quartier d'affaire. La détermination de l'exigence de capital de ce sous module se fait au travers de la formule suivante :

$$SCR_{ac} = \sqrt{\sum_c SCR_{(ac,c)}^2} \quad (2.25)$$

Avec :

$SCR_{(ac,c)}$ le capital de solvabilité requis pour le risque de concentration d'accident du pays c déterminé en quantifiant la perte des fonds propres de base en réaction à la perte soudaine évaluée de la façon suivante :

$$L_{(ac,c)} = C_c \times \sum_e x_e \times CE_{e,c} \quad (2.26)$$

Avec :

- C_c le plus grand risque de concentration d'accidents des entités d'assurance et de réassurance du pays c
- x_e le ratio des individus éligibles aux prestations propres à l'évènement de type e dans le pays c . Les évènements relatifs à la concentration d'accident sont identiques à ceux pris en compte dans l'accident de masse et sont présentés dans l'Annexe page ??.
- $CE_{e,c}$ le montant de prestation moyen à payer par les entreprises d'assurance et de réassurance dans le pays c en cas de plus grand risque de concentration d'un évènement de type e .

Le risque de pandémie

Le risque pandémie se détermine en évaluant la perte de fonds propres de base en réaction à l'évènement suivant :

$$LP = 0.000075 \times E + 0.4 \times \sum_c N_c \times M_c \quad (2.27)$$

$$E = \sum_i E_i \quad (2.28)$$

Avec :

- E l'exposition pandémique pour l'assurance compensation de revenu
- E_i la prestation pour l'assuré i en cas d'invalidité permanente due à une maladie infectieuse
- N_c le nombre d'assurés du pays c couvert par l'assurance santé couvrant les frais de santé résultant d'une maladie infectieuse M_c le montant attendu des prestations par assuré pour le pays c en cas de pandémie. Ce montant est déterminé de la façon suivante : $M_c = \sum_h H_h \times CH_{(h,c)}$ Avec :
 - H_h le ratio des individus qui présentent des symptômes amenant à penser qu'ils pourraient engendrer des frais de santé de type h . Ce ratio est défini dans l'Annexe XVI de la Directive présentée en Annexe dans la section ??.
 - $CH_{(h,c)}$ la meilleure estimation des prestations pour un assuré du pays c pour les frais de santé, autre que l'arrêt de travail, couvrant les frais de santé de type h en cas de pandémie.

2.1.2 Le risque de contrepartie

Le risque de contrepartie matérialise les pertes potentielles qui pourraient résulter d'un défaut inattendu ou d'une détérioration de la qualité de crédit d'une des contreparties ou d'un des débiteurs de l'entreprise d'assurance ou de réassurance sur l'année. Sous Solvabilité 2, ce risque est associé à l'incapacité pour une contrepartie d'honorer l'intégralité de ses engagements. Afin de quantifier le risque de crédit de l'entité, il est nécessaire d'évaluer le capital de solvabilité requis de défaut des contreparties. Dans l'Article 189 de la Directive Solvabilité II, il est spécifié que le calcul de ce SCR doit prendre en considération deux types d'expositions à savoir les contreparties de type 1 et celles de type 2.

Le risque de contrepartie de type 1

Le capital de solvabilité requis pour ce type de contrepartie est alors obtenu grâce à la formule suivante :

$$SCR_{def,1} = \begin{cases} 3\sqrt{V} & \text{si } \sqrt{V} < 7\% \sum_i LGD_i, \\ 5\sqrt{V} & \text{si } 7\% < \sqrt{V} \leq 20\% \sum_i LGD_i, \\ \sum_i LGD_i & \text{si } \sqrt{V} > 20\% \sum_i LGD_i. \end{cases}$$

Où :

- LGD_i la perte en cas de défaut de la contrepartie i
- V correspond à la variance de la distribution de perte définie comme suit :

$$V = V_{inter} + V_{intra} \quad (2.29)$$

Avec :

$$V_{inter} = \sum_{(j,k)} \frac{PD_k \times (1 - PD_k) \times PD_j \times (1 - PD_j)}{1.25 \times (PD_k + PD_j) - PD_k \times PD_j} \times TLGD_j \times TLGD_k \quad (2.30)$$

$$V_{intra} = \sum_j \frac{1.5 \times PD_j \times (1 - PD_j)}{1.5 - PD_j} \times \sum_{PD_j} LGD_i^2 \quad (2.31)$$

Où :

- PD_j la probabilité de défaut de la contrepartie k
- LGD_i la perte en cas de défaut de la contrepartie i
- $TLGD_j$ la somme des pertes en cas de défaut des contreparties auxquelles sont associées une probabilité de défaut PD_j .

Pour information, les valeurs de *Credit quality step* ou CQS de chaque entité sont déterminées par le Règlement d'exécution 2016/1800. Chaque agence de notation a son propre système de notation, il est apparu nécessaire d'avoir une table de correspondance. Ainsi il existe une grille permettant d'associer à chaque notation de chaque agence un échelon de crédit. C'est cet échelon de crédit qui est pris en compte dans la réglementation pour l'attribution d'une probabilité de défaut.

Notation des agences		CQS associé
Standard & Poor's / Fitch	Moody's	
AAA	Aaa	0
AA	Aa	1
A	A	2
BBB	Baa	3
BB	Ba	4
Notation inférieure à BB, non noté	Notation inférieure à Ba, non noté	5-6

TABLE 2.14 – Exemple de correspondance entre les notations d'agence et les CQS associées

Afin de appréhender ce risque, nous proposons de l'illustrer à l'aide d'un exemple simple.

Numéro de tiers	LGD	Notation	CQS	CQS	TLGD	PD _j
1	1 000	A	2	1	15 500	0,01 %
2	500	AA	1	2	3 500	0,05 %
3	15 000	AA	1	3	1 500	0,24 %
4	1 500	BBB	3			
5	2 500	A	2			

TABLE 2.15 – Exemple numérique du calcul d'un SCR défaut

A partir des données par tiers, on en déduit directement les quantités $TLGD_j$ en sommant les LGD des tiers ayant le même échelon de crédit. Il s'agit ensuite de calculer la variance inter de la distribution de perte :

i \ j	1	2	3
1	9 608,46	3 614,74	1 781,27
2	3 614,74	2 448,04	1 733,47
3	1 781,27	1 733,47	2 151,71

TABLE 2.16 – Exemple numérique du calcul d'un SCR défaut (suite)

A titre d'exemple, le terme correspondant à la combinaison (1, 3) vaut

$$\frac{0,01\% \times (1 - 0,01\%), 24\% \times (1 - 0,24\%)}{1,25 \times (0,01\% + 0,24\%) - 0,01\% \times 0,24\%} \times 15500 \times 1500 = 1781,27 \quad (2.32)$$

Le V_{inter} correspond à la somme des composantes de ce tableau soit $V_{inter} = 28467,17$. La prochaine étape est donc de calculer la variance intra de la distribution de perte :

1	13 514,19
2	2 174,35
3	3 235,33

TABLE 2.17 – Exemple numérique du calcul d'un SCR défaut (suite bis)

A titre d'exemple, le terme correspondant à la catégorie CQS 1 vaut :

$$\frac{1,5 \times 0,01\% \times (1 - 0,01\%)}{(2,5 - 0,01\%) \times (500^2 + 1500^2)} \quad (2.33)$$

Le V_{intra} correspond à la somme des composantes de ce tableau soit $V_{intra} = 18923,87$. On en déduit alors $V = V_{inter} + V_{intra} = 28467,17 + 18923,87 = 47391,04$. Ainsi $\sqrt{V} = 217,69$: cette valeur est à comparer à 7% de l'exposition totale, soit 1435, et à 20% de l'exposition totale, soit 4100. On retient donc $SCR_{def,1} = 3\sqrt{V} = 3 \times 217,69 = 653,08$.

Le risque de contrepartie de type 2

Le capital de solvabilité requis pour ce type d'exposition correspond à la perte de fonds propres de base qui résulterait d'une baisse des expositions de type 2 du montant défini comme suit :

$$SCR_{def,2} = 90\% \times LGD_{receivables>3months} + \sum 15\% \times LGD_i \quad (2.34)$$

Où :

- $LGDi$ correspond à l'exposition de type 2 (sauf plus de 3 mois)
- $LGD_{receivables>3months}$ sont les pertes totales en cas de défaut sur l'ensemble des arriérés de créance d'intermédiaires d'au moins 3 mois

Agrégation des types de risque

Afin d'obtenir le capital de solvabilité requis pour le risque de contrepartie, il faut agréger les capitaux de solvabilité requis de défaut précédemment obtenus en tenant compte de l'effet de diversification. Cela se fait à travers la formule suivante :

$$SCR_{def} = \sqrt{SCR_{def,1}^2 + 1.5 \times SCR_{def,1} \times SCR_{def,2} + SCR_{def,2}^2} \quad (2.35)$$

Avec :

- $SCR_{def,1}$ le capital requis de solvabilité de type 1
- $SCR_{def,2}$ le capital requis de solvabilité de type 2

2.1.3 Le risque opérationnel

Le risque opérationnel a été défini dans l'article 13 de la Directive Solvabilité II comme étant « le risque de perte résultant de procédures internes, de membres du personnel ou de systèmes inadéquats ou défectueux, ou d'événements extérieurs ». La quantification de ce risque se fait à travers de la formule suivante :

$$SCR_{op} = \text{Min}(30\% \times BSCR; Op) + 0.25 \times Exp_{ul} \quad (2.36)$$

Où :

- $BSCR$ le capital de solvabilité requis de base
- Op le capital requis de base pour le risque opérationnel et est défini comme suit $Op = \text{Max}(OP_{premiums}; OP_{provisions})$
- Exp_{ul} les dépenses annuelles de l'année en assurance vie pour lesquelles le risque d'investissement est porté par l'assuré

Le capital requis de base pour le risque opérationnel est le maximum entre le capital requis sur la base des primes acquises ou $OP_{premiums}$ et le capital requis sur la base des provisions techniques ou $OP_{provisions}$. Ces quantités sont définies comme :

$$OP_{premiums} = 0.04 \times (Earn_{life} - Earn_{life-ul}) + 0.03 \times \text{times} \times Earn_{non-life} + \text{Max}(0; 0.04 \times (Earn_{life} - 1.2 \times pEarn_{life} - (Earn_{life-ul} - 1.2 \times pEarn_{life-ul}))) + \text{Max}(0; 0.03 \times Earn_{non-life} - 1.2 \times pEarn_{non-life}) \quad (2.37)$$

$$OP_{provisions} = 0.0045 \times \text{Max}(0; TP_{life} - TP_{life-ul}) + 0.03 \times \text{Max}(0; TP_{non-life}) \quad (2.38)$$

Où

- $Earn_{life}$ (respectivement $Earn_{non-life}$) représente les primes acquises en assurance vie (respectivement en assurance non-vie),
- $Earn_{life-ul}$ correspond aux primes brutes acquises en assurance vie ou le risque d'investissement est porté par l'assuré
- le préfixe p spécifie qu'il s'agit des primes brutes de l'année précédente.

2.1.4 Le risque de marché

Le risque de marché est défini dans la Directive Solvabilité 2 comme « le risque de perte, ou de changement défavorable de la situation financière, résultant, directement ou indirectement, de fluctuations affectant le niveau ou la volatilité de la valeur de marché des actifs, des passifs et des instruments financiers ». Le module risque de marché est composé de six sous modules de risques qui sont :

- Le **risque de taux d'intérêts** concerne l'intégralité des actifs et des passifs sensibles aux changements de la structure des taux ou la volatilité des taux. Sont concernés notamment les titres à taux fixe, les passifs d'assurance et les produits dérivés sur taux d'intérêt.
- Le **risque sur actions** concerne tous les actifs et les passifs dont la valeur est sensible aux variations de prix des actions. Ce sous module quantifie le risque systémique autrement dit celui qui n'est pas réductible par diversification.
- Le **risque sur actifs immobiliers** correspond à l'évolution des fonds propres de base à la suite d'une baisse de la valeur des biens immobiliers de 25 %.
- Le **risque de spread** correspond à la sensibilité de la valeur des actifs, des passifs et des instruments financiers aux changements affectant le niveau ou la volatilité des marges ou spreads de crédit par rapport à la courbe des taux d'intérêts sans risque
- Les **concentrations du risque de marché** qui résultent d'un manque de diversification du portefeuille de l'entreprise ou d'une exposition importante au risque de défaut d'un seul émetteur
- Le **risque de change** est quantifié en appliquant un choc à la hausse et à la baisse sur le cours du change de la monnaie locale contre les autres monnaies de 25 %.

L'exigence de capital en lien avec le risque de marché est donnée par :

$$SCR_{march} = \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{i,j} SCR_i SCR_j} \quad (2.39)$$

Avec :

- $Corr_{i,j}$ la corrélation entre les sous-modules i et j
- SCR_i (respectivement SCR_j) l'exigence de capital du sous-module i (respectivement j).

Les coefficients de corrélations entre les sous-modules sont donnés dans le point 3 de l'Article 164 du Règlement 2015/35 et sont présentés dans le tableau 2.18 :

Le paramètre A vaut 0 dans le cas où le risque de taux est à la hausse et 0.5 dans le cas contraire.

$i \backslash j$	Taux d'intérêt	Actions	Actifs immobiliers	Spread	Concentration	Devise
Taux d'intérêt	1	A	A	A	0	0.25
Actions	A	1	0.75	0.75	0	0.25
Actifs immobiliers	A	0.75	1	0.5	0	0.25
Spread	A	0.75	0.5	1	0	0.25
Concentration	0	0	0	0	1	0
Devise	0.25	0.25	0.25	0.25	0	1

TABLE 2.18 – Coefficient de corrélation du module "marché"

Le risque de taux d'intérêt

La quantification du capital de solvabilité requis de taux d'intérêt vise à protéger l'entité face à une variation des taux d'intérêt défavorable qui pourrait impacter son bilan. Vont alors être concernés, par exemple, les titres à taux fixe, les passifs d'assurances ou encore les produits dérivés sur taux d'intérêt. L'exigence de capital que requiert le risque de taux correspond au montant le plus important entre la variation des fonds propres de base résultant d'un choc à la hausse des courbes de taux d'intérêt et d'un choc à la baisse de ces mêmes taux. Les chocs à appliquer dépendent de la maturité considérée et sont fixés par les Articles 166 et 167 du Règlement 2015/35 :

S'il s'agit d'une échéance qui n'est pas spécifiée dans le tableau ci-dessus, il faut alors procéder par interpolation linéaire.

A noter qu'il n'est pas possible de considérer des chocs sur des taux négatifs. Ce point sera a priori revu lors de la prochaine révision de la norme. Parallèlement, le choc à la hausse doit entraîner une hausse d'au moins un point de pourcentage du taux d'intérêt.

Le risque sur actions

Le sous-module « risque sur actions » a pour but de déterminer l'impact d'un changement défavorable de la valeur des actions ou de leur volatilité sur le bilan de l'entité. Il est lui-même divisé en plusieurs sous-module :

- **Risque sur actions de type 1** qui réunissent principalement les actions cotées sur les marchés réglementés des pays membres de l'OCDE ou de l'Espace Economique Européen (EEE).
- **Risque sur actions de type 2** qui réunissent notamment les actions qui ne sont pas de type 1.
- **Risque sur actions d'infrastructure éligibles** ; ces infrastructures regroupent « les structures physiques ou les équipements, systèmes et réseaux qui fournissent ou soutiennent les services publics essentiels ». Aussi, pour qu'elles soient éligibles, le financement de celles-ci doit être robuste et garantir un niveau de protection de l'investisseur conséquent. Cette notion d'éligibilité est plus précisément définie dans l'Article 164 bis du Règlement 2015/35.
- **Risque sur actions de sociétés d'infrastructure éligibles** ; ces actions correspondent à des investissements réalisés dans une entité répondant aux critères présentés dans l'Article 134 ter du Règlement 2015/35 qui vont dans le sens de la protection des investisseurs.

L'exigence de capital pour le sous-module « actions » est donné par :

$$SCR_{equity} = \sqrt{SCR_{equ1}^2 + 2 \times 0,75 \times SCR_{equ1} \times (SCR_{equ2} + SCR_{quinf} + SCR_{quinf}) + (SCR_{equ2} + SCR_{quinf} + SCR_{quinf})^2} \quad (2.40)$$

Avec :

Echéance (en années)	Choc à la hausse	Choc à la baisse
< 1	70%	75%
1	70%	75%
2	70%	65%
3	64%	56%
4	59%	50%
5	55%	46%
6	52%	42%
7	49%	39%
8	47%	36%
9	44%	33%
10	42%	31%
11	39%	30%
12	37%	29%
13	35%	28%
14	34%	28%
15	33%	27%
16	31%	28%
17	30%	28%
18	29%	28%
19	27%	29%
20	26%	29%
90	20%	20%
>90	20%	20%

TABLE 2.19 – Choc de taux d'intérêt selon les maturités

- SCR_{equ1} l'exigence de capital pour les actions de type 1
- SCR_{equ2} l'exigence de capital pour les actions de type 2
- SCR_{quinf} l'exigence de capital pour les actions d'infrastructures éligibles
- SCR_{quinf_c} l'exigence de capital pour les actions de sociétés d'infrastructure éligibles

Type d'actions	Caractéristiques	Choc à considérer
Actions de type 1	Investissement stratégique dans une société liée autrement dit une filiale ou une entreprise laquelle l'entité possède une participation	Diminution soudaine de 22 %
	Investissement à long terme	Diminution soudaine de 22 %
	Autres actions	Diminution soudaine de 39 % de la valeur de l'action et de l'ajustement symétrique
Actions de type 2	Investissement stratégique dans une société liée autrement dit une filiale ou une entreprise dans laquelle l'entité possède une participation	Diminution soudaine de 22 %
	Investissement à long terme	Diminution soudaine de 22 %
	Autres actions	Diminution soudaine de 49 % de la valeur de l'action et de l'ajustement symétrique
Actions d'infrastructure éligibles	Investissement stratégique dans une société liée autrement dit une filiale ou une entreprise dans laquelle l'entité possède une participation	Diminution soudaine de 22 %
	Investissement à long terme	Diminution soudaine de 22 %
	Autres actions	Diminution soudaine de 30 % de la valeur de l'action et de 77 % de l'ajustement symétrique
Actions de sociétés éligibles	Investissement stratégique dans une société liée autrement dit une filiale ou une entreprise dans laquelle l'entité possède une participation	Diminution soudaine de 22 %
	Investissement à long terme	Diminution soudaine de 22 %
	Autres actions	Diminution soudaine de 36 % de la valeur de l'action et de 92 % de l'ajustement symétrique

Ces différentes exigences de capital sont quantifiées en appréhendant la perte de fonds propres résultants de chocs sur les différentes actions. Ceux-ci sont différents selon le type d'action considéré et les caractéristiques de ces actions. Le tableau ci-dessous résume les chocs à appliquer :

La notion d'ajustement symétrique est omniprésente, celle-ci est définie dans le point 2 de l'Article 172 du Règlement 2015/35 comme suit :

$$SA = \frac{1}{2} \times \left(\frac{CI - AI}{AI} - 8\% \right) \quad (2.41)$$

Avec :

- CI le niveau courant de l'indice du cours de l'action
- AI la moyenne pondérée des niveaux quotidiens de l'indice du cours de l'actions sur les 36 derniers mois

A noter que l'ajustement symétrique doit être compris dans l'intervalle $[-10\%; 10\%]$ et a pour but de tenir compte du niveau du marché.

Le risque sur les actifs immobiliers

Le capital de solvabilité requis pour ce sous-module correspond à la perte des fonds propres de bases qui résulterait d'une baisse soudaine de la valeur des actifs immobiliers de 25 %.

Le risque lié au spread

Ce sous-module est destiné à prendre en compte la sensibilité du bilan de l'entité à la variation du niveau ou de la volatilité des spreads de crédit par rapport à la courbe de taux sans risque. Les titres concernés sont les obligations d'entreprises, les dettes subordonnées, les produits structurés de crédit ou encore les titres adossés à des actifs (ou *asset-backed security ABS*). Sont exclus de ce sous-module les obligations d'Etat ou garanties par un Etat.

