EURIA
Euro-Institut d'Actuariat

Mémoire présenté devant le jury de l'EURIA en vue de l'obtention du Diplôme d'Actuaire EURIA et de l'admission à l'Institut des Actuaires

le 22 Septembre 2017

Par : Korotoumou TRAORE
Titre : Effet d'un changement réglementaire de l'âge de la retraite sur les garanties invalidité d'un portefeuille de prévoyance collective.

Confidentialité : Non

Membre présent du jury de l'Institut des Actuaires :
Yann QUERE, Sophie BOURDET
Signature :

Entreprise :
FIXAGE
Signature :

Membres présents du jury de l'EURIA :
Franck VERMET
Sophie BOURDET

Directeur de mémoire en entreprise :
Charlotte MARTIN et Magali ROUJAS
Signature :

Invité :

Signature :

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

Signature du responsable entreprise :

Signature du candidat :

Secrétariat :

Bibliothèque :

EURIA
EURo Institut
d'Actuariat

6, avenue le Gorgeu
CS 93837
29238 Brest Cedex 3

T +33 (0)2 98 01 66 55
F +33 (0)2 98 01 66 57
euria@univ-brest.fr

Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude ainsi que mes sincères remerciements à :

Monsieur Michel PIERMAY, Président de FIXAGE pour m'avoir accueilli au sein de son entreprise, pour ses conseils pertinents et pour le temps qu'il m'a consacré.

Magali ROUJAS et Charlotte MARTIN, mes tutrices qui malgré les occupations et les responsabilités qu'elles assument ont toujours su avoir le temps de m'écouter et de répondre à toutes mes interrogations. Je les remercie de tout cœur pour leurs conseils et leur participation au bon cheminement de ce mémoire.

Mes sincères remerciements à Maxime MALAL-BURGUETE et Quentin BAZOGE qui n'ont pas hésité à me venir en aide durant cette période. Je dis également merci à l'ensemble des collaborateurs de FIXAGE pour leur accueil et leur convivialité durant ces 6 mois.

J'adresse également toute ma gratitude à Laurence ABIVEN, ma tutrice universitaire pour son attention portée au bon déroulement de mon stage de fin d'études.

Je tiens particulièrement à remercier Franck VERMET directeur des études à l'EURIA pour son encadrement et son soutien durant ces dernières années. Je remercie également l'ensemble professoral de l'EURIA pour la qualité des cours enseignés.

Résumé

Après la reconnaissance de l'état d'invalidité d'un assuré par la sécurité sociale suite à un accident ou une maladie professionnelle, celui-ci reçoit une pension d'invalidité de la sécurité sociale selon la catégorie de l'invalidité. Cette pension d'invalidité peut être complétée par les prestations de la garantie invalidité proposée par certains organismes assureurs afin de maintenir le niveau de vie de l'assuré.

Dans le cas d'une invalidité, l'organisme assureur versera les rentes d'invalidité jusqu'à la sortie de l'assuré de l'état d'invalidité ou au plus jusqu'à son départ en retraite. L'objectif de ce mémoire est d'évaluer l'effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite à 65 ans sur les garanties invalidité d'un portefeuille de prévoyance collective.

Ainsi la première partie de ce document évalue l'effet de l'augmentation de l'âge de départ à la retraite de trois ans sur les provisions mathématiques du portefeuille étudié. Les tables réglementaires de maintien en invalidité du BCAC ont été utilisées pour calculer les provisions mathématiques pour un départ à la retraite à 62 ans. Une augmentation de l'âge de départ à la retraite de 3 ans nécessite un prolongement de la table de maintien du BCAC. Ainsi les provisions mathématiques pour un départ à la retraite à 65 ans ont été calculées à partir de la table prolongée par le groupe de travail de l'Institut des Actuaires. Il résulte de l'augmentation de trois ans de l'âge de départ à la retraite une augmentation de 45% des PM nettes de réassurances du portefeuille étudié.