La formule du risque de spread est la suivante :

$$SCR_{spread} = SCR_{bonds} + SCR_{securisation} + SCR_{cd} \quad (2.42)$$

Avec :

- SCR_{bonds} l'exigence de capital liée au risque sur les obligations et les prêts. Celle-ci correspond à la perte des fonds propres de base qui résulterait d'une diminution soudaine de $stress_i$. Ce taux est défini dans l'Article 176 du Règlement 2015/35. En somme, on a : $SCR_{bonds} = \sum_i MV_i \times F^{up}(rating)$ avec :
 - MV_i la valeur de marché du titre i
 - $F^{up}(rating)$ la fonction qui permet d'associer un facteur de risque $stress_i$ en fonction de la notation et de la durée du titre considéré
- $SCR_{securisation}$ l'exigence de capital liée au risque sur la titrisation qui repose sur le même principe que le SCR_{bonds} . Les coefficients $stress_i$ sont présentés dans l'Article 178 du Règlement 2015/35.
- SCR_{cd} l'exigence de capital liée au risque sur les dérivés de crédit. Celle-ci correspond à l'exigence la plus élevée entre la perte de fonds propres de base résultant d'une hausse soudaine, en valeur absolue, de l'écart de crédit des instruments sous-jacents aux dérivés de crédit et la perte de fonds propres de base résultant d'une baisse relative de 75% de ce même écart.

Le risque de concentration

Le risque de concentration réside en l'existence d'un risque supplémentaire supporté par l'entreprise d'assurance ou de réassurance du fait d'un manque de diversification de son portefeuille d'actifs voire d'une surexposition au risque de défaut d'une unique contrepartie. Notons que l'on considère les émetteurs d'un même groupe comme une seule contrepartie. Les actifs à considérer pour quantifier le risque de concentration sont ceux qui n'ont pas déjà été pris en compte dans le risque de contrepartie à savoir les actifs du risque actions, immobilier et de spread.

La formule à appliquer pour quantifier l'exigence de capital du risque de concentration est la suivante :

$$SCR_{cd} = \sqrt{\sum_i Conc_i^2} \quad (2.43)$$

$$Conc_i = XS_i \times g_i$$

$$XS_i = \max(0; E_i - CT_{\times} Assets)$$

Avec :

- i les expositions sur signatures uniques
- $Conc_i$ le capital de solvabilité requis pour concentration sur une exposition sur signature unique i correspondant à la perte des fonds propres de base à la suite d'une baisse soudaine de la valeur des actifs en lien avec l'exposition unique
- XS_i l'exposition en excès
- g_i le facteur de risque pour concentration du marché fixé dans l'Article 186 du Règlement 2015-35

- $Assets$ le total des actifs considérés hors UC
- E_i l'exposition au défaut de la contrepartie i
- CT_i le seuil relatif d'exposition en excès donné en fonction de la moyenne pondérée des échelons de qualité de crédit au sein de l'Article 185 du Règlement 2015-35

Le risque de change

Le risque de change a pour objectif de capter la sensibilité du bilan de l'entité aux changements affectant le niveau ou la volatilité des taux de change. On retient pour chaque monnaie étrangère l'exigence de capital la plus importante entre celle résultant d'une hausse de 25% de la valeur de la monnaie étrangère par rapport à la monnaie locale et celle résultant d'une baisse de 25%.

2.2 Outil de projection

Un outil de calcul complet a été développé au sein de l'équipe. Celui-ci permet :

- de calculer les provisions techniques (provisions mathématique vie, non-vie, provisions pour sinistres à payer, ...)
- de mener les études de Solvabilité 2
- d'effectuer des analyses ORSA (*Own Risk and Solvency Assessment*).

Il est composé d'une interface riche et intuitive qui permet notamment d'accéder aux pistes d'audit des différentes quantités calculées. La figure 2.4 présente quelques fonctionnalités disponibles au sein de l'outil.

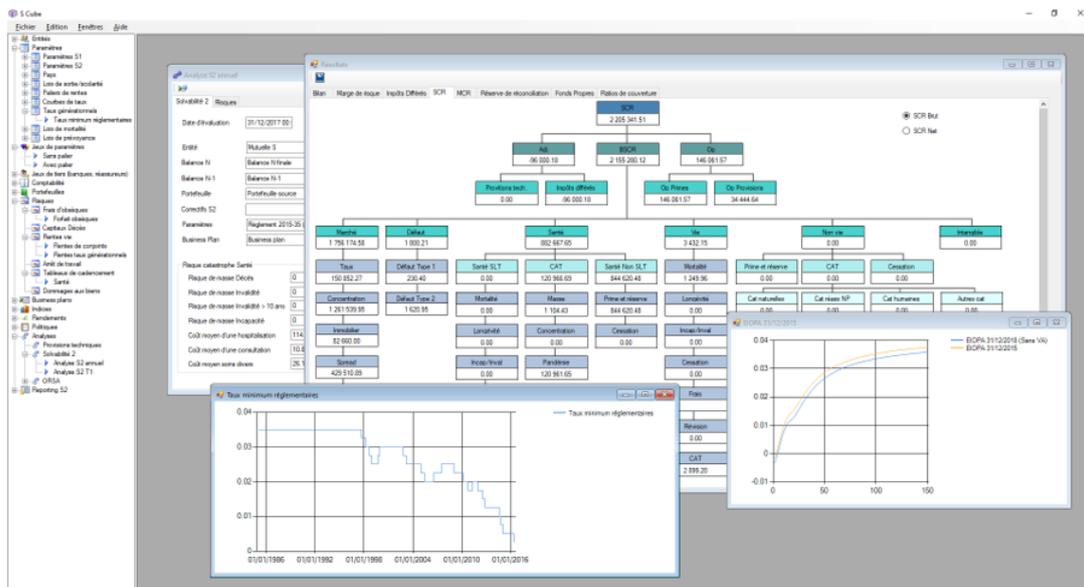


FIGURE 2.4 – Interface de l'outil SCube

2.2.1 Architecture informatique

L'outil a été développé sur la plateforme Visual Studio de Microsoft, dans le langage VB.NET. L'outil prend la forme d'un exécutable, qu'il est possible d'installer sur tout poste informatique. Les données sont réparties en plusieurs bases :

- Une base centrale contenant tous les paramètres (tables de mortalité, courbes de taux, paramétrages Solvabilité 2, ...)
- Une base propre à chaque analyse, contenant les données comptables, les risques, les portefeuilles financiers ...
- Une base SQLite, pour le déversement des résultats afin de pouvoir générer les QRT et les instances XBRL

L'interaction entre ces différentes bases est présentée dans la figure 2.5.

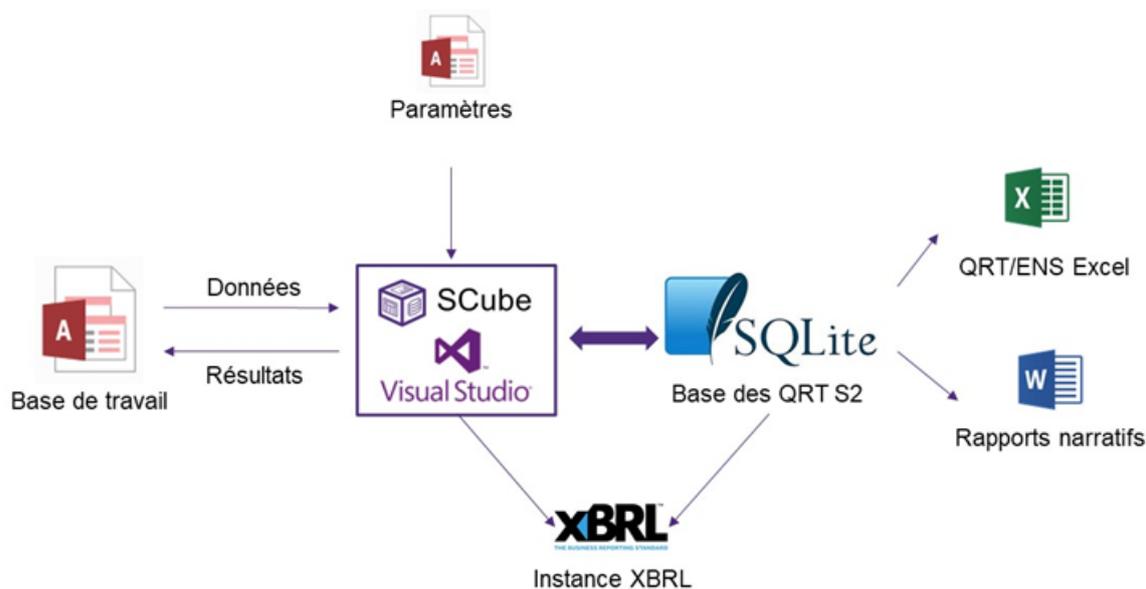


FIGURE 2.5 – Interaction des bases SCube

2.2.2 Principes généraux de programmation

L'outil exploite toutes les fonctionnalités POO (programmation orientée objet) offerte par le langage.

Chaque brique de calcul prend la forme d'une classe, dont les instances seront générées à la volée lors de l'exécution d'une analyse.

Par exemple, les risques sont modélisés à partir d'une classe de base, de laquelle hérite des classes plus spécifiques de risques, c'est ce que nous présentons dans la figure 2.6.

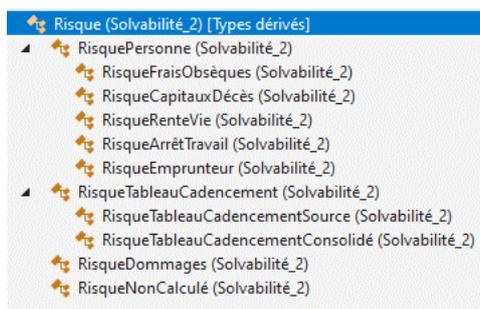


FIGURE 2.6 – Présentation de la classe des risques dans SCube

La classe de base va exposer des méthodes abstraites, que chaque classe enfant va implémenter en fonctions des risques spécifiques couverts.

Par exemple, pour les provisions, nous aurons les méthodes présentées dans la figure 2.7.

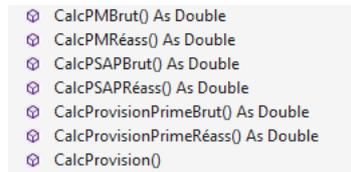


FIGURE 2.7 – Présentation des méthodes des provisions dans SCube

2.2.3 Le calcul de la marge de risque vu comme un exercice ORSA

L'outil permet de calculer de manière exacte un SCR en fonction d'une situation donnée :

- Ensemble de risques
- Portefeuille financier
- Balance
- ...

L'interface permettant de paramétrer une analyse Solvabilité 2 est présentée dans la figure 2.8.

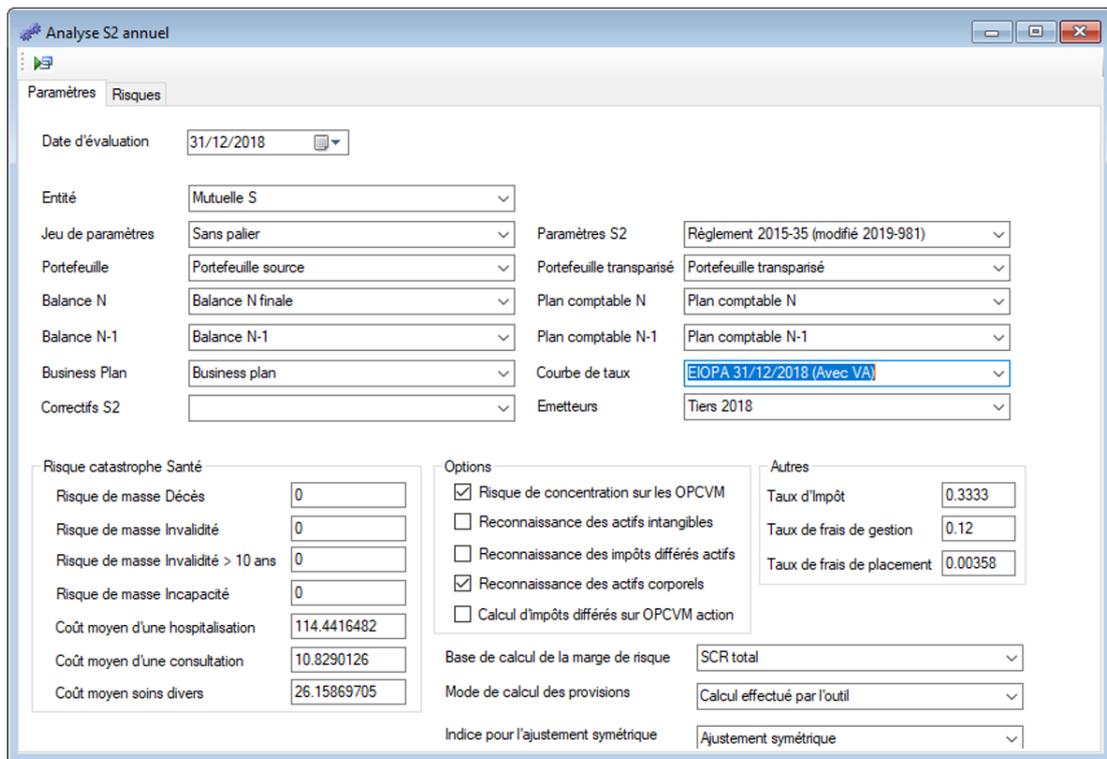


FIGURE 2.8 – Interface de paramétrage d'une analyse Solvabilité 2 dans SCube

L'outil permet également d'appréhender un exercice ORSA. Un ORSA peut être vu comme une suite d'événements, qui vont toucher la situation initiale pour la modifier :

- Un choc sur les actions
- Un choc sur la sinistralité
- Un changement de courbe de taux
- Une augmentation ou une baisse du chiffre d'affaires

— ...

L'idée générale est d'appréhender le calcul de la marge de risque comme un ORSA, avec un jeu de paramètres en fait relativement simple :

- Absence d'affaire nouvelle en raison de la situation de *run-off*
- Prise en compte de la courbe forward associée à chacun des horizons de projection.

2.3 Modélisation des projections

2.3.1 Le taux d'intérêt

Nous pensons que la projection des flux aux différentes maturités requiert de considérer un type de taux que la réglementation ne précise pas clairement.

En effet, l'hypothèse (i) – ii de l'Article 38 du Règlement 2015-35 précise que le risque de taux d'intérêt est exclu de la quantification de la marge de risque. On considère donc qu'il n'y a pas de variation de taux. Par conséquent, chaque flux actualisé doit avoir la même valeur, que l'on soit à l'instant 0, 1, 2 ou autre.

Graphiquement, nous obtenons donc :

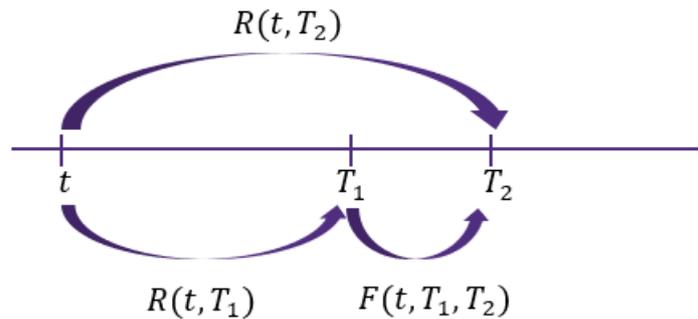


FIGURE 2.9 – Schéma explicatif des taux forward

Dans la littérature, cette situation correspond à un environnement d'absence d'opportunité d'arbitrage (AOA). Il n'existe pas de combinaison d'achat et de vente qui permettent d'avoir un gain certain à une date future après un investissement nul à une date initiale et réciproquement. Mathématiquement, l'opportunité d'arbitrage est définie comme suit :

$$X_0 = 0, X_T \geq 0 \text{ et } \mathbb{P}(X_T > 0) > 0 \quad (2.44)$$

Dans le cadre de notre marge de risque, on doit donc considérer des taux forward. Celui-ci est défini comme le taux d'intérêt fixé à la date initiale pour les périodes futures. C'est exactement ce dont nous avons besoin dans le cadre de la projection de nos flux et l'hypothèse conduisant à ne pas considérer de risque de taux confirme la pertinence de l'utilisation de ces taux.

Pour rappel, nous avons déjà présenté la démonstration permettant de faire le lien entre les taux d'intérêt sans risque et les taux forward dans l'équation 1.28.

Nous avons finalement obtenu :

$$r_{d,j} = \left(\frac{(1 + r_{d+j})^{d+j}}{1 + r_d} \right)^{\frac{1}{j}} - 1 \quad (2.45)$$

Dans ce mémoire, nous allons calculer les courbes forward pour chacune des maturités à partir de la courbe "EIOPA 31/12/2020 (Sans VA)".

Maturité	Taux
1	-0,62 %
2	-0,62 %
3	-0,61 %
4	-0,59 %
5	-0,56 %
6	-0,53 %
7	-0,49 %
8	-0,45%
9	-0,40 %
10	-0,37 %
[...]	
148	3,09 %
149	3,10 %
150	3,10 %

Notons qu'un élément caractéristique de cette courbe de taux réside dans le fait que les taux sont négatifs pour les maturités inférieures à 21 ans. Le graphique 2.10 présente la courbe EIOPA au 31/12/2020 sans *volatility adjustment* :

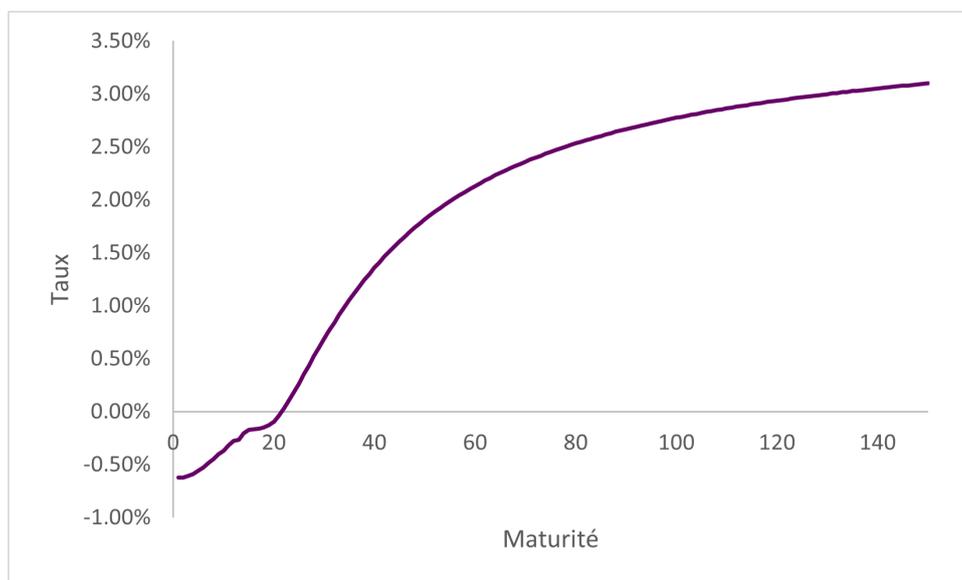


FIGURE 2.10 – Courbe EIOPA 31/12/2020 (Sans VA)

Nous avons ensuite automatisé le calcul des taux forward à partir d'une courbe de taux donnée, ici la courbe EIOPA 31/12/2020 (Sans VA). Ce programme a été développé en Visual Basic for Applications (VBA).

Nous avons donc généré 149 courbes de taux à partir des 150 maturités de la courbe d'origine. Les courbes obtenues contiennent une maturité en moins à chaque pas de décalage dans le temps jusqu'à la dernière courbe qui ne contient finalement plus qu'une maturité.

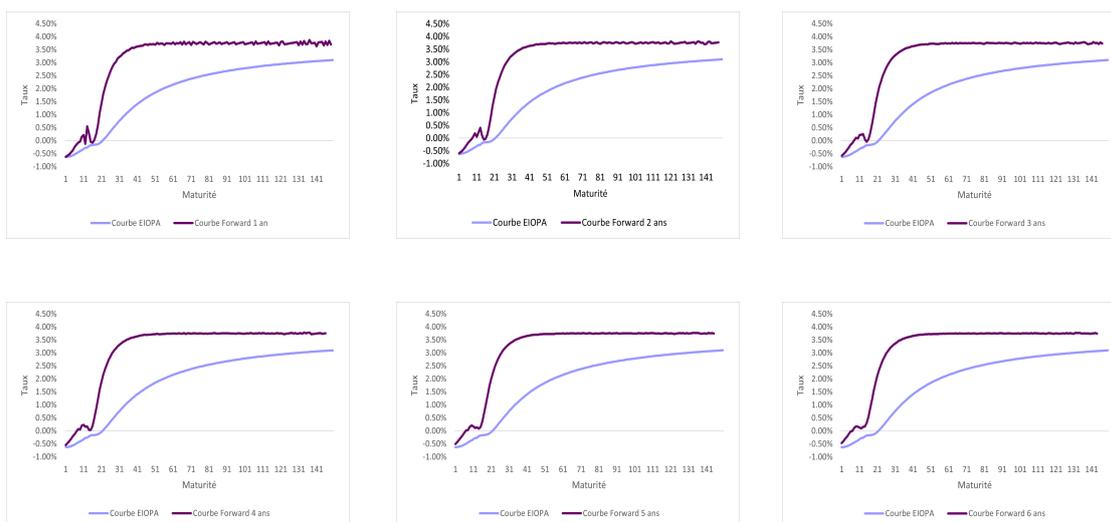
Par souci de lisibilité, voici un extrait des courbes obtenues avec les vingt premières années :

Maturité	Courbe initiale	Forward 1 an	Forward 2 ans	Forward 3 ans	Forward 4 ans	Forward 5 ans	Forward 6 ans	Forward 7 ans	Forward 8 ans	Forward 9 ans	Forward 10 ans	Forward 11 ans	Forward 12 ans	Forward 13 ans	Forward 14 ans	Forward 15 ans	Forward 16 ans	Forward 17 ans	Forward 18 ans	Forward 19 ans
1	-0,62%	-0,60%	-0,57%	-0,54%	-0,51%	-0,46%	-0,42%	-0,38%	-0,34%	-0,29%	-0,24%	-0,23%	-0,17%	-0,14%	-0,14%	-0,13%	-0,12%	-0,10%	-0,07%	-0,01%
2	-0,58%	-0,55%	-0,51%	-0,48%	-0,43%	-0,39%	-0,34%	-0,30%	-0,25%	-0,21%	-0,20%	-0,13%	-0,10%	-0,10%	-0,10%	-0,09%	-0,07%	-0,03%	0,02%	0,09%
3	-0,52%	-0,48%	-0,45%	-0,39%	-0,35%	-0,30%	-0,26%	-0,21%	-0,16%	-0,16%	-0,09%	-0,07%	-0,06%	-0,06%	-0,06%	-0,04%	0,00%	0,06%	0,13%	0,21%
4	-0,44%	-0,41%	-0,35%	-0,30%	-0,26%	-0,22%	-0,17%	-0,12%	-0,12%	-0,05%	-0,02%	-0,03%	-0,03%	-0,03%	-0,01%	0,03%	0,09%	0,17%	0,25%	0,34%
5	-0,37%	-0,31%	-0,26%	-0,21%	-0,18%	-0,12%	-0,07%	-0,08%	-0,01%	0,02%	0,01%	0,00%	0,01%	0,02%	0,06%	0,13%	0,20%	0,29%	0,38%	0,48%
6	-0,24%	-0,20%	-0,16%	-0,13%	-0,07%	-0,02%	-0,04%	0,04%	0,06%	0,05%	0,04%	0,04%	0,05%	0,09%	0,16%	0,24%	0,33%	0,42%	0,52%	0,62%
7	-0,16%	-0,12%	-0,09%	-0,03%	0,02%	0,00%	0,08%	0,10%	0,08%	0,07%	0,06%	0,08%	0,12%	0,19%	0,27%	0,36%	0,46%	0,57%	0,67%	0,76%
8	-0,08%	-0,05%	0,01%	0,07%	0,03%	0,12%	0,14%	0,11%	0,09%	0,08%	0,10%	0,14%	0,21%	0,30%	0,40%	0,50%	0,61%	0,71%	0,81%	0,91%
9	-0,03%	0,06%	0,11%	0,05%	0,15%	0,17%	0,14%	0,11%	0,10%	0,12%	0,16%	0,24%	0,33%	0,43%	0,54%	0,65%	0,76%	0,86%	0,97%	1,06%
10	0,15%	0,19%	0,08%	0,20%	0,21%	0,17%	0,13%	0,12%	0,13%	0,18%	0,26%	0,36%	0,47%	0,58%	0,70%	0,81%	0,92%	1,02%	1,12%	1,22%
11	0,22%	0,05%	0,22%	0,23%	0,17%	0,13%	0,12%	0,13%	0,19%	0,27%	0,38%	0,50%	0,62%	0,74%	0,85%	0,96%	1,07%	1,18%	1,27%	1,37%
12	-0,12%	0,22%	0,23%	0,16%	0,11%	0,10%	0,12%	0,18%	0,28%	0,40%	0,52%	0,65%	0,78%	0,90%	1,01%	1,13%	1,23%	1,33%	1,43%	1,52%
13	0,55%	0,41%	0,26%	0,17%	0,14%	0,16%	0,22%	0,33%	0,45%	0,59%	0,72%	0,85%	0,97%	1,10%	1,21%	1,32%	1,42%	1,51%	1,60%	1,69%
14	0,26%	0,11%	0,04%	0,04%	0,08%	0,17%	0,30%	0,44%	0,59%	0,74%	0,88%	1,01%	1,14%	1,26%	1,37%	1,47%	1,57%	1,66%	1,75%	1,83%
15	-0,05%	-0,06%	-0,04%	0,04%	0,15%	0,30%	0,47%	0,63%	0,79%	0,94%	1,08%	1,21%	1,33%	1,45%	1,55%	1,65%	1,75%	1,83%	1,91%	1,98%
16	-0,08%	-0,03%	0,06%	0,20%	0,37%	0,55%	0,73%	0,89%	1,05%	1,19%	1,33%	1,45%	1,56%	1,67%	1,77%	1,86%	1,94%	2,02%	2,09%	2,16%
17	0,02%	0,13%	0,29%	0,49%	0,68%	0,86%	1,03%	1,19%	1,33%	1,47%	1,59%	1,70%	1,80%	1,90%	1,99%	2,07%	2,14%	2,21%	2,28%	2,34%
18	0,25%	0,43%	0,64%	0,84%	1,03%	1,20%	1,36%	1,50%	1,63%	1,75%	1,86%	1,95%	2,05%	2,13%	2,21%	2,28%	2,34%	2,41%	2,46%	2,51%
19	0,61%	0,84%	1,04%	1,23%	1,40%	1,55%	1,68%	1,80%	1,92%	2,02%	2,11%	2,20%	2,28%	2,35%	2,42%	2,48%	2,53%	2,59%	2,63%	2,68%
20	1,07%	1,26%	1,44%	1,59%	1,74%	1,86%	1,97%	2,08%	2,18%	2,26%	2,34%	2,42%	2,48%	2,55%	2,60%	2,65%	2,70%	2,75%	2,79%	2,83%

FIGURE 2.11 – Taux forward calculés à partir de la courbe "AA RATING EUR REPS CREDIT CURVE 31/12/2021"

Par exemple, les taux que l'on va considérer pour le calcul du SCR projeté dans 5 ans, noté $SCR(5)$, correspondent à la colonne "Forward 6 ans" puisque l'on rappelle que le SCR permet d'avoir une vision à horizon 1 an et que l'on considère donc une échéance à la fin de l'année.

Graphiquement, pour les 6 premières années, nous avons :



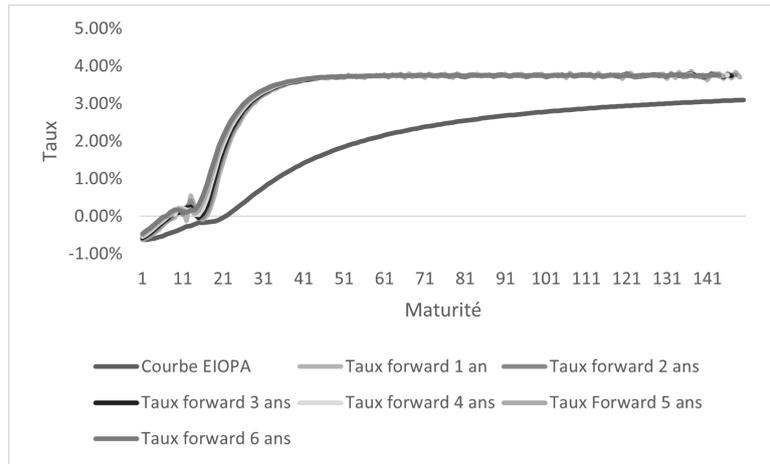


FIGURE 2.12 – Premières années des courbes forward

Une fois que nous avons déterminé ces courbes de taux, nous les avons importé dans l’outil SCube. Dans un second temps, nous avons généré un événement de changement de courbe pour chaque période future, et associé la courbe forward de la période. Dans notre outil, la prise en considération de ces événements a été définie dans l’interface graphique comme présentée dans la figure 2.13 :

Événement	Horizon	NumÉvénement	Courbe	Paramètre	Risque	Pays	Filtre	ÀConsidérer
ChangementCourbeTaux	1	1	Forward 1 an					<input checked="" type="checkbox"/>
ChangementCourbeTaux	2	2	Forward 2 ans					<input checked="" type="checkbox"/>
ChangementCourbeTaux	3	3	Forward 3 ans					<input checked="" type="checkbox"/>
ChangementCourbeTaux	4	4	Forward 4 ans					<input checked="" type="checkbox"/>
ChangementCourbeTaux	5	5	Forward 5 ans					<input checked="" type="checkbox"/>
ChangementCourbeTaux	6	6	Forward 6 ans					<input checked="" type="checkbox"/>
ChangementCourbeTaux	7	7	Forward 7 ans					<input checked="" type="checkbox"/>
ChangementCourbeTaux	8	8	Forward 8 ans					<input checked="" type="checkbox"/>
ChangementCourbeTaux	9	9	Forward 9 ans					<input checked="" type="checkbox"/>
ChangementCourbeTaux	10	10	Forward 10 a...					<input checked="" type="checkbox"/>
ChangementCourbeTaux	11	11	Forward 11 a...					<input checked="" type="checkbox"/>
ChangementCourbeTaux	12	12	Forward 12 a...					<input checked="" type="checkbox"/>
ChangementCourbeTaux	13	13	Forward 13 a...					<input checked="" type="checkbox"/>
ChangementCourbeTaux	14	14	Forward 14 a...					<input checked="" type="checkbox"/>
ChangementCourbeTaux	15	15	Forward 15 a...					<input checked="" type="checkbox"/>
ChangementCourbeTaux	16	16	Forward 16 a...					<input checked="" type="checkbox"/>
ChangementCourbeTaux	17	17	Forward 17 a...					<input checked="" type="checkbox"/>
ChangementCourbeTaux	18	18	Forward 18 a...					<input checked="" type="checkbox"/>
ChangementCourbeTaux	19	19	Forward 19 a...					<input checked="" type="checkbox"/>
ChangementCourbeTaux	20	20	Forward 20 a...					<input checked="" type="checkbox"/>
ChangementCourbeTaux	21	21	Forward 21 a...					<input checked="" type="checkbox"/>
ChangementCourbeTaux	22	22	Forward 22 a...					<input checked="" type="checkbox"/>
ChangementCourbeTaux	23	23	Forward 23 a...					<input checked="" type="checkbox"/>
ChangementCourbeTaux	24	24	Forward 24 a...					<input checked="" type="checkbox"/>

FIGURE 2.13 – Définition des courbes de taux aux différents horizons de projection

2.3.2 Projection du risque de souscription non-vie et du risque santé (hors risque de santé similaire à la vie) :

La détermination du risque de souscription non-vie et des risques de souscription santé (autre que le risque de santé similaire à la vie) repose principalement sur les flux associés aux différents risques.

Les primes

Le montant des primes à considérer est impacté par le cadre sous-jacent au modèle. Cela se répercute notamment dans le calcul du risque de primes. Pour bien comprendre les changements que requiert la marge de risque, reprenons les exemples de contrats que nous avons présentés dans la section 2.1.

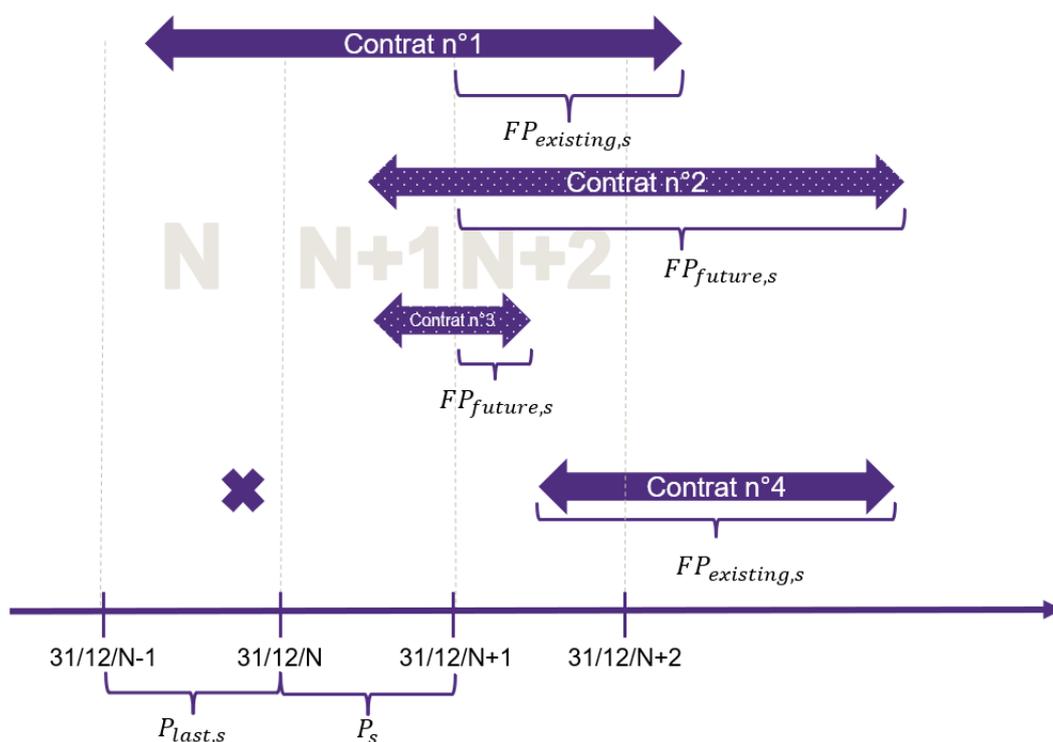


FIGURE 2.14 – Exemples de contrats et de leur contribution à la mesure de volume en non-vie

1. Le contrat n°1 est pluriannuel et il a été souscrit et a pris effet au courant de l'année N pour 3 ans.
 Dans le calcul réglementaire, les primes acquises entre la prise d'effet du contrat et le 31/12/N alimenteraient le $P_{last,s}$. Les primes acquises entre le 31/12/N et le 31/12/N+1 constitueraient le P_s lié à ce contrat. Enfin, les primes acquises entre le 31/12/N+1 et la fin du contrat formeraient le $FP_{existing,s}$.
 Dans le cadre du calcul de la marge de risque, on suppose que l'entreprise de référence n'a pas d'engagement d'assurance avant le transfert. Il convient donc de ne pas considérer les primes acquises entre la date d'effet du contrat et le 31/12/N. Ces primes ne sont acquises par l'entreprise de référence mais par l'entreprise d'origine. Aussi, ce sont les engagements d'assurance qui sont transmis de l'entreprise d'origine à l'entreprise de référence. C'est la raison pour laquelle il s'agit de considérer uniquement le montant des primes acquises entre le 31/12/N et la fin du contrat n°1.

2. Le contrat n°2 est lui aussi pluriannuel mais nous considérons qu'il est souscrit au cours de l'année N+1 pour 3 ans.

Dans le cadre du calcul réglementaire, il s'agirait de considérer un montant P_s équivalent aux primes acquises entre la date d'effet du contrat et le 31/12/N+1 au titre du contrat non encore reconnu. Par la suite, toutes les primes à acquérir au-delà du 31/12/N+1 constitueraient le montant $FP_{futures,s}$.

Dans le cadre du calcul de la marge de risque, ce contrat n'est pas pris en compte. La situation de *run-off* rend impossible la souscription de nouveaux contrats pendant l'année.

3. Le contrat n°3 est annuel et souscrit au cours l'année N+1 pour une durée d'un an. Dans le cadre du calcul réglementaire, il s'agirait donc de considérer un montant de P_s à hauteur des primes acquises entre la date de souscription et le 31/12/N+1. Le montant résiduel des primes acquises au-delà du 31/12/N+1 constituerait le $FP_{futures,s}$.

Dans le cadre du calcul de la marge de risque, comme pour le contrat n°3, ce contrat ne peut pas exister.

4. Le contrat n°4 a été souscrit pendant l'année N et prend effet pendant l'année N+2 pour 2 ans.

Dans le cadre du calcul réglementaire, l'intégralité des primes seraient prises en compte dans le $FP_{existing,s}$.

Pour le calcul de la marge de risque, les valeurs sont inchangées pour ce type de contrat.

Finalement, la mesure de volume du risque de primes présentée dans l'équation 2.9 devient :

$$V_{prem,s} = P_s + FP_{existing,s} \quad (2.46)$$

Opérationnellement, le cadre sous-jacent au modèle conduit donc à revoir le périmètre des contrats à envisager et les quantités à considérer pour quantifier la mesure de volume du risque de primes :

- $P_s = 0$ puisque nous nous trouvons dans une situation de *run-off*.

Pour rappel, dans le calcul réglementaire, ce montant est composé du montant des primes à acquérir dans les 12 mois pour les contrats reconnus et pour les contrats non-reconnus.

Dans le cadre de la marge de risque la situation de liquidation impose qu'aucun nouveau contrat ne peut être souscrit, il est donc intuitif de ne pas considérer de primes à acquérir au titre des contrats non-reconnus.

S'agissant des contrats reconnus, nous considérons qu'il existe un transfert des engagements (et des engagements uniquement) à la date initiale de l'entreprise d'origine vers l'entreprise de référence. Les primes perçues par l'entreprise de référence sont donc fondamentalement différentes de celles qui auraient été perçues par l'entreprise d'origine. Celle-ci ne percevra aucune prime au titre des contrats reconnus. En effet, considérons les primes émises par l'entreprise d'origine au titre des contrats en cours. Une part de ces primes émises a été acquise sur la période et revient donc à l'entreprise d'origine. La part qui n'a pas encore été acquise par l'entreprise de référence constitue la provision pour primes non acquises de l'entreprise d'origine qui est transmise telle quelle à l'entreprise de référence. Il n'y a donc pas lieu de tenir compte de primes à acquérir dans les 12 mois au titre de contrats reconnus : celles-ci sont transmises à travers les provisions. C'est ce que nous présentons dans le schéma 2.15

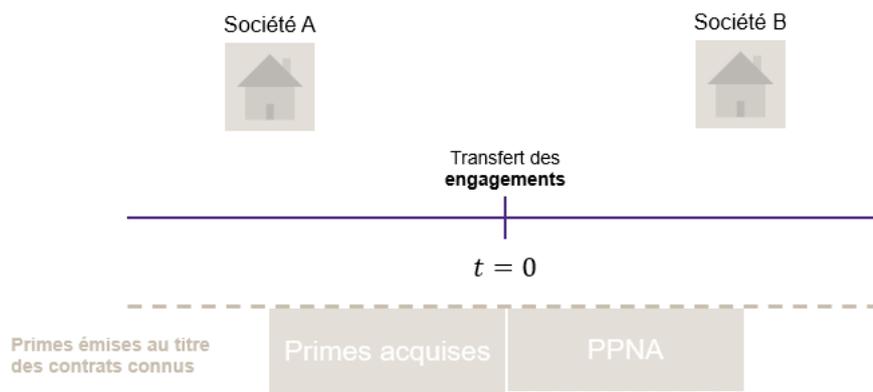


FIGURE 2.15 – Schéma explicatif du montant de P_s à retenir dans la marge de risque

- $P_{last,s} = 0$ en vertu de l'hypothèse (d) précisant qu'avant transfert du portefeuille, l'entreprise n'a pas d'engagement d'assurance ou de réassurance.
- $FP_{existing,s}$ est identique au $FP_{existing,s}$ de l'entreprise de référence puisque ce montant concerne initialement le montant des primes à acquérir sur les contrats connus,
- $FP_{futures,s} = 0$ puisque cette valeur concerne les contrats non encore reconnus et que la marge de risque impose une situation de liquidation du portefeuille.

Le montant des primes à considérer a été inclus dans l'analyse ORSA par l'intermédiaire du business plan. Dans l'analyse ORSA de base, ce business plan permet de prendre en compte le déroulement de l'activité sur les années à venir. Dans notre cas, nous avons considéré les flux de primes futurs pour contrats existants, que nous avons modélisé dans l'interface présentée dans la figure 2.16.