Afin de palier à la dégradation de ces résultats, l'assureur peut augmenter les primes payées par les assurés. C'est dans ce cadre que nous avons retarifer les contrats par un modèle de tarification de Probabilité $\times$ Charge et un tarif unique pour l'ensemble des adhérents. Les résultats de la tarification indiquent qu'une hausse des primes de 16% permettrait de compenser la hausse de l'âge de départ à la retraite.

La troisième partie de ce document s'inscrit dans le cadre de la deuxième évaluation de l'ORSA. Il s'agit d'étudier le scénario de stress de l'augmentation de l'âge de départ en retraite de trois ans sur les exigences en capital et sur les provisions techniques de la directive Solvabilité II. Il résulte de ce scénario de stress, une augmentation de 48% des provisions techniques pour une hausse de trois ans du départ à la retraite et de 46% avec l'augmentation du tarif.

Nous avons retenu le modèle de la formule standard pour l'évaluation de ce scénario de stress sur l'exigence en capital. Il en résulte, une augmentation de 1,2% du SCR pour une hausse de trois ans du départ à la retraite et de 1,4% avec l'augmentation du tarif. Cela entraîne une dégradation du ratio de solvabilité de l'assureur de 292% à 267%.

Mots clefs: Invalidité, Provisionnement, Tarification, Solvabilité, BE de primes, BE de sinistres, Résultat, sinistralité

Abstract

After the recognition of disability status of an insured by social security after an accident or illness, it receives a disability pension of Social Security by type of disability. The disability pension may be supplemented by the warranty disability benefits offered by an insurer to maintain the standard of living of the insured.

The insurer may pay disability pensions to the exit of the insured to the state of invalidity or at most until his retirement. The objective of this thesis is to evaluate the effect of increasing the retirement age to 65 on guarantees of a disability group benefits portfolio.

In that regard, the first part of this document evaluates the effect of increasing the age of retirement by three years on policy liabilities of the portfolio considered. Regulatory tables of BCAC disability in maintenance were used to calculate the mathematical provisions for retirement at age 62. An increase in the retirement age of 3 years requires an extension of the holding table BCAC. Thus the mathematical provisions for retirement at age 65 were calculated from the table extended by the working group of the Institute of Actuaries. Since the disability pensions paid by the insurer are monthly, we then developed a method based on a linear interpolation keeping the tables disability of BCAC monthly. The result of the increase of three years from the age of retirement is 45% of net PM reinsurance studied the portfolio.

The second part of this document evaluates the effect of increasing the age of retirement of three years on portfolio loss. The indicator used to study the loss is the loss ratio for the years 2014 occurrence, 2015 and 2016.

The study on these three accident years shows a sharp deterioration in loss ratios for an increase in the retirement age at 65.

To overcome the degradation of these results, the insurer can increase premiums paid by policyholders. It is in this framework that we repriced contracts. We have implemented a pricing model of Probability (disability rate) $\times$ Claims Cost and a single rate for all policyholders. The results indicate that a pricing premium increase of 16% would compensate the increase in the retirement age.

The third part of this document subscribe to the framework of the second evaluation of the ORSA. It is studying the stress scenario of increasing the retirement age by three years on capital requirements and technical provisions of the Solvency II Directive. It results from the stress scenario, a 48% increase in technical provisions for up three years of retirement and 46% with the increase of the rate.

We have used the model of the standard formula for the evaluation of this stress scenario on the capital requirement. It results in an increase of 1.2% of the SCR for up three years of retirement and 1.4% with the increase of the rate. This causes a deterioration of the insurer's solvency ratio of 292% to 267%.

Keywords: Invalidity, Provisioning, Pricing, Solvency, Best Estimate of premiums, Best Estimate of claims, Result, Claims.

Synthèse

Suite à un accident ou une maladie de la vie professionnelle, un salarié est déclaré invalide lorsque : « l'assuré présente une invalidité réduisant de deux tiers ou plus sa capacité de travail ou de gain, c'est à dire le mettant hors d'état de se procurer, dans une profession quelconque, un salaire supérieur à une fraction de la rémunération normale perçue dans la même région par des travailleurs de la même catégorie, dans la profession qu'il exerçait avant la date de l'interruption de travail ».

Afin de maintenir le niveau de vie du salarié invalide, la sécurité sociale prévoit le versement d'une indemnité qui pourra être complétée par les prestations de la garantie invalidité proposée par un organisme assureur.