Risque	Année	TypeLigne	Tiers	PrimesEmises	PrimesAv
Assistance	0	Affaire directe	Brut	0.00	
AssurAcci	0	Affaire directe	Brut	0.00	
Auto - Dommages	0	Affaire directe	Brut	0.00	
Auto - RC	0	Affaire directe	Brut	0.00	
Cat nat	0	Affaire directe	Brut	0.00	
Chien et chat	0	Affaire directe	Brut	0.00	
Emprunteur Espagne - ...	0	Affaire directe	Brut	0.00	
Emprunteur France - Pe...	0	Affaire directe	Brut	0.00	
Emprunteur France - Pe...	0	Affaire directe	Brut	0.00	
Emprunteur Italie - Perte...	0	Affaire directe	Brut	0.00	
EPCS Espagne - Incen...	0	Affaire directe	Brut	0.00	
EPCS Espagne - Perte...	0	Affaire directe	Brut	0.00	
EPCS France Incendie	0	Affaire directe	Brut	0.00	
EPCS France Pertes di...	0	Affaire directe	Brut	0.00	
EPCS Italie - Incendie	0	Affaire directe	Brut	0.00	
Frais de santé	0	Affaire directe	Brut	0.00	

Nb lignes : 37

Reconnaisance des actifs corporels
 Calcul d'impôts différés sur OPCVM action
 Reconnaisance des PENA
 Duration minimum à 1 an SCR Spread

Calcul de la marge de risque : SCR hors risque de taux
 Calcul des provisions : Calcul effectué par l'outil
 Indice Ajustement symétrique : Ajustement symétrique

FIGURE 2.16 – Business plan de l'entité

Les sinistres

Notre portefeuille est composé de plusieurs risques. A chacun de ces risques sont associés des flux de sinistralité pour chacune des années jusqu'à la liquidation du portefeuille. C'est ce raisonnement qui est présenté dans le schéma 2.17.

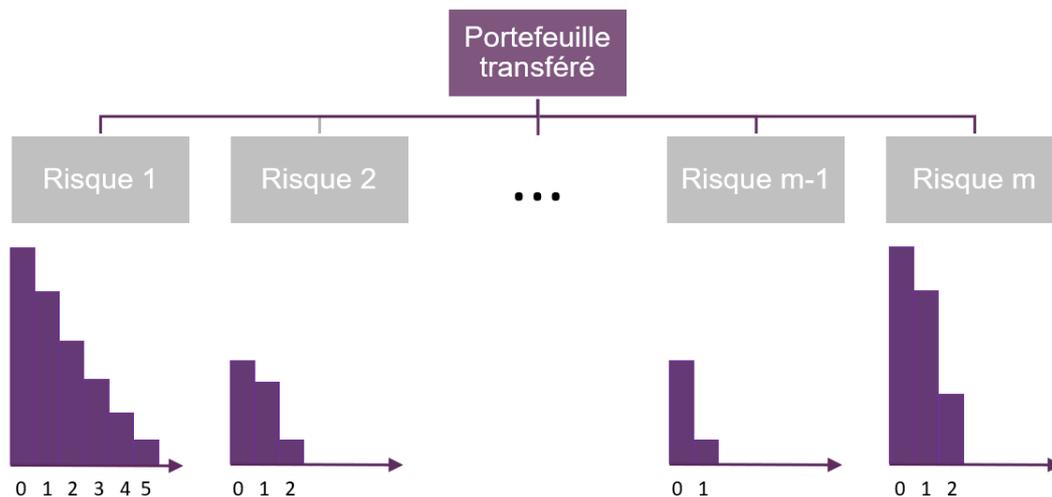


FIGURE 2.17 – Schéma explicatif des flux de sinistralité du portefeuille

C'est à partir de ces flux de sinistralité que nous allons pouvoir quantifier les provisions techniques à chaque horizon de projection.

Rappelons que le BE en date t correspond à la somme de tous les flux futurs actualisés à partir de t :

$$BE_t = \sum_{k \geq t} \frac{F_k}{(1+r)^k} \quad (2.47)$$

Les provisions techniques sont donc calculées à chaque maturité comme la valeur actuelle des charges de prestation. A la date initiale, on considère l'intégralité des flux de prestations. En $t = 1$, on ne considère plus que les flux à partir de $t = 1$. En $t = 2$, on ne considère plus que les flux à partir de $t = 2$ et ainsi de suite.

A titre d'exemple, nous allons considérer le risque 1 présenté dans le graphique 2.17. Dans le schéma 2.18, nous présentons le raisonnement pour les 3 premières années.

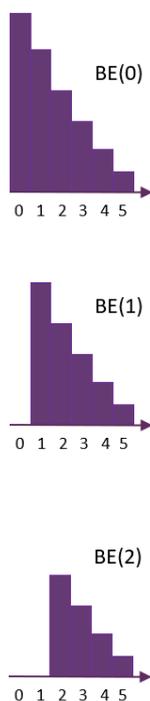


FIGURE 2.18 – Schéma explicatif du calcul de provisions

L'impact du cadre sous-jacent au modèle sur les sous-modules

Le cadre sous-jacent au modèle de la marge de risque impacte considérablement les risques de souscription non-vie et santé.

Tout d'abord, le risque de primes et de réserves va être fortement diminué puisque, comme nous l'avons énoncé précédemment, le volume de primes est beaucoup moins important dans le calcul de la marge de risque que dans le calcul réglementaire.

Le risque de cessation est lui aussi particulièrement impacté. Ce risque porte sur un choc de résiliation des contrats. Or, dans le cadre de notre modèle, il s'agit d'un transfert des engagements et non des contrats à proprement parlé. Par conséquent, nous pensons qu'il existe un risque de cessation uniquement au titre des contrats qui ont été souscrits antérieurement à la date de transfert avec une prise d'effet postérieure à la date de transfert.

Dans ce mémoire, nous ne projeterons pas les SCR catastrophes. Ce sont des risques particulièrement compliqués à appréhender. Ils nécessitent d'avoir des informations très précises sur le portefeuille tel que le nombre de véhicules assurés pour le SCR_{mmCAT} par exemple. Les principales données pour quantifier ce risque sont le montant de primes à acquérir au cours des 12 mois à venir et les sommes assurées. Ces montants seront mécaniquement inférieurs dans le cadre de la marge de risque comparativement aux montants réglementaires puisque l'entreprise de référence ne peut pas souscrire de nouveaux contrats. Les sommes assurées représentent l'exposition au risque. Or, ce sont les engagements et non les contrats qui sont transmis. Par conséquent, les seules expositions aux risques à considérer sont celles qui résultent des contrats futurs déjà existants.

On peut donc tout de même affirmer que le risque de catastrophe à considérer dans le cadre de la marge de risque est moins important que le cadre réglementaire.

Opérationnellement, les SCR de catastrophe que nous considérons dans notre modèle seront forcés. Nous considérerons des montants proportionnels au montant considéré par l'entreprise d'origine en tenant compte des primes se référant aux contrats futurs existants uniquement.

2.3.3 Projection du risque de souscription vie et du risque santé similaire à la vie

Projection du portefeuille de rente

L'élément central du calcul du risque de souscription vie est le portefeuille transmis. Là où le risque de souscription non-vie requiert de connaître les flux de sinistralité à chaque horizon de projection, le risque de souscription vie requiert simplement de connaître le portefeuille à la date de transfert.

Il s'agit en fait de projeter le portefeuille à chacun des horizons de projection jusqu'à ce que celui-ci ne contienne plus aucun assuré.

Pour bien comprendre le mécanisme que nous devons mettre en oeuvre, commençons par étudier la situation dans laquelle le portefeuille considéré contient uniquement un seul assuré d'âge x . Nous allons alors considérer que cet assuré bénéficie d'une rente viagère d'un montant de 100. Cette situation est retranscrite à travers le schéma 2.19.

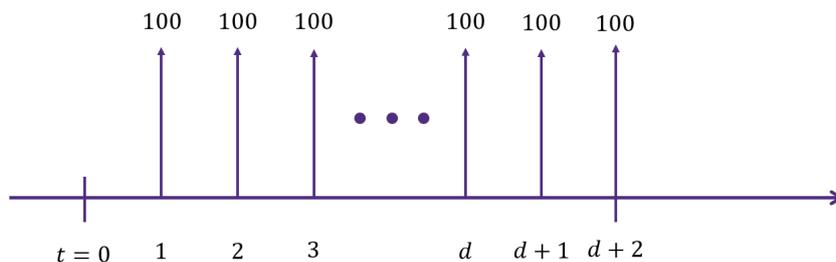


FIGURE 2.19 – Flux d'une rente viagère en $t = 0$

En $t = 0$, la provision résultant de cette rente correspond à la somme des flux futurs actualisés pondérés par la probabilité de survie de l'individu ce qui se traduit mathématiquement par l'équation 2.50.

$$BE(0) = 100 \times a_x \tag{2.48}$$

$$= \sum_{k=0}^{\infty} 100 \times {}_kP_x \times v^k \tag{2.49}$$

$$\tag{2.50}$$

Avec v^k le facteur d'actualisation.

En $t = 1$, l'assuré a pris une année, il est désormais âgé de l'âge $x + 1$. Par ailleurs, il y a lieu de tenir compte de la probabilité de mortalité de l'assuré durant la première année. Il s'agit donc de considérer les flux à partir de $t = 1$ tout en tenant compte de la probabilité de survie jusqu'à la période $t = 1$. Néanmoins, on considère désormais que l'année initiale est l'année $t = 1$. Nous récapitulons cette situation dans le schéma 2.20

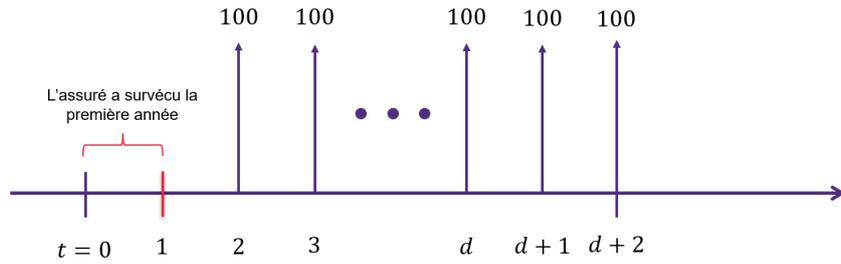


FIGURE 2.20 – Flux d'une rente viagère en $t = 1$

Ceci se traduit par l'équation 2.54.

$$BE(1) = 100 \times {}_1P_x \times a_{x+1} \quad (2.51)$$

$$= {}_1P_x \times \sum_{k=0}^{\infty} 100 \times {}_kP_{x+1} \times v^k \quad (2.52)$$

En $t = 2$, l'assuré est désormais âgé de 2 années de plus qu'à la date initiale, soit $x + 2$. Il faut également prendre en compte la probabilité de mortalité la première année et la deuxième année. Mathématiquement, cela se traduit par ${}_1P_x \times {}_1P_{x+1} = {}_2P_x$. Il s'agit donc de considérer les flux à partir de $t = 2$, qui est désormais considéré comme l'année initiale, tout en considérant la probabilité de survie sur les premières périodes. C'est cette situation qui est présentée dans le schéma 2.21.

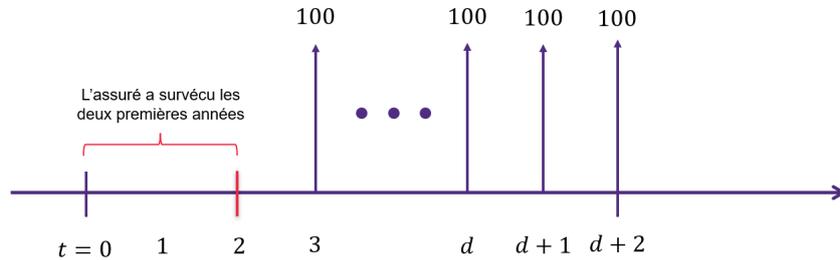


FIGURE 2.21 – Flux d'une rente viagère en $t = 2$

Mathématiquement, on obtient :

$$BE(2) = 100 \times {}_2P_x \times a_{x+2} \quad (2.53)$$

$$= {}_2P_x \times \sum_{k=0}^{\infty} 100 \times {}_kP_{x+2} \times v^k \quad (2.54)$$

Par conséquent, on peut généraliser la formule de la provision à considérer à l'horizon de projection t :

$$BE(t) = {}_tP_x \times \sum_{k=0}^{\infty} 100 \times {}_kP_{x+t} \times v^k \quad (2.55)$$

Ensuite, pour quantifier le montant de la provision sur le portefeuille de rente complet, il suffit de mener cette analyse sur chacun des individus. Le montant de la provision est alors la somme des provisions au tête par tête. Rappelons également que l'actualisation de ces engagements doit être faite en considérant la courbe de taux forward correspondant à l'horizon de projection considéré.

L'impact du cadre sous-jacent au modèle sur les sous-modules

Le cadre sous-jacent au modèle ne modifie pas fondamentalement les capitaux de solvabilité requis de chacun des sous-modules.

Les risques de mortalité, de longévité et d'invalidité pris en compte dans le calcul de la marge de risque à la date initiale seront équivalents. Ces SCR sont déterminés en appliquant un choc au portefeuille. Or, le portefeuille des engagements est intégralement transmis depuis l'entreprise d'origine à l'entreprise de référence. Pour les horizons postérieurs à l'année initiale, il faudra quantifier ces SCR en faisant vieillir le portefeuille.

Le risque de dépenses considéré dans la marge de risque est équivalent à celui qui est pris en compte dans le calcul réglementaire. Celui-ci correspond à une hausse des frais de gestion appliquée au portefeuille. Comme nous l'avons déjà précisé auparavant, le portefeuille d'engagements est intégralement transmis : les provisions sont donc identiques dans les deux situations. Aussi, l'entreprise de référence est tenue de prendre des décisions de gestion cohérentes avec celles qu'auraient prises l'entreprise d'origine. Ce dernier argument confirme donc la pertinence d'un niveau de risque de dépenses équivalent. Le risque de dépenses évoluera ensuite proportionnellement à la liquidation des provisions.

Le risque de révision est lui aussi inchangé à la date initiale. Pour rappel, celui-ci est déterminé en considérant une hausse de 3 % du montant des rentes. Naturellement, ce choc est appliqué au même portefeuille et donne donc le même SCR. Ce montant évoluera ensuite en fonction de l'évolution du portefeuille des rentes.

Comme dans le cadre du capital de solvabilité requis de souscription non-vie le montant de risque de cessation considéré dans la marge de risque à la date initiale sera considérablement plus faible que le risque de cessation de l'entreprise d'origine. En effet, seuls les contrats souscrits avant la date de transfert avec une prise d'effet après la date de transfert peuvent être considérés dans le risque de cessation de l'entreprise de référence.

Enfin, de la même façon que dans le SCR non-vie, nous ne projeterons pas le risque catastrophe du fait de sa complexité. Ce SCR sera estimée proportionnellement au SCR de l'entité d'origine en fonction des primes considérées sur l'exercice.

2.3.4 Le risque de marché

Comme évoqué précédemment, nous allons d'abord négliger le risque de marché en vertu du deuxième point de l'hypothèse *i* de l'Article 38 du Règlement 2015/35. En effet, celui-ci précise que le risque de marché doit être quantifié lorsqu'il est important sans pour autant préciser à partir de quel seuil il l'est. Nous allons donc d'abord supposer qu'il n'est pas suffisamment important pour être évalué. Les résultats de ce modèle seront présentés dans la sous-section 3.2.1.

Nous incluons ensuite le risque de marché à notre évaluation. Pour ce faire, il faut porter une attention particulière à l'hypothèse (*h*) de l'Article 38 du Règlement 2015/35. En effet, celle-ci précise que les actifs doivent être sélectionnés de telle sorte à ce qu'ils minimisent le risque de marché. Dans cette section nous tenterons donc de trouver l'allocation d'actifs qui permet de minimiser le SCR de marché. L'hypothèse (*i*) – *ii* précise également que la prise en compte du risque de marché doit se faire sans considérer le risque de taux d'intérêt. Nous discuterons de la méthode mise en oeuvre pour répondre à ces critères ainsi que des résultats dans la sous-section 3.2.2

Le montant à allouer aux différents actifs est déterminé par les hypothèses (f) et (g). Pour rappel, les hypothèses sont les suivantes :

- « Après le transfert, l'entreprise de référence lève des fonds propres éligibles d'un montant égal au capital de solvabilité requis nécessaire pour faire face aux engagements d'assurance et de réassurance sur leur durée de vie ; »
- « Après le transfert, l'entreprise de référence dispose d'actifs dont le montant est égal à la somme de son capital de solvabilité requis et des provisions techniques, nette des montants recouvrables au titre des contrats de réassurance et des véhicules de titrisation ; »

La logique sous jacente à ces deux hypothèses est intrinsèquement liée. En effet, le bilan simplifié de l'entreprise de référence après le transfert est le suivant :

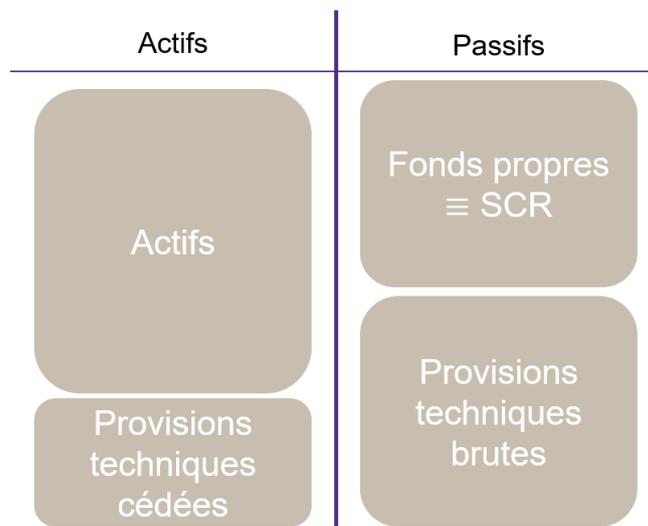


FIGURE 2.22 – Bilan simplifié de l'entreprise de référence

Au passif, l'entreprise de référence comptabilise ses provisions techniques et ses fonds propres. Le montant des fonds propres est équivalent au capital de solvabilité requis de l'entrepris de référence à la date initiale.

A l'actif, avant la prise en considération d'un portefeuille, l'entreprise de référence ne comptabilise que la part des cessionnaires et rétro-cessionnaires dans les provisions techniques.

Par conséquent, le montant des actifs à considérer est équivalent à la somme du capital de solvabilité requis de l'entreprise de référence et des provisions techniques nettes de réassurance.

Une lecture précise de la réglementation montre qu'il faut bien considérer le SCR de l'entreprise de référence. Or sur la place, nous constatons que le SCR retenu est le SCR de l'entreprise d'origine (corrigé du risque de marché). Nous pensons qu'il est préférable de retenir le capital de solvabilité requis tenant compte des hypothèses de l'Article 38 en excluant le risque de marché.

Considérer le capital de solvabilité requis sans tenir compte des hypothèses reviendrait à quantifier le SCR de l'entreprise d'origine. L'objectif de la marge de risque est de quantifier le montant exigé par une entreprise de référence pour honorer les engagements à la suite d'un transfert. Il n'y a donc pas lieu de tenir compte de ce SCR.

En conclusion, nous retenons le capital de solvabilité requis calculé en tenant compte des hypothèses de l'Article 38 du Règlement 2015/35 et en négligeant dans un premier temps le risque de marché.

2.3.5 Le risque de contreparties

Les types de contreparties à considérer

Rappelons que le risque de contrepartie est défini comme l'incapacité pour une contrepartie d'honorer l'intégralité de ses engagements. Ces contreparties sont divisées en deux catégories que sont les contreparties de type 1 et les contreparties de type 2.

Globalement les contreparties de type 1 sont :

- Les contrats d'atténuation des risques incluant notamment la réassurance ;
- Les dépôts en banque ;
- Les dépôts auprès des cédantes ;

Les contreparties de type 2 comprennent les dettes des assurés ou encore les prêts hypothécaires. Dans ce mémoire, nous considérons que l'entité n'a pas de contrepartie de type 2. En effet, la cadre sous-jacent de la marge de risque impose de considérer que l'entité n'a pas d'engagement ni de fond propre avant le date de transfert. Par construction, il ne peut donc pas y avoir de contreparties de type 2 à considérer.

Dans le cadre sous-jacent à notre modèle, l'hypothèse (c) précise que les engagements de réassurance sont transférés de l'entreprise d'origine à l'entreprise de référence. Par conséquent les réassureurs à considérer dans les contreparties de type 1 sont identiques à ce qu'ils auraient été dans le calcul réglementaire.