Ces prestations complémentaires seront versées jusqu'à la sortie de l'assuré de l'état d'invalidité ou jusqu'à sa retraite. La loi $N^0$2010-1030 du 10 novembre 2010 portant réforme des retraites a fixé l'âge légal de départ en retraite à 62 ans et l'âge d'obtention du taux plein à 67 ans pour les salariés nés après 1956.

L'objet de ce mémoire est d'étudier l'effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite de trois ans sur la garantie invalidité d'un portefeuille de prévoyance collective. Cet effet a été étudié selon trois axes :

- Effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite sur les provisions mathématiques,
- Effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite sur la sinistralité du portefeuille et analyse de l'évolution tarifaire nécessaire pour rééquilibrer les contrats et compenser l'augmentation des prestations versées par l'assureur,
- Evaluation des conséquences de l'augmentation de l'âge de départ en retraite sur le ratio de solvabilité de l'assureur.

Pour évaluer l'effet de l'augmentation de l'âge de départ à la retraite sur les provisions mathématiques, nous avons utilisé les tables de maintien en invalidité du BCAC. Ces tables ont été établies à partir des statistiques effectuées sur le portefeuille de grands groupes d'assurance collective et fournissent le nombre d'invalides annuels par âge d'entrée et par ancienneté à partir d'une population initiale de 100 000 invalides.

Afin de procéder au calcul de la provision mathématique pour une rente d'invalidité mensuelle et un départ à la retraite à 62 ans, nous avons mensualisé la table de maintien en invalidité du BCAC. Cela nous a permis d'en déduire un nombre d'invalides pour un âge entier et une invalidité mensuelle. Par la suite, nous avons effectué une double interpolation sur l'âge et l'ancienneté de la table de maintien du BCAC mensualisée afin d'en déduire un nombre d'invalides pour un âge et une ancienneté exacte (non forcément entiers) noté $L^{x,anc_t}_{interpole}$.

La provision mathématique représente la somme des flux de prestations probabilisés et actualisés obtenu à partir du nombre d'invalides $L_{x,anct}$ comme suit :

$$PM = \sum_{t=1}^{(n-(x+anc))\cdot 12} \frac{L^{x_{exact},anc_t}_{\text{interpolé}}}{L^{x_{exact},anc_{exacte}}_{inv}} \cdot Rente \cdot \frac{1}{(1+i)^{\frac{t}{12}}},\ t \geq 1$$

Ainsi, pour notre portefeuille, la provision mathématique brut de réassurance pour un départ à la retraite à 62 ans est de 15,6 m€. Après application de la réassurance, ce montant est de 8,4 m€.

Une augmentation de l'âge de départ à la retraite de 3 ans nécessite un prolongement de la table de maintien du BCAC. Ce prolongement a été effectué à l'aide de la table de mortalité TD88-90, conformément à l'approche retenue par le groupe de travail de l'Institut des Actuaires. L'utilisation de cette table implique que le décès est l'unique cause de sortie probable de l'état d'invalidité. Cela implique aussi que les lois de décès sont identiques pour un valide et un invalide âgé de plus de 62 ans.

Le prolongement de la table est effectué en deux étapes :
- Calcul des probabilités de survie à partir de la table TD88-90,
- Produit des probabilités de survie par le dernier nombre d'invalides fourni par la table de maintien en invalidité du BCAC pour chaque âge d'entrée et pour chaque ancienneté.

Le calcul de la provision mathématique pour un départ à la retraite à 65 ans est alors effectué suivant la même méthode que celle présentée pour un départ à la retraite à 65 ans.

La provision mathématique pour un âge de départ à la retraite à 65 ans est de 22,4 m€. Après application de la réassurance, ce montant est de 12,1 m€. L'augmentation de trois ans de l'âge de départ à la retraite implique la hausse de 45% des PM nettes de réassurance pour notre portefeuille étudié.

Par ailleurs, nous avons évalué la répartition de l'effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite de trois ans selon l'âge des invalides à la date d'évaluation.

Age au 31/12/2016	Somme des provisions mathématiques pour un départ à la retraite à 62 ans	Somme des provisions mathématiques pour un départ à la retraite à 65 ans	% d'augmentation
30-53	4 880 082 €	5 695 790 €	17%
53-57	2 010 589 €	2 849 243 €	42%
57-60	1 052 717 €	2 010 930 €	91%
60-61	431 094 €	1 560 098 €	262%
>61	2 787 €	24 462 €	778%

FIGURE 0.1 – Répartition de l'effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite de trois ans par âge des invalides à la date d'évaluation.

Nous remarquons une augmentation des provisions mathématiques sur l'ensemble des tranches d'âges. Cependant, l'augmentation des provisions est plus significative sur les tranches d'âges composées d'invalides plus âgés. Cela s'explique notamment par le fait que le ratio $\frac{3\ années\ d'invalidité}{durée\ restante}$ est plus élevé chez les invalides plus âgés. Proportionnellement, ajouter trois ans d'invalidité (probabilisé par la table du BCAC) augmente plus la durée restante d'indemnisation des âges élevés que celle des âges faibles.

Pour évaluer l'effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite sur la sinistralité du portefeuille, nous avons calculé les loss ratio pour les années de survenance de 2013, 2014 et 2015. Les Loss Ratio représentent le quotient des sinistres par les primes. Les sinistres regroupent à la fois les provisions mathématiques, les provisions pour sinistres à payer ainsi que les prestations versées par l'assureur.

Pour un âge de départ à la retraite à 62 ans, les Loss Ratio du portefeuille étudié sont les suivants :

Départ à 62 ans: Loss Ratio net de réass						
Survenances	PSAP	PM	Pres	Pres total	Cot	S/P
2014	0 €	405 872 €	468 990 €	874 861 €	1 813 698 €	48,2%
2015	142 000 €	574 483 €	235 643 €	952 126 €	1 825 158 €	52,2%
2016	1 207 000 €	85 733 €	87 108 €	1 379 841 €	1 998 336 €	69,0%

FIGURE 0.2 – Distribution du loss ratio pour un départ à la retraite à 62 ans

Pour le départ à la retraite à 65 ans, nous n'avons pas tenu compte de l'apparition de nouveaux invalides ayant un âge d'entrée en invalidité de 63, 64 et 65 ans. Par conséquent les prestations retenues pour le calcul des loss ratio pour un âge de départ à la retraite

à 65 ans sont identiques à celles retenues pour un âge de départ à la retraite à 65 ans. En augmentant la période de versement des prestations de 3 ans, nous remarquons une dérive de la sinistralité de 8 points sur toutes les années de survenances.

Départ à 65 ans: Loss Ratio net de réass						
Survenances	PSAP	PM	Pres	Pres total	Cot	S/P
2014	0 €	619 608 €	468 990 €	1 088 598 €	1 813 698 €	60,0%
2015	166 000 €	713 118 €	235 643 €	1 114 761 €	1 825 158 €	61,1%
2016	1 411 000 €	109 934 €	87 108 €	1 608 042 €	1 998 336 €	80,5%

FIGURE 0.3 – Distribution du loss ratio pour un départ à la retraite à 65 ans

Afin de palier à la dégradation de ces résultats et d'honorer ses engagements envers ses assurés, l'assureur peut augmenter le tarif de la garantie invalidité. C'est dans ce cadre que nous avons retarifé les contrats en prenant en compte la hausse de trois ans de l'âge de départ à la retraite.

La méthode de tarification appliquée dans ce mémoire est une méthode de Probabilité $\times$ Charge où la probabilité représente la probabilité d'entrée en invalidité et la charge correspond à la valeur actuelle probable des montants de prestations futures de l'assureur si l'assuré devient invalide.

Pour le contrat étudié, nous avons estimé un taux d'entrée global en invalidité de 0,074% à partir de plusieurs années d'historique. La charge de l'assureur correspond à la provision mathématique calculée à partir des tables du BCAC.