Néanmoins, les contreparties à considérer diffèrent pour les dépôts en banque et les dépôts auprès des cédantes. En effet, ces contreparties concernent l'actif de l'entreprise. Or l'hypothèse (d) précise que, dans le cadre de la marge de risque, avant le transfert d'engagement, le bilan de l'entreprise de référence est vide.

Finalement, les contreparties à considérer dans notre modèle, hors risque de marché, se résument aux réassureurs.

D'un point de vue opérationnelle, nous stockons la liste des tiers dans notre outil, c'est cela que nous présentons dans la figure 2.23. Chacun des tiers est identifié par son Identifiant d'Entité Jurique ou *Legal Entity Identifier* (LEI). Nous renseignons également la notation du tiers et l'agence de notation considérée.

Code	Nom	Pays	Groupe	CodeLEIGroupe	Noté	Notation	Agence/Notation	CGS
01TRDHWDCLS	RG&I INTERNATIONAL REINSURAN...	Manche	RG&I INTERNA...	01TRDHWDCLS...	<input checked="" type="checkbox"/>	BBB	Moody's	3
1CXZKMDN4088	AXIS RE SE	Manche	AXIS SPECIALIT...	1CXZKMDN4088...	<input checked="" type="checkbox"/>	A+	Moody's	2
21380012PFTS5	Munchener Re Capital Limited	Royaume uni	MUNICH RE	21380012PFTS5...	<input checked="" type="checkbox"/>	AA-	Moody's	1
21380030SAH3	XL RE LATIN AMERICA ARGENTINA...	Argentine	AXA	21380030SAH3...	<input checked="" type="checkbox"/>	AA-	Moody's	1
21380044MBLA	GUY CARPENTER & CIA SA	Espagne		21380044MBLA...	<input type="checkbox"/>			
2138008UIENFT	MS AMLIN REINSURANCE MANAGE...	Etats Unis	MS&AD	2138008UIENFT...	<input checked="" type="checkbox"/>	A+	Moody's	2
213800LLALYKG	QBE EUROPE SA/NV, IRISH BRANCH	Manche	QBE Re	213800LLALYKG...	<input checked="" type="checkbox"/>	A+	AM Best Eur...	2
21380002FTUP	SOCIETY OF LLOYD'S	Royaume uni	SOCIETY OF LL...	21380002FTUP...	<input checked="" type="checkbox"/>	A+	Moody's Inv...	2
213800P2NV6D	ALICO INVESTMENTS LIMITED	Royaume uni	ALICO_SPAIN	213800P2NV6D...	<input checked="" type="checkbox"/>	BBB	Standard & P...	3
213800PWJMAF	QBE EUROPE SA/NV			213800PWJMAF...	<input type="checkbox"/>			
213800MSSWIL	TRANSRE EUROPE S.A.	Luxembourg	TRANSRE EUR...	213800MSSWIL...	<input checked="" type="checkbox"/>	A+		2
213800SCCLMK	AIG EUROPE S.A.	Luxembourg	AIG	213800SCCLMK...	<input checked="" type="checkbox"/>	A+	Standard & P...	2
213800W5OOIO	LIBERTY MUTUAL INSURANCE EU...	Luxembourg	LIBERTY MUTU...	213800W5OOIO...	<input checked="" type="checkbox"/>	BBB	Moody's	3
213800XGIPSHH	LLOYD'S INSURANCE COMPANY S.A.	Belgique	LLOYD'S_INNS_C...	213800XGIPSHH...	<input checked="" type="checkbox"/>	BBB	Standard & P...	3
213800XUISJW	CHUBB EUROPEAN GROUP SE	France	147	213800XUISJW...	<input checked="" type="checkbox"/>	A++	Standard & P...	2
213800Y11NO	HOUSTON CASUALTY COMPANY	Etats Unis	148	213800Y11NO...	<input checked="" type="checkbox"/>	AA-	Standard & P...	1
222100ISMEGR	Wandén RCG Re SCA	Luxembourg	VITRUFIN SA	222100ISMEGR...	<input checked="" type="checkbox"/>	BBB+	Standard & P...	3
222100K3SEFN	COVEA LUX	Luxembourg	COVEA	969500S20N1Z...	<input checked="" type="checkbox"/>	A+	Moody's	2
222100K3R0C	CAMCA Réassurance S.A.	Luxembourg	CAMCA RE	222100K3R0C...	<input checked="" type="checkbox"/>	NN		6
254900XVQGE	SAMSUNG ASIA PTE. LTD.	Singapour	SAMSUNG	254900XVQGE...	<input checked="" type="checkbox"/>	BBB	Standard & P...	3
25490048BWQX	National Indemnity Company	Etats Unis	National Indemn...	25490048BWQX...	<input checked="" type="checkbox"/>	AA-	Standard & P...	1
254900FQ39UG	The People's Insurance Company of C...	Hong kong	150	254900FQ39UG...	<input checked="" type="checkbox"/>	A-	A.M. Best	2
254900UMNYP	AL KOOT INSURANCE AND REINSU...	Qatar	QATAR_GENER...	254900UMNYP...	<input checked="" type="checkbox"/>	BBB	AM Best Eur...	3
254900R3CVLW	Farm Mutual Reinsurance Plan Inc.	Canada	FARM_MUTUAL...	254900R3CVLW...	<input checked="" type="checkbox"/>	BBB	AM Best Eur...	3

FIGURE 2.23 – Exemple de liste des tiers intégrée dans SCube

Les montants à considérer

Afin de quantifier le risque de crédit, plusieurs quantités sont à considérer :

- Les flux de réassurance ;
- Les dépôts ;
- Le montant des collatéraux : dans notre modèle il s'agit des nantissements ;
- L'effet d'atténuation des risques ;

Les flux de réassurance

La projection des flux de réassurance repose sur le même mécanisme que les flux de sinistralité. En effet, pour chacun des risques et chacun des horizons de projection jusqu'à l'épuisement du portefeuille, nous disposons des flux de réassurance. Il s'agit donc de considérer les flux années après années, en se décalant à chaque horizon d'un pas de temps. C'est ce que nous présentons dans la figure 2.24.

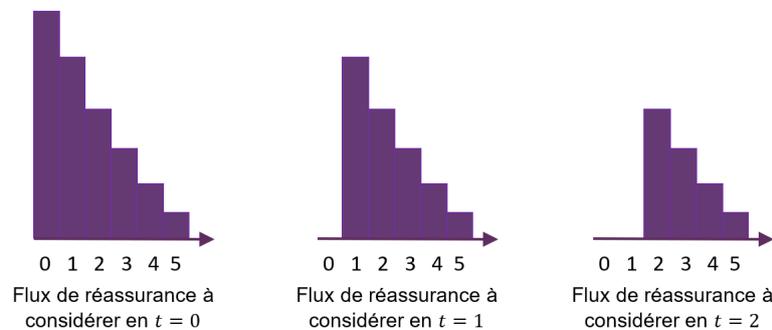


FIGURE 2.24 – Schéma explicatif des flux de réassurance du portefeuille

Les flux sont ensuite répartis en fonction des tiers selon les modalités des contrats de réassurance. Pour ce faire, dans notre outil, nous définissons des partitions de tiers pour chacun des risques.

Dans la figure 2.25, nous présentons un exemple de partition de tiers : chaque réassureur se voit attribuer une part du risque, c'est selon cette clé de répartition que seront répartis les flux.

Tiers	Part
AMLIN RE	0.38 %
QBE RE	1.49 %
BEL RE	0.27 %
COV&A LUX	8.41 %
HANNOVER RE	1.06 %
MUNCHENER	3.13 %
R+V	4.80 %
PARTNER RE	0.23 %
SWISS RE	12.79 %
AXA RE	7.44 %
GEN RE	4.70 %
ODYSSEY RE	3.04 %
CONVERIUM	0.19 %
Arch Re	7.44 %
NACIONAL_DE_REASEGUROS	3.51 %
CCR	4.80 %
HELVETIA	3.60 %
MMA	15.89 %
MCR	0.87 %
COV&a	0.77 %
AMF	0.01 %
SCOR	3.70 %
NEW RE	0.33 %
MAPFRE	11.15 %

FIGURE 2.25 – Exemple de partition de tiers dans SCube

Il existe également des dépôts auprès des cédantes (compte 235). Ces dépôts auprès des cédantes correspondent à l'acceptation en réassurance de l'entité. Dans cette situation, c'est l'entité qui est réassureur : il s'agit donc de créances auprès d'un tiers. Or, dans le cadre de la marge de risque nous considérons que ce sont les engagements qui sont transmis de l'entité d'origine à l'entité de référence et non les actifs. Par conséquent, les dépôts auprès des cédantes ne sont pas à considérer dans notre étude.

Les dépôts en banque

Dans un premier temps, nous considérons que le risque de marché est nul. Dans un même temps, on sait que le bilan de l'entreprise de référence est nul avant le transfert des engagements.

Lorsque nous tenterons d'inclure le risque de marché, nous aurons des dépôts en banque. C'est ce que nous expliciterons dans la section 3.2.2.

Les tiers liés à ces dépôts sont inclus dans l'outil de la même manière que les réassureurs, c'est à dire au sein de la liste des tiers.

Les montants de ces dépôts ne sont pas des flux à proprement parlé. Il s'agit de créances sur ces tiers. Celles-ci sont inscrites dans la balance de l'entité. C'est au sein de ce document comptable que nous allons récupérer le montant à considérer.

Opérationnellement, nous incluons donc le bilan de l'entité dans notre outil. Pour ce faire, nous définissons le plan comptable de l'entité en attribuant à chacun des numéros de comptes du bilan de l'entité les postes Solvabilité 1 et Solvabilité 2 correspondants. Nous présentons un exemple de plan comptable dans la figure 2.26.

Compte	Libellé	Poste S2Débiteur	Poste S2Crébitur
10130000	CAPITAL SOUSCRIT - APPELE. VER...	CapitalActionsOrdinaires	CapitalActionsOrdinaires
10410000	PRIMES D'EMISSION	PrimesEmissionCapitalActionsOrdinaires	PrimesEmissionCapitalActionsOrdinaires
10420000	PRIMES DE FUSION	PrimesEmissionCapitalActionsOrdinaires	PrimesEmissionCapitalActionsOrdinaires
10630000	RESERVE STATUAIRE OU CONTRA...	RéserveRéconciliation	RéserveRéconciliation
10645000	RESERVE DE CAPITALISATION	RéserveRéconciliation	RéserveRéconciliation
10680000	RESERVE DE CAPITALISATION	RéserveRéconciliation	RéserveRéconciliation
11000000	REPORT A NOUVEAU (CREDITEUR)	RéserveRéconciliation	RéserveRéconciliation
11900000	REPORT A NOUVEAU (DEBITEUR)	RéserveRéconciliation	RéserveRéconciliation
12000000	RESULTAT DE L'EXERCICE (BENEFI...	RéserveRéconciliation	RéserveRéconciliation
12000001	Correction exercice car différence intér...	RéserveRéconciliation	RéserveRéconciliation
14240000	PROVISION POUR INVESTISSEMENT	Provisions autres que les provisions techniques	Provisions autres que les provisions techniques
14511010	AMORT DEROG. INST. S/SOL AUT...	Provisions autres que les provisions techniques	Provisions autres que les provisions techniques
14513000	AMORT DEROG MAT. INFORMAT E...	Provisions autres que les provisions techniques	Provisions autres que les provisions techniques
14514000	AMORT DEROG. MOBILIER BUREAU	Provisions autres que les provisions techniques	Provisions autres que les provisions techniques
15160000	PROV. INDEMNITES DEPART RETR...	Provision pour retraite et autres avantages	Provision pour retraite et autres avantages
15180000	AUTRES PROVISION POUR RISQUES	Provisions autres que les provisions techniques	Provisions autres que les provisions techniques
15180010	AUTRES PROVISION POUR RISQU...	Provisions autres que les provisions techniques	Provisions autres que les provisions techniques
15800011	AUT. PROVISIONS P. CHARGES RV ...	Provisions autres que les provisions techniques	Provisions autres que les provisions techniques
15800012	AUT. PROVISIONS P. CHARGES RV ...	Provisions autres que les provisions techniques	Provisions autres que les provisions techniques
16542001	DEPOTS DE GARANTIE ASSURES ...	Autres dettes non mentionnées dans les poste...	Autres dettes non mentionnées dans les poste...
16542060	DEPOTS DE GARANTIE ASSURES L...	Autres dettes non mentionnées dans les poste...	Autres dettes non mentionnées dans les poste...
21930000	PARTS SOCIETES IMMOBILIE NON ...	Immobilisations corporelles pour usage propre	Immobilisations corporelles pour usage propre

FIGURE 2.26 – Exemple de plan comptable dans SCube

Dans le cadre sous-jacent à notre modèle, il ne s'agit pas de considérer la balance telle qu'elle a pu être transmise par l'entité pour mener notre travaux Solvabilité 2. En effet, nous devons considérer que l'entité a un bilan nul avant la date de transfert, seuls les engagements sont transmis. Par conséquent, la balance de l'année N ne contient que les provisions relatives aux engagements transmis. Notons que la balance de l'année N-1 est intégralement nulle puisque l'entreprise n'a aucun engagement ni fond propre avant le transfert.

C'est donc au sein de la balance de l'année N que nous pourrions inclure des dépôts dans le cadre de la minimisation du risque de marché dans la section 3.2.2.

Dans notre outil, les tables contenant le plan comptable, la balance et les tiers sont donc liés et interagissent.

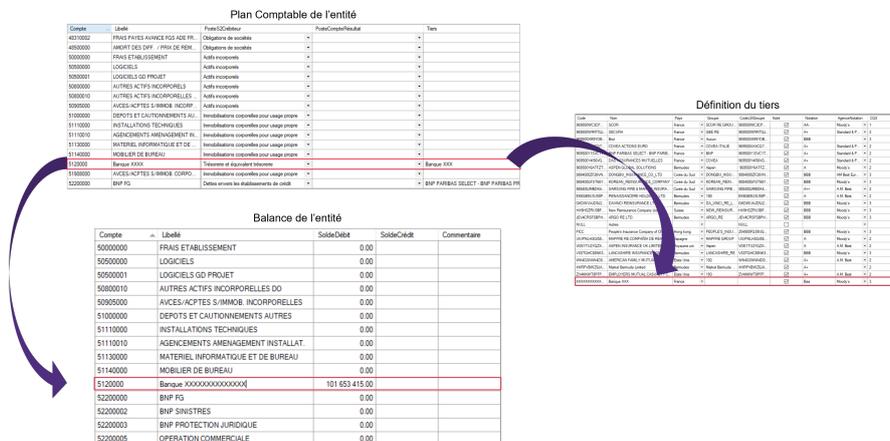


FIGURE 2.27 – Interaction entre les tables dans SCube

Dans le cadre de la prise en compte du risque de marché, les dépôts sont donc déterminés à la date initiale en fonction du capital de solvabilité requis de l'entreprise de référence et des provisions techniques nettes de réassurance.

Pour les horizons de projection postérieurs, ce montant sera ajusté à chaque pas de temps. En effet, notre outil nous permet de générer le compte de résultat de chacun des horizons, ce qui permet donc d'ajuster les dépôts à considérer à chaque horizon.

Les nantissements et les dépôts d'espèces

Dans la situation dans laquelle un assureur se réassure auprès d'un acteur, en cas de défaillance de celui-ci, l'assureur devrait, en pratique, payer l'intégralité de ces engagements. Pour atténuer ce risque, il existe deux pratiques courantes :

- La première consiste à réaliser un dépôt d'espèces. Dans ce cas, du cash est transféré depuis le réassureur vers l'assureur. En cas de défaut du réassureur, le montant du dépôt sera conservé par l'assureur.
- La seconde pratique correspond au nantissement. Elle consiste à formuler un accord garantissant qu'en cas de défaillance du réassureur, celui-ci s'engage à céder des titres spécifiés au contrat. Le réassureur s'engage donc à ne pas céder ces titres et leur valeur de marché constitue un effet d'atténuation des risques dans le risque de défaut.

Les dépôts en espèces sont des éléments du bilan. Ils sont relatifs aux engagements de l'entreprise d'origine et sont donc transférés à l'entreprise de référence.

Les nantissements sont des éléments hors bilan, nous les avons donc intégrés dans l'outil comme tel. Le montant des nantissements s'écoule en fonction des flux de réassurance relatifs aux tiers considérés.

Type élément	Tiers	Reçu	Identifiant	TypeIdentifiant	Pays
Sûreté au titre de nantissement par des réass...	AXIS RE SE	<input checked="" type="checkbox"/>	IE00B0V9T086	ISIN	IE
Sûreté au titre de nantissement par des réass...	Munchener Re Capital Limited	<input checked="" type="checkbox"/>	DE000A0HMM15	ISIN	DE
Sûreté au titre de nantissement par des réass...	R+V VERSICHERUNG AG	<input checked="" type="checkbox"/>	FR0012993103	ISIN	
Sûreté au titre de nantissement par des réass...	ODYSSEY GROUP HOLDINGS, INC.	<input checked="" type="checkbox"/>	ES00000123K0	ISIN	ES
Sûreté au titre de nantissement par des réass...	XL RE EUROPE SE	<input checked="" type="checkbox"/>	LU1829219127	ISIN	LU
Sûreté au titre de nantissement par des réass...	CCR RE	<input checked="" type="checkbox"/>	FR0011350719	ISIN	FR
Sûreté au titre de nantissement par des réass...	AMF	<input checked="" type="checkbox"/>	FR0011059088	ISIN	FR
Sûreté au titre de nantissement par des réass...	SECURA	<input checked="" type="checkbox"/>	XS1883911924	ISIN	

FIGURE 2.28 – Exemple de nantissements dans SCube

L'effet d'atténuation des risques

En théorie, l'effet d'atténuation est quantifiée selon la méthode suivante :

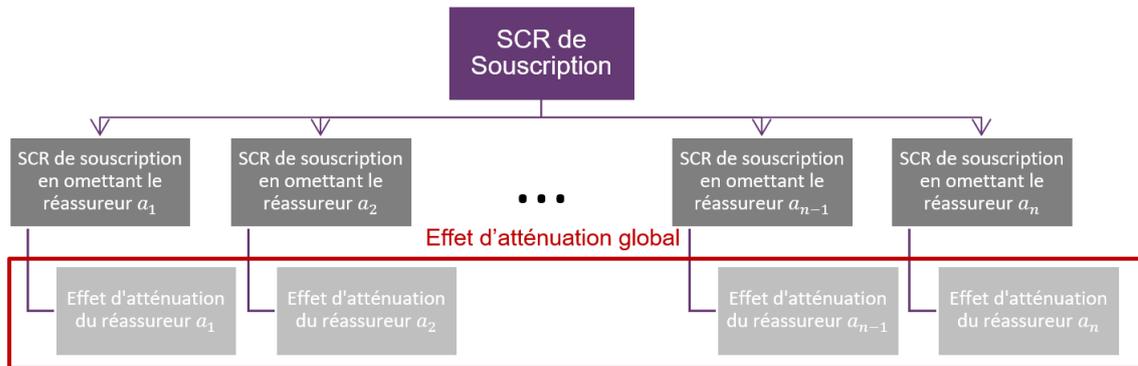


FIGURE 2.29 – Méthodologie de calcul de l'effet d'atténuation

- Nous considérons le SCR standard tel qu'il est quantifié dans l'analyse Solvabilité 2
- Pour chacun des réassureurs, nous recalculons le SCR de souscription en excluant le réassureur en question de l'analyse. Nous obtenons alors un nouveau SCR de souscription mécaniquement plus fort puisque nous ne tenons pas compte de la réassurance ce qui gonfle le montant des provisions.
- L'effet d'atténuation de chacun des réassureur est alors quantifié en faisant la différence entre le SCR de souscription avec réassurance et le SCR de souscription sans réassurance. L'effet d'atténuation global correspond à la somme des effets d'atténuation.

Considérons $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, l'ensemble des réassureurs. Pour un réassureur i , l'effet d'atténuation est donc quantifié à partir de l'équation 2.56 :

$$Effet\ d'atténuation\ du\ risque_{a_i} = SCR_{Souscription\ Brut\ Réassurance}(a_i) - SCR_{Souscription\ Net\ Réassurance}(a_i) \quad (2.56)$$

Par conséquent, l'effet d'atténuation globale est donné par :

$$Effet\ d'atténuation\ du\ risque = \sum_{a_i \in A} Effet\ d'atténuation\ du\ risque_{a_i} \quad (2.57)$$

Ce calcul est lourd, c'est la raison pour laquelle la réglementation permet d'utiliser une simplification et c'est cela que nous allons considérer dans notre modèle. La simplification utilisée permet

de quantifier l'effet d'atténuation globale en calculant le SCR de souscription avec et sans réassurance. Cet effet d'atténuation est ensuite réparti entre les différents tiers au prorata des provisions nettes de réassurances.