Etant donné que les caractéristiques démographiques du portefeuille d'adhérents sont inconnues et que nous n'avons à notre disposition que l'âge et le salaire moyen du portefeuille d'adhérent, nous considérons un tarif unique pour l'ensemble de notre portefeuille. Ce tarif est calibré sur un adhérent âgé de l'âge moyen du portefeuille (47,53 ans) et bénéficiant d'une indemnisation à hauteur de 52% du salaire, le salaire moyen de notre portefeuille étant de 34 500 euros par an. Notons qu'une trop grande dispersion autour de ces valeurs moyennes pourraient éloigner les résultats théoriques de la réalité du portefeuille.

Les résultats de la tarification indiquent que nous devons augmenter les primes de 16% afin de palier à la dégradation due à la hausse de trois ans de l'âge de départ à la retraite.

Le troisième axe étudié s'inscrit dans le cadre de la deuxième évaluation de l'ORSA. Il s'agit d'étudier l'effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite de trois ans sur les exigences en capital et sur les provisions techniques de la directive Solvabilité II.

Afin de calculer le BE de sinistres hors frais, nous avons appliqué la méthode utilisée lors du calcul des provisions mathématiques (Solvabilité 1), cependant nous avons utilisé les courbes de taux publiés par l'EIOPA pour l'actualisation des flux. L' augmentation de l'âge de départ en retraite de trois ans se traduit par une hausse du BE de sinistres hors frais et brut de réassurance de 43%.

Afin d'étudier cet effet sur les BE de primes, nous avons considéré deux cas de figures qui sont les suivants :

— Un calcul du BE de primes ne tenant pas compte de l'augmentation du tarif, mais qui tient compte de l'augmentation des prestations versées par l'assureur,
— Un calcul de BE de primes tenant compte à la fois de l'augmentation du tarif établi lors de la tarification, soit une hausse de 16% ainsi que de l'augmentation des prestations versées par l'assureur.

En ne considérant pas la hausse du tarif, le passage de l'âge de départ à la retraite à 65 ans implique une baisse du BE de primes net de réassurance de 66%. Une prise en compte de l'augmentation du tarif pour un âge de départ à la retraite à 65 ans implique une amélioration des résultats de l'assureur et cela se traduit par une augmentation du BE de primes de 13%.

Par ailleurs l'étude de l'effet de l'augmentation de l'âge de départ à la retraite de trois ans sur la solvabilité de l'assureur nous contraint de tenir compte de l'ensemble des garanties proposées par l'assureur et non uniquement de la garantie invalidité qui est la garantie étudiée ici.

L'assureur commercialise les garanties Santé, Incapacité, Invalidité, Décès, la garantie MGDC appliquée sur l'arrêt de travail au titre des précédentes garanties ainsi que les garanties rentes éducation et de conjoint.

La méthode retenue dans ce mémoire pour l'évaluation de cet effet est celle du modèle standard. D'après les actes délégués, les rentes invalidité sont exposées à des risques techniques vie. Ces rentes seront traitées dans le module de Santé SLT (santé similaire à la vie). De ce fait, les rentes d'invalidité versées par l'assureur au titre des invalides (déclarés et connus de l'assureur lors de l'établissement de ces comptes) seront traitées dans le module de risque santé SLT. De plus le BE de primes de la garantie étudiée qui regroupe les sinistres non encore survenus est classé en santé NSLT (santé non similaire à la vie).

Nous avons donc calculé l'exigence en capital au titre du module de risque santé. Les résultats obtenus au titre de ce module sont les suivants :

— 7, 4 m€ pour un départ à la retraite à 62 ans,
— 7,7 m€ pour un départ à la retraite à 65 ans sans augmentation du tarif,
— 7,8 m€ pour un départ à la retraite à 65 ans avec augmentation du tarif.

La hausse du tarif impacte à la hausse le volume de primes ainsi que l'exigence en capital au titre du sous module de risque de cessation en santé NSLT. Cela explique l'augmentation de l'exigence en capital au titre du module de risque de souscription santé lorsqu'on tient compte de la hausse du tarif.

Le module de risque de souscription santé est corrélé aux modules de risques de marché, souscription vie et de contrepartie. Ces modules ne faisant pas l'objet de ce mémoire, nous avons utilisé les résultats obtenus lors d'une étude réalisée par FIXAGE Actuariat pour le client commercialisant ces garanties. De même l'exigence en capital pour le risque opérationnel ainsi que les impôts différés sont issus de l'étude réalisée par FIXAGE Actuariat.

Le SCR obtenu dans chacun des scénarios étudiés est de :
- 17 986 641 euros pour un départ à la retraite à 62 ans,
- 18 198 875 euros pour un départ à la retraite à 65 ans sans augmentation du tarif,
- 18 241 497 euros pour un départ à la retraite à 65 ans avec augmentation du tarif.

Nous observons donc une augmentation de 1,2% du SCR pour une hausse de trois ans du départ à la retraite et une baisse des FP de 3 912K€. Cela entraîne une dégradation du ratio de solvabilité de l'assureur de 292% à 267%.

Par conséquent le scénario hypothétique basé sur une augmentation de l'âge de départ en retraite de trois ans :
- Augmente les PM et dégrade le S/P,
- Peut être légèrement compensé par une hausse de tarif,
- Dégrade le ratio de solvabilité.

Executive Summary

Following an accident or illness of working life, an employee is declared invalid when "the insured has a disability reducing by two-thirds or more ability to work or gain, that is, putting him out of state to obtain, in any occupation, a salary greater than a fraction of the normal remuneration paid in the same region by workers in the same category in the profession he exercised prior to the labor disruption".

In order to maintain the standard of living of the disabled employee, the social security provides the payment of a compensation which may be supplemented by the guarantee disability benefits offered by an insurer.

These additional benefits will be paid until the release of the insured from the state of disability or until retirement. Law No. 2010-1030 of 10 November on pension reform has fixed the legal age of retirement to 62 years and the age for obtaining a full pension to 67 for employees born after 1956.

The purpose of this thesis is to study the effect of increasing the age of retirement by three years warranty invalidity of a collective pension portfolio. This effect has been studied in three ways :

— The effect of increasing the retirement age on policy liabilities,
— The effect of increasing the retirement age on the loss experience of the portfolio and changes in the pricing of contracts to offset the increase in benefits paid by the insurer,
— An evaluation of the consequences of the increase in retirement age on the insurer's solvency ratio.

To evaluate the effect of increasing the retirement age on policy liabilities, we used the holding tables disability BCAC. These tables were compiled from statistics made on the portfolio of large group of collectives insurance and provide the number of annual input invalid by age and seniority from an initial population of 100,000 invalids.

To perform the calculation of the mathematical provision for a monthly disability pension and a retirement at age 62, we have the monthly-holding table in disability

BCAC. This allowed us to deduce a number of disabled for an entire age and a monthly disability. Therefore, we performed a double interpolation on age and seniority of the holding table BCAC on a monthly basis to derive a number of invalids for an age and exact length (not necessarily integers) noted $L^{x,anc_t}_{interpole}$.

The mathematical provision represents the sum of probabilistic flow benefits and discounted obtained from the number of disabled $L^{x,anc_t}_{interpole}$, and savor as follows :

$$PM = \sum_{t=1}^{(n-(x+anc))\cdot 12} \frac{L^{x_{exact},anc_t}_{\text{interpolé}}}{L^{x_{exact},anc_{exacte}}_{inv}} \cdot Rente \cdot \frac{1}{(1+i)^{\frac{t}{12}}},\ t \geq 1$$

Thus, the gross mathematical provision of reinsurance for retirement at age 62 is 15.6 m€ . After application of reinsurance, the amount is 8.4 m€.

An increase in the retirement age to 3 years retirement requires an extension of the holding table BCAC. This extension has been made by the working group of the Institute of Actuaries whose approach is based on the use of the TD88-90 table. Using this table implies that death is the only cause of outflow of disability status. This also implies that death laws are identical for a valid and an invalid older than 62 years.

The table extension is performed in two steps :
— Calculating survival probabilities from the TD88-90 table,
— Product of the probabilities of survival for the last number of disabled provided by the invalidity holding table BCAC of each input for each age and seniority.