Aux horizons de projection postérieurs à l'année initiale, les effets d'atténuation des risques seront recalculés à partir des SCR projetés.

2.3.6 Les autres exigences du modèle

Pour rappel, l'Article 38 du Règlement 2015/35 détermine un certain nombre d'hypothèses complémentaires. Nous considérons notamment les hypothèses suivantes dans notre modélisation :

- La capacité d'absorption des provisions techniques est identique à celle de l'entreprise d'origine ;
- La capacité d'absorption des impôts différés est nulle, nous forcerons donc ce coefficient d'ajustement à 0 ($Adj_{ID} = 0$) ;

Chapitre 3

Applications et résultats des modèles

Dans cette dernière partie nous allons appliquer les modèles construits précédemment aux données dont nous disposons. Nous présenterons donc dans un premier temps les données utilisées avant d'évoquer les résultats des modèles. S'en suivra une discussion sur l'écart entre les résultats obtenus par notre modèle et les simplifications proposées par l'EIOPA.

3.1 Présentation des données

3.1.1 Contexte

Dans ce mémoire, notre étude portera sur une société d'assurance non-vie relevant du code des assurances. L'entité étudiée dispose des agréments suivants :

Branche	Sous-branche	Intitulé
9		Autres dommages aux biens
10		Responsabilité civile véhicules terrestres automoteurs
13		Responsabilité civile générale
17		Protection juridique
18		Assistance
1	A	Accident - Prestations forfaitaires
1	B	Accident - Prestations indemnitaires
1	C	Accident - Combinaisons
1	D	Accident - Personnes transportées
2	A	Maladie - Prestations forfaitaires
2	B	Maladie - Prestations indemnitaires
2	C	Maladie - Combinaisons
3	A	Corps de véhicules terrestres - Véhicules terrestres à moteur
3	B	Corps de véhicules terrestres - Véhicules terrestres non automoteurs
6	A	Corps de Véhicules fluviaux
6	B	Corps de Véhicules lacustres
6	C	Corps de Véhicules maritimes
8	A	Incendie et éléments naturels -Incendie
8	B	Incendie et éléments naturels - Explosion
8	C	Incendie et éléments naturels - Tempête
8	D	Incendie et éléments naturels - Eléments naturels autres que la tempête
8	E	Incendie et éléments naturels - Energie nucléaire
8	F	Incendie et éléments naturels - Affaissement de terrain
16	A	Pertes pécuniaires diverses - Risques d'emploi
16	B	Pertes pécuniaires diverses - Insuffisance de recettes (générale)
16	C	Pertes pécuniaires diverses - Mauvais temps
16	D	Pertes pécuniaires diverses - Pertes de bénéfices
16	E	Pertes pécuniaires diverses - Persistance de frais généraux
16	F	Pertes pécuniaires diverses - Dépenses commerciales imprévues
16	G	Pertes pécuniaires diverses - Perte de la valeur vénale
16	H	Pertes pécuniaires diverses - Pertes de loyers ou de revenus
16	I	Pertes pécuniaires diverses - Pertes commerciales indirectes autres que celles mentionnées précédemment
16	J	Pertes pécuniaires diverses - Pertes pécuniaires non commerciales
16	K	Pertes pécuniaires diverses - Autres pertes pécuniaires

FIGURE 3.1 – Branches d'agrément de l'entité

3.1.2 Les données

Dans le but de quantifier les SCR projetés jusqu'à la liquidation du portefeuille de l'entité après transfert des engagements, nous avons besoin d'un certain nombre de données.

Les principaux éléments que nous avons collectés et retraités sont :

- Les primes ;
- Les sinistres ;
- Les provisions ;
- La réassurance ;
- Les frais divers.

Les primes

L'hypothèse centrale à prendre en considération dans la détermination des primes dont il faut tenir compte pour la projection des SCR est l'hypothèse de *run-off*. Cette hypothèse force à se positionner dans une situation de liquidation des **engagements** uniquement. Ici, on considère alors que les contrats sont résiliés et que l'entreprise de référence reprend seulement les engagements qui découlent des polices transmises. Les flux relatifs aux primes sont fortement impactés par cette hypothèse de liquidation du portefeuille.

Pour l'année initiale, il convient de ne retenir que les primes futures pour les contrats déjà existants à la date d'évaluation notées $FP_{existing}$.

Il convient de ne pas retenir de primes acquises et émises sur la période. En effet, nous considérons qu'il existe un transfert des engagements en $t = 0$. Par conséquent, seuls les engagements sont transférés à l'entreprise de référence. Il n'y a donc pas de nouvelles primes émises. Concernant les primes qui ont été émises par l'entreprise d'origine, une part de ces primes a été acquise par cette entité. Il n'y a donc aucun sens à considérer qu'elles sont également acquises par l'entreprise de référence. La part de ces primes émises qui n'a pas été acquise a alimenté la provision pour primes non acquises. Nous détaillerons davantage le transfert de ce montant dans la partie 3.1.2 relative aux provisions.

Notons également que nous considérons un montant nul de primes acquises l'année passée dans la mesure où l'hypothèse (*d*) précise que l'entreprise de référence n'a pas d'engagement d'assurance avant le transfert.

Pour les années suivantes, étant donné que nous sommes en situation de liquidation du portefeuille, les contrats ne génèrent plus aucune prime. Les montants relatifs aux primes sont donc nuls pour chacun des risques.

A titre d'exemple, les flux considérés pour la première année pour les premiers risques sont présentés dans le tableau 3.1.

Risque	Primes acquises	Primes futures existantes
Assistance	0	164 761.81
Auto - Dommages	0	1 107 140.69
Auto - RC	0	679 838.19

TABLE 3.1 – Exemples de primes considérées pour l'année $t = 0$

Les sinistres

S'agissant des sinistres, il convient de quantifier le niveau de sinistralité associé aux contrats existants dont les primes n'ont pas encore été perçues. Pour ce faire, nous avons d'abord considéré les ratios $\frac{S}{P}$ des différents risques calculés à partir des données historiques. A partir de ces ratios, nous avons déduit la sinistralité de $t = 0$ proportionnellement aux primes acquises futures pour les contrats déjà existants. Ce montant nous a permis de considérer la sinistralité que l'entreprise de référence aura à régler au titre de l'année initiale.

Le tableau 3.2 récapitule les montants de sinistralité du risque "Auto - Dommages" :

Ratio S/P	Primes futures existantes	Sinistralité estimée
96 %	1 107 141	1 061 716

TABLE 3.2 – Exemple de sinistralité considérée pour le risque "Auto - Dommages"

Les provisions

Les provisions pour primes non acquises

Les provisions pour primes non acquises de l'entreprise de référence ont été considérées équivalentes aux provisions de l'entreprise d'origine.

Pour rappel, les provisions pour primes non acquises (ou PPNA) sont définies dans le Code des Assurances comme "provision, calculée selon les méthodes fixées par arrêté du ministre de l'économie, destinée à constater, pour l'ensemble des contrats en cours, la part des primes émises et des primes restant à émettre se rapportant à la période comprise entre la date de l'inventaire et la date de la prochaine échéance de prime ou, à défaut, du terme du contrat ;". La plupart des contrats non-vie prévoit une durée de garantie d'un an qui ne coïncide pas forcément avec l'année comptable. Par conséquent, une partie des primes d'assurance est destinée à couvrir le risque de la période suivante. Ce montant de provision de l'entreprise d'origine est transféré intégralement à l'entreprise de référence.

Les provisions techniques

Les provisions techniques de chacune des années de projection sont déterminées à l'aide des flux de rentes communiqués par le client. Ainsi, pour chacun des risques, nous disposons des prestations brutes sur les années à venir jusqu'à épuisement.

Comme dans notre sous-section sur les sinistres, illustrons la méthode appliquée sur le risque "Auto - Dommages". Nous disposons alors des prestations suivantes présentées dans le tableau 3.3.

Année	Prestations brutes
0	16 641 973
1	4 432 459
2	111 229
3	38 614
4	15 693
5	9 646

Année	Prestations brutes
6	2 953
7	2 011
8	1 284
9	0
10	0

TABLE 3.3 – Prestations brutes de réassurance pour le risque "Auto - Dommages"

Les provisions sont donc calculées à chaque pas de temps comme la valeur actuelle des flux futurs. L'actualisation est faite avec la courbe EIOPA au 31/12/2020 (sans VA).

La réassurance

Les flux de réassurance

Comme spécifié dans l'hypothèse (c) de l'Article 38 du Règlement 2015/35, au-delà du transfert des engagements, ce sont aussi les couvertures de réassurance liées aux contrats transmis qui sont transférées à l'entreprise de référence. L'hypothèse (e) spécifie également que l'entreprise de référence n'assume aucun nouvel engagement de réassurance à la suite du transfert de portefeuille.

En pratique, nous disposons des flux de réassurance à partir de l'année $t = 1$. Néanmoins, nous devons quantifier les flux de réassurance pour l'année initiale $t = 0$. Pour ce faire, nous allons appliquer une règle de proportionnalité entre les prestations et les flux de réassurance.

Ces taux de réassurance nous ont donc permis de déduire les montants de réassurance pour l'année initiale $t = 0$ pour chacun des risques de notre portefeuille présentés de la tableau 3.4.

Risque	Prestations	Réassurance
Assistance	1 797 850	866 703
Auto - Dommages	1 664 1973	94 756
Auto - RC	5 042 642	2 438 078
Cat nat	272 660	227 180
Mastercard	1 139 616	34 262
MRH - Dommages	16 039 042	2 655 702
MRH - RC	728 908	280 827
Protection familiale	81 143	3 377
Protection juridique	227 224	2 109

TABLE 3.4 – Montant de réassurance en $t = 0$ par risque

Finalement, les flux de réassurance que nous obtenons pour le risque "Auto - dommages" sont présentés dans le graphique 3.2 :

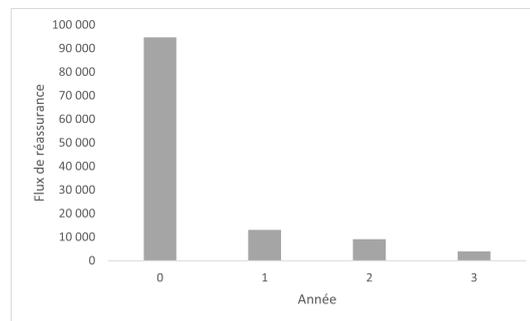


FIGURE 3.2 – Flux de réassurance du risque "Auto - Dommages"

Nous avons ensuite ventilé ces montants entre les différents tiers selon les parts des réassureurs prévues dans les traités. Pour cela, nous avons considéré les provisions cédées l'année initiale $t = 0$. A partir de celles-ci nous avons défini une clé de répartition en considérant la proportion des provisions cédées à chacun des réassureurs comparativement au montant total des provisions cédées.

Par exemple, pour le risque "Auto - RC", nous avons la partition de réassurance présentée dans le graphique 3.3 :

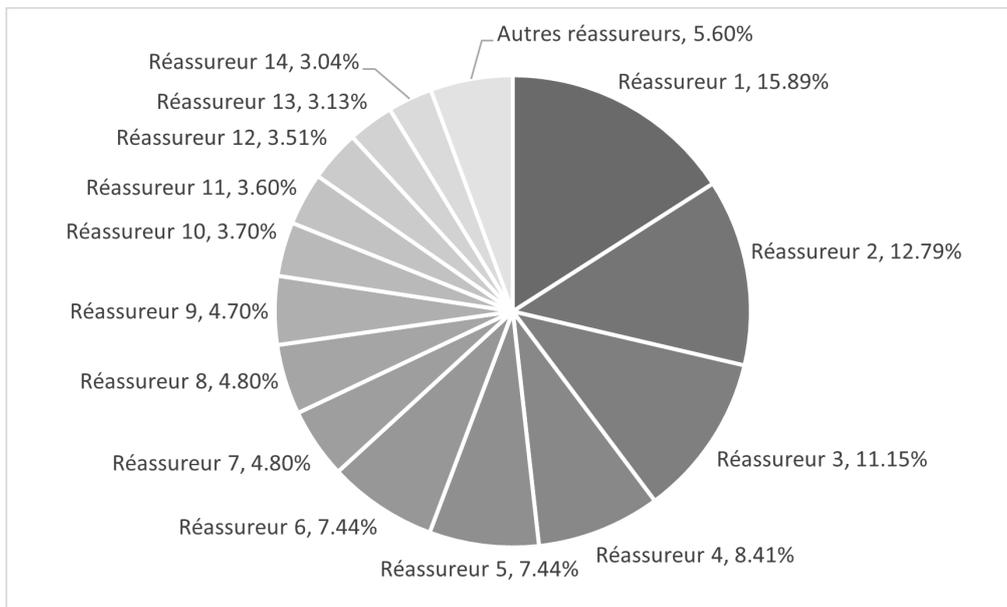


FIGURE 3.3 – Partition de réassurance du risque "Auto - RC"

Notons qu'un raisonnement similaire a été appliqué pour déterminer les flux de frais et de recours.

Les nantissements

Les nantissements constituent un élément "Hors bilan" à prendre en compte lors du calcul réglementaire. En effet, celui-ci atténue le risque de contrepartie. Ces nantissements sont liés aux engagements de réassurance de l'entreprise d'origine et sont donc transmis à l'entreprise de référence dans leur intégralité.

Les frais

L'hypothèse (l) de l'article 38 du Règlement 2015/35 mentionne : « Dans le respect des points e) et f), l'entreprise de référence adoptera de futures décisions de gestion cohérentes avec les futures décisions de gestion dont la mise en œuvre est présumée, telles que visées à l'article 23, de l'entreprise d'origine. ». Autrement dit, l'entreprise de référence doit prendre des décisions de gestion qui sont cohérentes avec celles qu'auraient prises l'entreprise d'origine. Par conséquent nous pensons que les niveaux de frais évoluent de la façon suivante :

- Frais de gestion : les frais de gestion concernent principalement les frais imputables à la gestion des sinistres. Dans la mesure où la gestion de l'entreprise de référence doit être cohérente avec celle de l'entreprise d'origine, nous supposons que les frais de gestion des deux entités sont similaires.
- Frais d'acquisition : les frais d'acquisition correspondent aux frais internes et externes occasionnés par la conclusion des contrats d'assurance. Dans notre situation, aucun nouveau contrat ne peut être souscrit. Nous avons donc fixé un niveau de frais d'acquisition nul.
- Frais d'administration : les frais d'administration des contrats correspondent aux frais internes et externes occasionnés par la gestion des contrats en portefeuille. Ici aussi, nous pensons donc qu'il est préférable de conserver un niveau de frais d'administration similaire entre l'entreprise d'origine et l'entreprise de référence.

3.2 Résultats des modèles

3.2.1 Risque de marché négligeable

Présentation des SCR projetés

Comme nous l'avons mentionné précédemment, dans un premier temps nous avons considéré un risque de marché nul. Nous avons projeté nos SCR sur 100 années. Bien que nos flux soient nuls à partir de 46 années, l'activité non-vie de l'entité donne naissance à des prestations vie à savoir, ici, des rentes mensuelles. Les prestations futures ne sont donc pas déterminées par des flux fixes mais par une projection de ces rentes au tête par tête. Il n'est donc pas possible, au premier abord, de déterminer l'horizon de *run-off* de ce type de prestations.

Pour chaque horizon de projection, notre outil nous permet d'accéder à la matrice des SCR. A titre d'exemple, à l'horizon $t = 0$ nous avons :

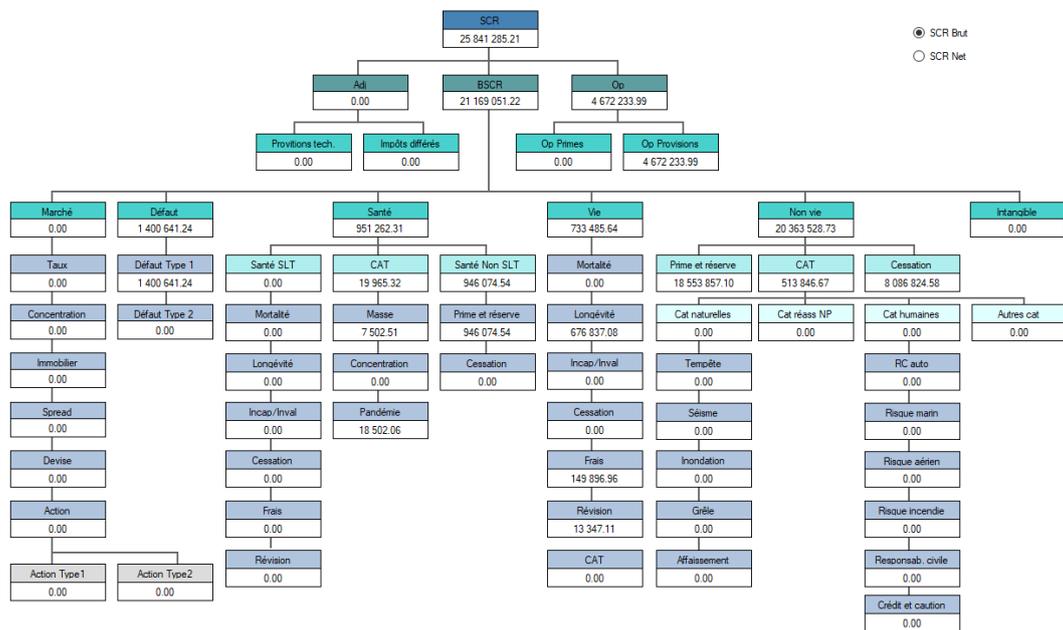


FIGURE 3.4 – Matrice des résultats hors risque de marché

A travers cette interface, nous pouvons visualiser la contribution de chacun des sous-modules au capital de solvabilité requis global. Nous retrouvons naturellement un SCR nul pour le risque de marché et un ajustement au titre des impôts différés nul en vertu des hypothèses (i) et (k) de l'Article 38 du Règlement 2015/35. Discutons désormais de l'évolution des différents SCR aux différentes maturités.

Le SCR de souscription en Santé ($SCR_{Santé}$) s'éteint à l'horizon 14 ans ce qui correspond à ce que l'on observait dans les flux. Ce SCR est alimenté uniquement par le sous-module Santé non similaire à la vie ce qui est cohérent avec l'activité de l'entité. Notons que le $SCR_{SantéNon-SLT}$ pris en considération pour le calcul de la marge de risque est mécaniquement moindre par rapport à la quantité réglementaire. En effet, deux sous-modules composent ce SCR :

- **Le risque de primes et de réserves** : sa valeur est bien entendu plus faible puisqu'on ne considère ni primes pour contrats non encore reconnus ni primes acquises. Par conséquent le capital de solvabilité requis du sous-module de primes et de réserves en santé calculé avec les hypothèses de la marge de risque représente seulement 10,5 % du montant réglementaire à la date initiale.

Pour le calcul du risque de primes et de réserves de la marge de risque nous avons les valeurs présentées dans la figure 3.5 :

Segment	Primes	Réserve	SigmaPrimes	SigmaRéserve	Sigma	DIV	Volume
FraisMédicaux	179 169.13	1 221 065.37	5.00%	5.70%	5.32%	100.00%	1 400 234.50
ProtectionRevenu	-	2 137 621.10	8.50%	14.00%	14.00%	62.82%	1 938 913.16
IndemnisationTravailleurs	-	-	9.60%	11.00%	0.00%	100.00%	-
Santé_RéassNonProp	-	-	17.00%	17.00%	0.00%	100.00%	-
Total	179 169.13	3 358 686.48					3 339 147.66

Volume total	3 339 147.66
Sigma	9.44%
SCR	946 074.54

FIGURE 3.5 – Calcul du risque de primes et de réserves (santé) de la marge de risque

Alors qu'en effectuant les calculs du capital de solvabilité requis réglementaire de l'entité d'origine, à la date initiale nous obtenons les valeurs présentées dans la figure 3.6

Segment	Primes	Réserve	SigmaPrimes	SigmaRéserve	Sigma	DIV	Volume
FraisMédicaux	13 306 387.46	1 221 065.37	5.00%	5.70%	4.84%	100.00%	14 527 452.83
ProtectionRevenu	30 704 929.75	2 137 621.10	8.50%	14.00%	8.44%	72.28%	30 566 742.92
IndemnisationTravailleurs	-	-	9.60%	11.00%	0.00%	100.00%	-
Santé_RéassNonProp	-	-	17.00%	17.00%	0.00%	100.00%	-
Total	44 011 317.21	3 358 686.48					45 094 195.76

Volume total	45 094 195.76
Sigma	6.64%
SCR	8 980 499.11

FIGURE 3.6 – Calcul du risque de primes et de réserves (santé) réglementaire

- **Le risque de cessation** : comme détaillé dans le paragraphe 2.1.1, ce risque est quantifié en réaction de deux chocs simultanés. L'un d'eux porte sur les contrats futurs qui, en situation de *run-off*, n'ont pas lieu d'être. C'est la raison pour laquelle le risque de cessation à considérer pour la marge de risque est plus faible que le risque de cessation réglementaire.