The method based on linear interpolation introduced in the calculation of the mathematical provision for retirement at age 62 will be applied to the extended table to obtain the mathematical provisions for retirement at 65.

Therefore, the mathematical provision for a starting age of retirement at age 65 is 22.4 m €. After application of reinsurance, the amount is 12.1 m €. The result of the increase of three years from the age of retirement increased from 45% of net reinsurance PM for our portfolio studied.

Furthermore, we evaluated the distribution of the effect of increasing the retirement age of three age invalid at the valuation date.

We notice an increase in policy liabilities of all age groups. However, the increase in provisions is more significant on age groups composed of older disabled. This is explained

Age au 31/12/2016	Somme des provisions mathématiques pour un départ à la retraite à 62 ans	Somme des provisions mathématiques pour un départ à la retraite à 65 ans	% d'augmentation
30-53	4 880 082 €	5 695 790 €	17%
53-57	2 010 589 €	2 849 243 €	42%
57-60	1 052 717 €	2 010 930 €	91%
60-61	431 094 €	1 560 098 €	262%
>61	2 787 €	24 462 €	778%

FIGURE 0.4 – Distibution of the effect of increasing the retirement age by three years according to the age of the disabled on the valuation date

by the fact that the ratio $\frac{3\ years\ of\ invalidity}{remaining\ duration}$ is higher in older invalid. Proportionally, adding three years of disability (the probability table BCAC) increases more the remaining term of compensation for higher ages than the low ages.

To evaluate the effect of increasing the retirement age on the loss experience of the portfolio, we calculated the loss ratio for the years 2013, 2014 and 2015. The loss ratio represents the quotient by sinister bonuses. Losses include both mathematical provisions, provisions for outstanding claims and benefits paid by the insurer.

For a start retirement age to 62 years, the loss ratio of the portfolio studied are :

Départ à 62 ans: Loss Ratio net de réass						
Survenances	PSAP	PM	Pres	Pres total	Cot	S/P
2014	0 €	405 872 €	468 990 €	874 861 €	1 813 698 €	48,2%
2015	142 000 €	574 483 €	235 643 €	952 126 €	1 825 158 €	52,2%
2016	1 207 000 €	85 733 €	87 108 €	1 379 841 €	1 998 336 €	69,0%

FIGURE 0.5 – Distribution of loss ratio for retirement at age 62

To retire at 65, provisions for outstanding claims of sinisters and policy liabilities were calculated using the long-term disability in holding table by the working group of the Institute of Actuaries. We do not consider the appearance of new disabled with age of entry into disability of 63, 64 and 65 ages. Therefore the services used to calculate the loss ratio for a starting age of retirement to 65 are identical to those used for a starting age of retirement at 65.

Départ à 65 ans: Loss Ratio net de réass						
Survenances	PSAP	PM	Pres	Pres total	Cot	S/P
2014	0 €	619 608 €	468 990 €	1 088 598 €	1 813 698 €	60,0%
2015	166 000 €	713 118 €	235 643 €	1 114 761 €	1 825 158 €	61,1%
2016	1 411 000 €	109 934 €	87 108 €	1 608 042 €	1 998 336 €	80,5%

FIGURE 0.6 – Distribution du loss ratio pour un départ à la retraite à 65 ans

By increasing the payment period of 3 years service, we notice a shift in claims on all the years of occurrences.

To overcome the degradation of these results and meet its obligations to its policyholders, the insurer can increase premiums paid by policyholders. It is in this context that we have re-priced contracts taking into account the increase in three years of retirement age.

The pricing method applied in this paper is a method of load probability $\times$ where the probability is the probability of entry into disability and the charge corresponds to the expected present value of future benefit amounts of the insurer if the insured becomes disabled.

For the study contract, we estimated an overall input rate of 0.074% disability from many years of history. The burden of the insurer corresponds to the mathematical reserve calculated from BCAC tables.

Since the demographics of the membership portfolio are unknown and that we have at our disposal as age and the average salary of the member portfolio. We therefore consider a calibrated single price on an average member age of 47.53 years and a compensation amounting to 52% of salary, the average salary of our portfolio is 34 500 euros per year. Note that too much dispersion around these average values could remove the theoretical results of the portfolio reality.