Pour information, l'évolution du SCR_{Sante} au fil du temps est représenté sur le graphique ci-dessous :

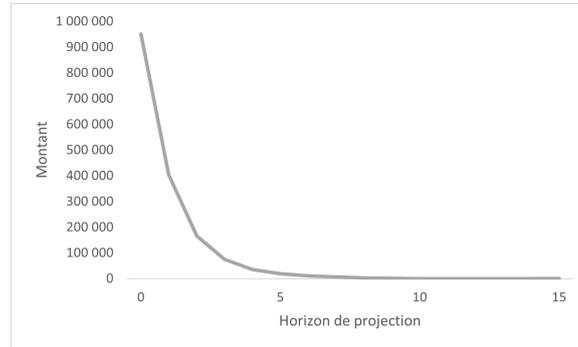


FIGURE 3.7 – SCR de souscription en santé hors risque de marché

Le SCR de souscription en non-vie (SCR_{NonVie}) est lui tari après 46 années. Rappelons que ce SCR est constitué des 3 sous-modules suivants :

- **Le risque de primes et de réserves** : tout comme dans le SCR_{Sante} , la valeur du SCR considérée pour le calcul de la marge de risque est inférieure à celle considérée pour le calcul réglementaire. Dans nos travaux, le SCR de primes et de réserves évalué pour la marge de risque correspond à 9,2 % du SCR réglementaire de primes et de réserves en non-vie l'année initiale ;

Segment	Primes	Réserve	SigmaPrimes	SigmaRéserve	Sigma	DIV	Volume
ResponsabilitéCivileAutomobile	679 838.19	43 872 708.92	10.00%	9.00%	8.94%	100.00%	44 552 547.11
AutreAssuranceVéhicules	1 107 140.69	2 496 282.67	8.00%	8.00%	7.10%	100.00%	3 603 423.36
MaritimeAérienTransport	-	-	15.00%	11.00%	0.00%	100.00%	-
IncendieAutresDommagesAuxBiens	1 877 365.02	13 938 521.05	8.00%	10.00%	9.32%	94.59%	15 601 921.48
ResponsabilitéCivileGénérale	403 398.65	13 845 174.60	14.00%	11.00%	10.89%	100.00%	14 248 573.25
CréditCautionnement	-	-	19.00%	17.20%	0.00%	100.00%	-
ProtectionJuridique	239 806.65	1 421 363.89	8.30%	5.50%	5.41%	100.00%	1 661 170.54
Assistance	164 761.81	658 092.19	6.40%	22.00%	18.27%	100.00%	822 854.00
PertesPécuniairesDiverses	920 739.46	3 097 579.40	13.00%	20.00%	17.10%	51.72%	3 533 351.93
Accidents_RéassNonProp	-	-	17.00%	20.00%	0.00%	100.00%	-
MaritimeAérienTransport_RéassNonProp	-	-	17.00%	20.00%	0.00%	100.00%	-
Dommages_RéassNonProp	-	-	17.00%	20.00%	0.00%	100.00%	-
Total	5 393 050.47	79 329 722.72					84 023 841.66

Volume total	84 023 841.66
Sigma	7.36%
SCR	18 553 857.10

FIGURE 3.8 – Calcul du risque de primes et de réserves (non-vie) de la marge de risque

En menant l'analyse dans le cadre du calcul réglementaire du capital de solvabilité requis nous obtenions :

Segment	Primes	Réserve	SigmaPrimes	SigmaRéserve	Sigma	DIV	Volume
ResponsabilitéCivileAutomobile	13 743 196.81	43 872 708.92	10.00%	9.00%	8.31%	100.00%	57 615 905.73
AutreAssuranceVéhicules	29 347 549.36	2 496 282.67	8.00%	8.00%	7.71%	100.00%	31 843 832.03
MaritimeAérienTransport	-	-	15.00%	11.00%	0.00%	100.00%	-
IncendieAutresDommagesAuxBiens	54 639 658.08	13 938 521.05	8.00%	10.00%	7.60%	86.71%	66 299 976.79
ResponsabilitéCivileGénérale	4 512 424.31	13 845 174.60	14.00%	11.00%	10.45%	100.00%	18 357 598.90
CréditCautionnement	-	-	19.00%	17.20%	0.00%	100.00%	-
ProtectionJuridique	5 635 899.64	1 421 363.89	8.30%	5.50%	7.25%	100.00%	7 057 263.53
Assistance	2 172 170.91	658 092.19	6.40%	22.00%	8.68%	100.00%	2 830 263.10
PertesPécuniairesDiverses	91 603 751.24	3 097 579.40	13.00%	20.00%	12.91%	65.39%	86 507 193.96
Accidents_RéassNonProp	-	-	17.00%	20.00%	0.00%	100.00%	-
MaritimeAérienTransport_RéassNonProp	-	-	17.00%	20.00%	0.00%	100.00%	-
Dommages_RéassNonProp	-	-	17.00%	20.00%	0.00%	100.00%	-
Total	201 654 650.35	79 329 722.72					270 512 034.04

Volume total 270 512 034.04
 Sigma 7.44%
 SCR 60 388 376.79

FIGURE 3.9 – Calcul du risque de primes et de réserves (non-vie) réglementaire

- **Le risque de catastrophe** : Le SCR de catastrophe est nul, par construction, pour chaque année postérieure à l'année initiale. L'année initiale, le montant du SCR catastrophe non-vie considéré dans la marge de risque est équivalent à 50.43 % du montant réglementaire ;
- **Le risque de cessation** : Le SCR de cessation est nul au-delà de la première année puisqu'il s'agit de résiliation des contrats alors que ceux-ci sont déjà résiliés puisque l'on se positionne en situation de *run-off*. Dans le cadre du risque de cessation non-vie, on considère une variation des taux de résiliation en portefeuille. Le SCR du risque de cessation non-vie de la marge de risque à la date initiale est donc équivalent au SCR réglementaire.

Pour information, l'évolution du SCR_{NonVie} au fil du temps est représenté sur le graphique ci-dessous :

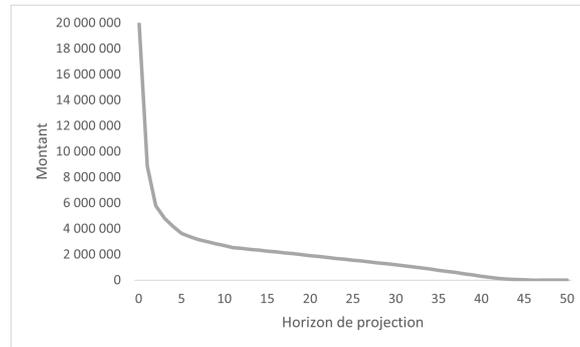


FIGURE 3.10 – SCR de souscription en non-vie hors risque de marché

L'horizon de projection du SCR de souscription vie est lui plus éloigné. En effet, il s'agit des rentes mensuelles viagères résultants de contrats non-vie. La projection de ces flux est donc conditionnée à la mortalité des individus en portefeuille. Pour information, cette mortalité est estimée à partir des tables TD 88-90. Les engagements vie au titre des prestations non-vie sont taris à partir de la 41^{ème} année.

Le montant du SCR de souscription vie pris en considération dans le calcul de la marge de risque à l'année initiale est équivalent au montant réglementaire.

- Le SCR de longévité n'est pas impacté puisque les engagements d'assurance ont été transmis tels quels. Le choc est donc appliqué au même portefeuille.
- Tout comme dans le SCR vie réglementaire nous n'avons pas de SCR de mortalité étant donné que nous considérons un risque sous-jacent de longévité et non de mortalité.
- Le risque de révision est quantifié en réaction à une hausse des montants de rentes. Le portefeuille étant transféré de l'entreprise d'origine à l'entreprise de référence, il est cohérent de considérer un risque de cessation équivalent dans la marge de risque et dans le calcul réglementaire à la date initiale.
- Le risque de frais est lui aussi similaire à celui qui est quantifié lors du calcul réglementaire.

Pour information, l'évolution du SCR_{Vie} au fil du temps est représenté sur le graphique ci-dessous :

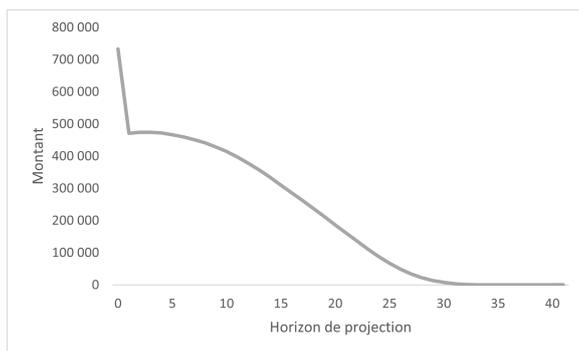


FIGURE 3.11 – SCR de souscription en vie hors risque de marché

L'allure de l'évolution du SCR de souscription vie est imputable au SCR de longévité que nous présentons ci-dessous :

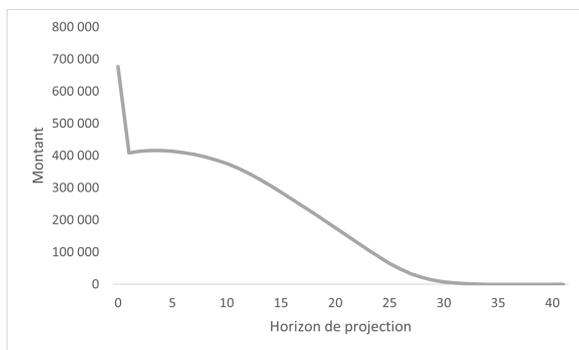


FIGURE 3.12 – SCR de souscription vie - longévité hors risque de marché

L'évolution de ce SCR est cohérente. Aux horizons de projection les plus proches, l'ensemble des rentes est versé. Le choc de longévité force alors l'assureur à provisionner davantage pour faire face à l'allongement de la durée de vie du portefeuille. Au fur et à mesure que l'horizon défile, le vieillissement du portefeuille conduit à considérer la sortie de certaines rentes du portefeuille. Le choc de longévité est alors appliqué à de moins en moins d'assurés. Il est donc logique que le SCR de longévité diminue après avoir augmenté.

En résumé, l'évolution du SCR global est la suivante :

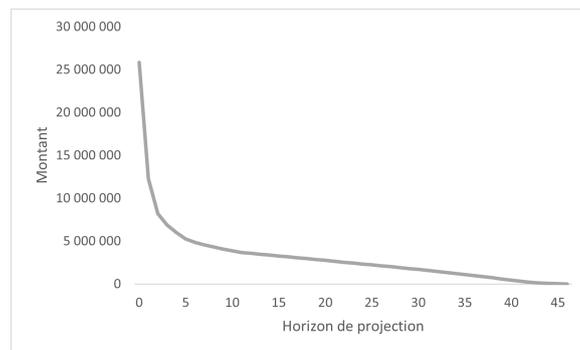


FIGURE 3.13 – SCR hors risque de marché

A titre d'illustration, le capital de solvabilité requis calculé à la date initiale pour l'entreprise de référence s'établit à 25 841 285 €. Sa valeur pour l'entreprise d'origine, avant transfert et donc sans prise en compte des hypothèses de la marge de risque, était de 86 115 735 €.

Marge de risque par "méthode exacte"

A partir de ces SCR projetés à chaque horizon, nous allons déterminer la marge de risque en appliquant la formule présentée dans l'équation 1.1.

Dans un premier temps, nous actualisons donc nos SCR projetés à l'aide de la courbe de taux EIOPA au 31/12/2020 (sans VA) :

Horizon	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SCR	25 841 285	12 284 060	8 208 568	6 879 398	5 997 443	5 252 145	4 847 741	4 555 813	4 321 129	4 093 550
Taux	0.00%	-0.62%	-0.62%	-0.61%	-0.59%	-0.56%	-0.53%	-0.49%	-0.45%	-0.40%
SCR Actualisé	25 841 285	12 361 070	8 311 978	7 006 420	6 140 354	5 401 165	5 003 894	4 713 860	4 478 088	4 245 443
Horizon	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
SCR	3 881 401	3 678 709	3 580 738	3 482 760	3 382 655	3 282 064	3 179 688	3 077 460	2 973 964	2 869 134
Taux	-0.37%	-0.32%	-0.28%	-0.26%	-0.21%	-0.17%	-0.17%	-0.16%	-0.15%	-0.13%
SCR Actualisé	4 026 766	3 810 721	3 701 042	3 604 057	3 481 246	3 368 930	3 265 344	3 162 924	3 055 968	2 940 931
Horizon	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
SCR	2 762 886	2 655 219	2 545 889	2 434 772	2 336 530	2 236 358	2 134 062	2 029 553	1 922 750	1 813 583
Taux	-0.09%	-0.04%	0.03%	0.11%	0.19%	0.27%	0.35%	0.44%	0.52%	0.61%
SCR Actualisé	2 814 781	2 676 497	2 529 700	2 376 706	2 234 613	2 090 576	1 946 728	1 803 168	1 661 462	1 522 106
Horizon	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
SCR	1 702 071	1 588 109	1 471 670	1 352 813	1 231 482	1 107 640	981 318	852 518	721 246	587 526
Taux	0.69%	0.77%	0.84%	0.91%	0.99%	1.05%	1.12%	1.18%	1.24%	1.30%
SCR Actualisé	1 386 452	1 253 948	1 125 698	1 001 938	882 459	767 673	657 401	551 928	451 038	354 751
Horizon	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
SCR	451 388	329 334	207 132	124 935	76 487	27 241	-	-	-	-
Taux	1.36%	1.41%	1.46%	1.51%	1.56%	1.61%	1.65%	1.70%	1.74%	1.78%
SCR Actualisé	263 166	185 342	112 498	65 474	38 673	13 288	-	-	-	-

FIGURE 3.14 – SCR projetés actualisés

Une fois que nous disposons des SCR actualisés, il nous reste à sommer ces quantités et à appliquer au résultat le coût du capital défini par la réglementation :

Coût du capital	6.00%
$\sum_{t \geq 0} \frac{SCR_t}{(1 + r_{t+1})^{t+1}}$	147 880 028.48
Marge de risque	8 872 801.71

FIGURE 3.15 – Calcul de la marge de risque hors risque de marché

La marge de risque issu de la méthode exacte s'élève donc à 8 872 802 € en tenant compte des hypothèses présentées dans l'Article 38 du Règlement 2015/35 et en négligeant le risque de marché.

Marge de risque par la "méthode proportionnelle"

Par ailleurs, nous avons également appliqué la méthode proportionnelle équivalente à la deuxième simplification proposée par l'EIOPA à notre entité. Cette méthode consiste à faire évoluer le niveau du capital de solvabilité réglementaire, réduit du risque de taux et du risque de marché, en fonction du niveau de *best estimate* de chaque horizon.

Comme nous l'avons évoqué dans la section relative à la méthode proportionnelle, il est d'usage, sur le marché, de quantifier la marge de risque à partir du SCR réglementaire, déduction faite du risque de marché. En appliquant cette méthode à notre portefeuille, nous obtenons une marge de

risque qui s'établit à 34 435 427 €.

Comme nous l'avons évoqué auparavant, nous pensons qu'il est plus pertinent de considérer la situation imposée par l'Article 38 du Règlement 2015/35. Autrement dit, il s'agirait de prendre en compte le capital de solvabilité requis quantifier en situation de *run-off* ainsi que l'ensemble des autres éléments imposés par le cadre sous-jacent au modèle. Pour rappel les éléments principaux sont notamment l'omission du risque de taux et l'absence d'ajustement des impôts différés. Cela revient donc à considérer le $SCR(0)$ obtenu dans le cadre de la méthode exacte.

En appliquant la méthode proportionnelle à ce $SCR(0)$, nous obtenons une marge de risque d'un montant de 11 926 580 €.

Marge de risque exacte hors risque de marché	8 872 801.71
Marge de risque proportionnelle avec SCR réglementaire hors risque de marché	34 435 426.87
Marge de risque proportionnelle avec SCR(0) de la méthode exacte hors risque de marché	11 926 580.05

FIGURE 3.16 – Synthèse des résultats de la marge de risque hors risque de marché

3.2.2 Minimisation du risque de marché

Comme énoncé précédemment, l'Article 38 du Règlement 2015/35 spécifie que le risque de marché doit être inclus dans la quantification du capital de solvabilité requis de l'entreprise de référence uniquement "lorsqu'il est important". Il n'existe de seuil précis néanmoins il est précisé dans la paragraphe 3 de l'Article 38 du Règlement 2015/35 : "un risque est considéré comme important si son incidence sur le calcul de la marge de risque est susceptible d'influer sur la prise de décision ou le jugement des utilisateurs de cette information, y compris les autorités de contrôle". Le seuil à considérer pour déterminer si ce risque est important n'étant donc pas défini clairement par la réglementation. C'est la raison pour laquelle nous l'avons négligé dans la section précédente. Néanmoins, il est pertinent de se demander à partir de quel montant le risque de marché peut être omis et quel impact cette simplification génère sur le montant de la marge de risque. C'est pourquoi, dans cette partie nous allons réitérer le travail fourni dans la section précédente mais en considérant cette fois que le risque de marché n'est pas nul.

Simulation des actifs

Dans notre cas, à la date initiale, nous devons donc allouer un montant s'établissant à 101 653 416 € reparti de la façon suivante :

- Le capital de solvabilité requis à la date initiale $SCR(0) = 25\,841\,258$
- Les provisions techniques nettes à la date initiale $BE_{net}(0) = 75\,812\,158$

Dans ce même Article 38, l'hypothèse (*h*) spécifie que l'entreprise de référence sélectionne ses actifs de manière à minimiser son risque de marché. Pour ce faire, nous proposons de considérer que l'entreprise de référence alloue l'intégralité de son actif en banque sur un compte courant ou sur des dépôts à terme. En effet, en faisant cela l'ensemble des sous-modules constitutifs du risque de marché sera nul à l'exception du risque de défaut.

L'hypothèse spécifiant seulement que l'entreprise de référence doit sélectionner ses actifs de manière à minimiser le risque de marché. Elle ne force donc pas à constituer un portefeuille de titres à proprement parler.

Nous donc allouons 101 653 415 € sous forme de dépôts, dont le tiers correspond à une banque notée Aaa par l'agence de notation Moody's. C'est le tiers qui permet de minimiser le risque de contrepartie dans la mesure où il n'existe pas de meilleure échelon de crédit et qui permet d'obtenir un risque de marché nul et donc minimisé.

Ensuite, à chaque horizon de projection, il convient de considérer que ces dépôts varient d'un montant identique à la variation de la somme du capital de solvabilité requis et du montant des provisions techniques nettes de réassurance. De manière pratique, cette variation vient payer les prestations et rembourser une partie du capital qui a été emprunté, par construction du modèle.

Ce raisonnement est illustré dans la figure 3.17 pour les 3 premières années.

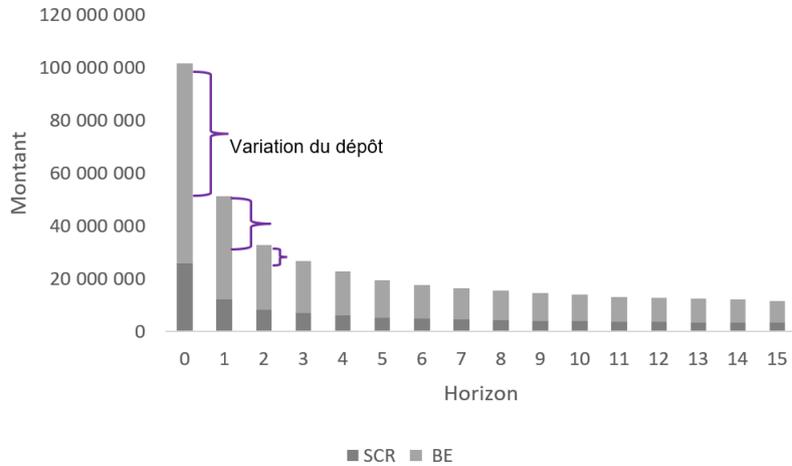


FIGURE 3.17 – Mécanisme d'évolution des dépôts

Afin de prendre en compte ce mécanisme dans l'outil de projection, nous avons considéré un dépôt pour chaque horizon N de projection dont la date de maturité correspond à $N+1$. Le montant à considérer pour chacun des dépôts correspond à la somme du capital de solvabilité requis et du montant des provisions techniques nettes que nous avons obtenu en ignorant le risque de marché, c'est à dire, à l'aide de notre premier modèle.

Présentation des SCR projetés

Les résultats obtenus en tenant compte du risque de marché à horizon $t = 0$ sont présentés dans la figure 3.18 :

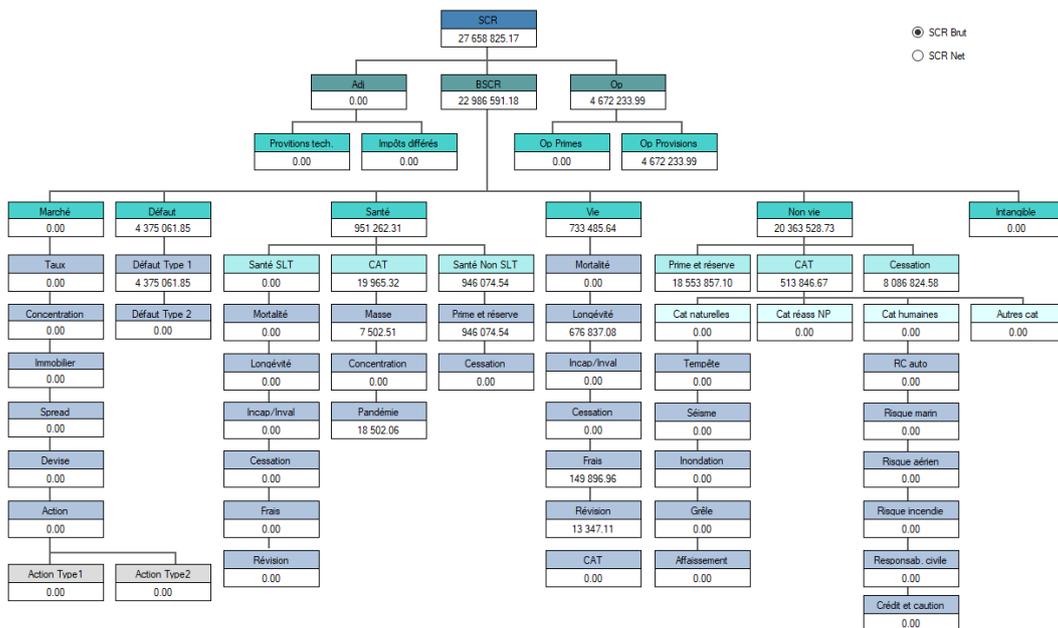


FIGURE 3.18 – Matrice des résultats avec le risque de marché

L'ajout du risque de marché ne modifie pas fondamentalement l'allure des SCR des différents modules. En revanche, il augmente le montant du capital de solvabilité requis. Nous illustrons la différence entre la prise en considération, ou non, du risque de marché dans le schéma 3.19

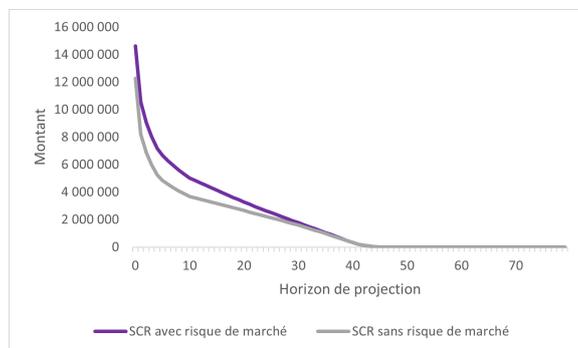


FIGURE 3.19 – SCR avec le risque de marché

La hausse du montant de capital de solvabilité requis est imputable au SCR de défaut. En effet, pour minimiser le risque de marché, nous avons considéré que l'entité alloue ces fonds à une banque. Il n'existe pas de risque de marché dans cette configuration. En revanche, il existe un risque de défaut du tiers considéré.

La figure 3.20 illustre l'écart entre le risque de contrepartie avec et sans prise en compte du risque de marché :

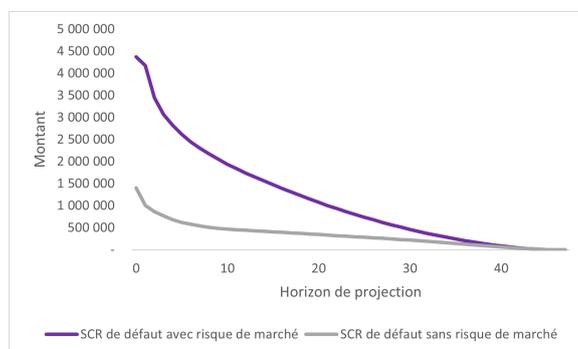


FIGURE 3.20 – SCR de défaut avec le risque de marché

Marge de risque par "méthode exacte"

Tout comme dans la section précédente, nous déterminons la marge de risque pondérant par le coût du capital la somme des SCR projetés actualisés. Dans le cadre de la prise en considération du risque de marché, nous obtenons une marge de risque de 11 016 165 €.

Marge de risque par "méthode proportionnelle"

Pour rappel, la marge de risque en considérant la méthode proportionnelle s'établit à 40 002 432 € en considérant le SCR hors marché. En incluant le risque de marché résultant de la prise en compte du portefeuille de l'entité à date, la marge de risque s'établit à 41 299 507 €.

3.2.3 Comparaison des résultats

Dans cette section, il s'agit d'analyser les résultats que nous avons obtenus à l'aide de la première simplification proposée par l'EIOPA, que l'on nommera "méthode exacte", comparativement aux résultats obtenus grâce à la deuxième simplification, que l'on nommera "méthode proportionnelle", avec et sans considérer le risque de marché.

Le tableau suivant récapitule les résultats obtenus dans les sections précédente :

	Risque de marché exclu	Risque de marché inclus
Méthode exacte	8 872 802	11 016 165
Méthode proportionnelle	34 435 427	40 002 432

Tout d'abord, nous constatons que la marge de risque obtenue avec la méthode dite exacte est considérablement plus faible que les résultats obtenus à l'aide de la méthode proportionnelle. L'écart entre ces deux méthodes s'établit à environ 74 %, avec ou sans prise en compte du risque de marché. Ce constat repose sur le fait que la méthode "exacte" considère une situation de *run-off* qui impacte mécaniquement le montant des SCR. Comme expliqué précédemment, l'entreprise de référence reprend uniquement les engagements de l'entreprise d'origine ce qui impacte considérablement les données à considérer. En effet, la situation de *run-off* implique de ne considérer que :

- Les primes futures au titre des contrats existants. A titre d'information, les primes considérées pour l'année initiale dans le calcul du risque de primes en santé non-SLT pour la marge de risque correspond à 0.41 % du montant considéré dans le calcul du risque de primes en santé non-SLT pour le calcul réglementaire. Quant aux primes considérées dans le calcul du risque de primes en non-vie, il correspond à 2.67 % du montant pris en compte dans le calcul réglementaire ;
- Les sinistres au titre des contrats existants. Pour rappel, cette sinistralité a été estimée proportionnellement aux primes futures au titre des contrats existants ;
- Les provisions en ne considérant que les flux imputables aux contrats existants à la date du transfert. Cela revient à ne pas considérer les flux futurs estimés dans le business plan de l'entreprise d'origine que l'on aurait considéré dans le cas de projection de SCR réglementaire ;
- Les SCR forcés proportionnellement aux primes perçues au titre des contrats existants. Les SCR forcés de la marge de risques s'établissent à 3 % des SCR forcés réglementaires.

Le tableau ci-dessous présente les capitaux de solvabilité requis de l'entité étudiée avec et sans prise en compte des hypothèses de l'Article 38. Autrement dit, dans la première colonne sont présentées les valeurs réglementaires et dans la seconde colonne nous retrouvons le SCR pris en compte dans la marge de risque à horizon $t = 0$. Afin de présenter des résultats complets et comparables, nous avons également recalculé le SCR réglementaire en négligeant le risque de marché.

SCR(0) - Méthode 1	Hypothèse <i>run-off</i> exclue	Hypothèse <i>run-off</i> incluse
Risque marché inclus	86 673 127	25 841 285
Risque marché exclu	74 611 116	27 658 825

Sachant cela, le constat que nous formulons est cohérent. En effet, lorsqu'une entité utilise la méthode proportionnelle, elle simule la situation de liquidation du portefeuille. Pour ce faire, elle fait évoluer le capital de solvabilité requis en $t = 0$ issu du calcul réglementaire proportionnellement à l'évolution des *best estimates*.

Notons tout de même que le SCR retenu dans le calcul de la marge de risque n'est pas exactement équivalent au SCR réglementaire. En effet, celui-ci néglige d'ores et déjà le risque de taux et l'ajustement au titre des impôts différés.

C'est la raison pour laquelle la marge de risque est plus importante. Le SCR réglementaire à la date initiale est plus important que le SCR considéré dans la marge de risque à la date initiale. La simulation du run-off de l'entité en liquidant le SCR initiale proportionnellement aux best-estimate conduira donc systématiquement à un montant de marge de risque plus conséquent. C'est pourquoi, nous pensons qu'il est pertinent d'appliquer la méthode proportionnelle au $SCR(0)$ obtenu dans le cadre du calcul de la marge de risque. Cela permet de prendre en compte le cadre sous-jacent à la marge de risque qui est ignoré si le SCR réglementaire est pris en compte. En tenant compte de cette modification, l'écart des marges de risques obtenues à l'aide de la méthode exacte et de la méthode proportionnelle est considérablement réduit et atteint 25 %.

Aussi, l'impact de l'hypothèse conduisant à négliger le risque de marché est raisonnable. En effet, les actifs à considérer dans le portefeuille pour quantifier le SCR de marché sont sélectionnés de manière à ce que ce SCR soit minimisé. Par construction, la prise en considération du SCR de marché ne doit donc pas faire varier significativement le SCR global. Dans le cadre de ce mémoire, la prise en compte du risque de marché conduit à augmenter le capital de solvabilité requis de 19 %. Se pose alors la question de savoir à partir de quel montant l'entreprise doit considérer que le montant de son SCR est trop important pour être négliger dans la détermination du SCR.

Chapitre 4

Discussions autour de la réglementation

En menant ce travail, nous avons fait face à certaines imprécisions de la réglementation. Parmi celles-ci nous pouvons notamment évoquer les suivantes. Tout d'abord, l'hypothèse (a) de l'Article 38 du Règlement 2015/35 spécifie que l'entreprise de référence reprend l'intégralité des engagements de l'entreprise d'origine. Or, à aucun moment la notion d'engagement est définie dans la réglementation. Dans le cadre de ce mémoire, nous avons considéré que les engagements d'assurance comprennent uniquement les prestations découlant des contrats de l'entreprise d'origine et les primes futures pour les contrats existants. Notre raisonnement repose notamment sur la logique sous-jacente à l'approche proportionnelle de la marge de risque. En effet, dans le cadre de cette simplification, on projette les capitaux de solvabilité requis à chaque horizon en appliquant une proportionnalité avec le niveau de *best estimate*. Nous savons que les *best estimate* représentent la somme des flux futurs actualisés, soit la sinistralité future ramenée à la date initiale. C'est la raison pour laquelle nous pensons que la réglementation inclut uniquement les prestations dans la notion d'engagement.

L'hypothèse (e) impose de considérer que l'entreprise de référence se trouve en *run-off*. Là encore, il n'existe pas de définition précise du *run-off* dans la réglementation. Dans le cadre de ce mémoire, nous avons considéré que l'entreprise ne peut, certes, plus souscrire de nouveau contrat à partir de la date du transfert. Mais nous avons également considéré que les contrats existants à la date de transfert ne pouvaient être renouvelés. Nous faisons donc l'hypothèse qu'un contrat à tacite reconduction représente finalement un nouveau contrat plus que la continuité d'un contrat déjà existant.

La réglementation n'explique pas clairement le type de taux d'intérêt à utiliser pour la marge de risque. Dans sa définition de la marge de risque, il est uniquement mentionné que le taux d'intérêt à considérer est « le taux d'intérêt sans risque de base pour l'échéance $t + 1$ année ». Nous pensons que cela n'est pas tout à fait précis. En effet, dans l'hypothèse (i) de l'Article 38 du Règlement 2015/5, il est spécifié que le risque de taux n'a pas à être inclus dans le calcul de la marge de risque, que l'on considère ou non le risque de marché. Par conséquent, l'absence de risque de taux sous-entend qu'il n'y a pas de variation de taux d'intérêt possible. C'est la raison pour laquelle nous pensons que chacun des flux doit avoir la même valeur, quel que soit l'instant auquel on le considère. Ce raisonnement conduit à considérer des taux forward qui ne sont pas mentionnés dans la réglementation.

Nous pouvons également évoquer le manque de précision autour de la prise en compte, ou non, du risque de marché. Comme nous l'avons déjà évoqué auparavant, l'hypothèse (i) de l'Article 38 du Règlement 2015/35 mentionne que le risque de marché doit être inclus dans la marge de risque lorsqu'il est important. La réglementation ne précise pas clairement le seuil à prendre en compte pour déterminer si ce risque est important. Elle mentionne seulement dans le paragraphe

3 de l'Article 38 qu'"un risque est considéré comme important si son incidence sur le calcul de la marge de risque est susceptible d'influer sur la prise de décision ou le jugement des utilisateurs de cette information,y compris les autorités de contrôle". D'autant plus que dans ce même article il est spécifié que le risque de marché doit être minimisé. Un risque peut-il être important s'il est minimisé ?

Aussi, si l'organisme d'assurance juge que le risque de marché est important et qu'il doit l'inclure au calcul de sa marge de risque, il doit alors allouer un montant d'actif proportionnel à la somme de son capital de solvabilité requis et de ses provisions. Là encore, la réglementation ne précise pas quel capital de solvabilité requis est à considérer. Comme évoqué précédemment, il convient de retenir le capital de solvabilité requis de l'entreprise de référence sans prise en compte du risque de marché. Ici, on cherche à déterminer le montant d'actif de l'entreprise de référence, il est donc pertinent de prendre en compte les hypothèses de l'Article 38. Par ailleurs, prendre en compte le risque de marché pour déterminer le SCR global incluant le risque de marché revient à créer un effet de circularité.

Enfin, le dernier point que nous voulions aborder concerne les méthodes de simplification. Comme nous l'avons présenté, la duration modifiée incluse dans la formule proposée par l'EIOPA ne fait l'objet d'aucune définition précise dans la réglementation. Par ailleurs, celle-ci est définie dans la littérature comme la duration actualisée en $t = 1$. Introduire la duration modifiée dans le calcul de la marge risque revient donc à considérer un double terme au numérateur qui n'a pas de sens actuariel. Nous pensons donc qu'il est pertinent de considérer la duration simple dans la méthode par duration proposée par l'EIOPA.

Aussi, il existe un écart important entre la méthode proportionnelle et la méthode par duration. Comme nous l'avons démontré dans la partie dédiée à la présentation des méthodes, la duration équivalente qui découle de la méthode de proportionnalité au BE introduit un décalage. Là où un flux est considéré n fois dans la duration classique, il sera considéré $n + 1$ fois dans la duration équivalente découlant de la méthode proportionnelle ce qui génère mécaniquement des écarts importants.

Conclusion

La Directive Solvabilité 2 impose aux entreprises d'assurance de quantifier une marge de risque. Ce montant, couplé au *best estimate*, constitue les provisions techniques. Ce mémoire nous a permis d'appréhender cette notion. L'objectif principal de ces travaux était de déterminer une approche exacte de la marge de risque correspondant à la première méthode présentée par l'*European Insurance and Occupational Pensions Authority* ou EIOPA dans son « Orientations sur la valorisation des provisions techniques ». L'idée étant de pouvoir comparer ce montant au montant obtenu en utilisant la méthode dite "proportionnelle" largement utilisée par les acteurs de la place.

La détermination de cette méthode de calcul correspondant à la première méthode présentée par l'EIOPA a nécessité de comprendre la formule standard proposée dans le cadre de Solvabilité 2.

Par ailleurs, le calcul de la marge de risque repose sur les hypothèses présentées dans l'Article 38 du Règlement 2015/35. Ces travaux nous ont donc mené à réfléchir à l'impact de ces hypothèses sur le calcul réglementaire classique. L'hypothèse centrale à retenir est évidemment la situation de *run-off* dans laquelle se trouve l'entreprise de référence après le transfert. Nous avons également souhaité mesurer l'impact de l'hypothèse conduisant à négliger le risque de marché.

La première conclusion que nous pouvons formuler suite à nos travaux est la suivante. Les hypothèses de calculs de la marge de risque imposées par l'Article 38 impactent fortement le capital de solvabilité requis de l'entreprise de référence. Ainsi, la prise en compte de ces hypothèses conduit à évaluer un SCR nettement moins important que le SCR réglementaire. Or, comme nous l'avons rappelé, la marge de risque est une composante des provisions techniques. Ces provisions techniques constituent une partie du passif de l'assureur. Une réduction de la marge de risque de l'assureur conduit donc mécaniquement à une hausse de ses capitaux propres. En revanche, le coût de la mise en oeuvre du calcul de la méthode exacte est bien plus important que celui de la méthode proportionnelle. L'assureur doit donc choisir entre simplicité de calcul et réduction de sa marge de risque.

La seconde conclusion de ces travaux porte sur le risque de marché. Comme spécifié dans l'hypothèse (i) – ii, le risque de marché peut être négligé lorsqu'il n'est pas suffisamment "important". La réglementation ne définit pas à partir de quel niveau ce risque est important. Ainsi, l'assureur doit juger lui-même de la prise en considération de son SCR de marché. On peut tout de même s'interroger sur la pertinence de projeter un risque de marché. En effet, ce sont les valeurs de marché qui sont retenues dans les valorisations sous Solvabilité 2. Comment un assureur peut-il prévoir les valeurs de marché de ses actifs à un horizon 10, 20, 30 ans voire plus ? C'est

certainement la raison pour laquelle le risque de marché a été exclu du calcul de la marge de risque.

Bibliographie

- [1] Directive 2019/138/CE du Parlement Européen et du Conseil du 25 novembre 2009.
- [2] Règlement délégué (UE) 2015/35 de la Commission du 10 octobre 2014.
- [3] European Insurance and Occupational Pensions Authority (EIOPA) Orientation sur la valorisation des provisions techniques.
- [4] COMMUNICATION DE LA COMMISSION AU PARLEMENT EUROPÉEN ET AU CONSEIL EMPTY sur le réexamen du cadre prudentiel de l'UE pour les assureurs et réassureurs dans le contexte de la reprise de l'UE après la pandémie du 22 septembre 2021.
- [5] European Insurance and Occupational Pensions Authority, Opinion on the 2020 review of Solvency II.
- [6] COMMUNICATION DE LA COMMISSION AU PARLEMENT EUROPÉEN ET AU CONSEIL sur le réexamen du cadre prudentiel de l'UE pour les assureurs et réassureurs dans le contexte de la reprise de l'UE après la pandémie.
- [7] AHMED.W, FULCHER.P, JOHNSON.K, PELKIEWICZ.A, REYNOLDS.S, SCHNEIDER.R, SCOTT.A (2019) A review of the risk margin - Solvency II and beyond, Institute and Faculty of Actuaries. Rapport d'un groupe de travail sur le marge de risque.
- [8] BIDEAULT.T (2017) Calcul de la marge pour risque en assurance non-vie. Mémoire de l'Institut des Actuaire.
- [9] DAYA-VIOSSAT.M (2009) Market Value Margins for a Non-Life insurance company under Solvency II. Mémoire d'Actuariat.
- [10] DONZELLO. C (2015) Marge pour risque d'une institution de prévoyance : son calcul son allocation. Mémoire de l'Institut des Actuaire.
- [11] GUEYE.F.B (2019) Calcul de la marge de risque à l'épreuve des hypothèses réglementaires. Mémoire de l'Institut des Actuaire.
- [12] FORSIDES (2021) La révision 2020 de Solvabilité 2 - Proposition de la commission européenne Septembre 2021. Support de présentation.
- [13] OFI ASSET MANAGEMENT (2018) Méthodologie de calcul du SCR marché 31/12/2018.