The results of pricing indicate that we have to increase premiums to 16.22% to compensate for the degradation due to the increase of three years starting from the age of retirement.

The third axis is considered part of the second evaluation of ORSA. This is to study the effect of increasing the age of retirement of three years on capital requirements and the technical provisions of the Solvency II Directives.

This increase results in an increase in BE (technical provisions of the Solvency II) excluding fees and gross of reinsurance 43%.

To study this effect on premiums of BE, we considered two cases which are :

— A calculation of BE premiums disregarding the increase in the rate, but that accounts for the increase in benefits paid by the insurer,

— A calculation of BE premiums into account both the increase in the tariff established when pricing, an increase of 16% and the increase in benefits paid by the insurer.

By not considering the rate increase, passing from the retirement age to 65 implies a decline in net premiums of BE by 66%. A consideration of the rate increase for a starting retirement age to 65 implies an improvement of the results of the insurer and this translates into an increase of 13% BE premiums.

Besides the study of the effect of increasing the retirement age to retire by three years on the solvency of the insurer requires us to consider all the guarantees offered by the insurer and not only warranty disability which is the guarantee examined here.

The insurer sells guaranteed Health, Disability, Disability, Death, the MGDC guarantee applied to the work stoppage for previous guarantees and payments for education and joint annuities.

The method used in this paper for the evaluation of this effect is the standard model. According to the delegated acts, the disability pensions are at risk technically life. Whatever the classification of the guarantees to which they are linked, these rents will be processed in the module SLT Health (similar health to life). Therefore, disability pensions paid by the insurer under the Disabled (registered and known to the insurer when preparing these accounts) will be processed in the SLT health risk module. Moreover, the BE premium warranty studied is classified by NSLT health (not health similar to life).

So we calculated the capital requirement under the Health risk module. The results obtained under those module are :

— 7,4 m for retirement at age 62,

— 7.7 m for retirement at age 65 without increasing the price,

— 7.8 m for retirement at age 65 with rate increase.

The rate increase impact rising premium volume and the capital requirement under sub NSLT health risk termination module. This explains the increase in the capital requirement under the health underwriting risk module when considering the rate increase.

The health underwriting risk module is correlated to market risk modules, life underwriting and counterparty. These modules are not subject to this thesis, we used the results obtained in a study conducted by Actuarial FIXING for customer marketing these guarantees. Similarly, the capital requirement for operational risk as well as deferred tax liabilities result from the study conducted by Actuarial FIXING.

According to increase the age of retirement of three years, the SCR is :

— 17,986,641 euros for a retirement at age 62,
— 18,198,875 euros for a retirement at age 65 without increasing the price,
— 18,241,497 euros for a retirement at age 65 with rate increase.

So we see a 1.2% increase in the SCR for a three years increase of retirement and 1.4% with the rate increase. This causes a deterioration of the insurer's solvency ratio of 292% to 267%.

Therefore the hypothetical scenario based on an increase in the age of retirement of three years :

— PM increases and degrades the S/P,
— May be slightly offset by a significant price increase,
— Degrades the ratio solva.

Table des matières

I Quels sont les effets de l'augmentation de l'âge de départ en retraite sur les provisions mathématiques pour des garanties invalidité ? 27

1 Quels sont les engagements de l'assureur pour la garantie invalidité ? 30
1.1 Définition de l'invalidité au sens du code de la Sécurité Sociale 31
1.2 Les conditions d'attribution des montants d'indemnisation 32
1.3 Les montants d'indemnisation 33

2 L'évolution réglementaire de la garantie invalidité 36
2.1 La convention collective nationale des cadres du 14 mars 1947 37
2.2 Loi N^0 78-49 du 19 janvier 1978 : Mensualisation et procédure conventionnelle 37
2.3 Loi N^0 89-1009 du 31 décembre 1989 : Loi EVIN 37
2.4 Loi N^0 94-678 du 8 août 1994 : Protection sociale complémentaire des salariés 38
2.5 Ordonnance N^0 2009-106 du 30 janvier 2009 : Loi Fillon adhésion à la mutuelle obligatoire 38
2.6 Avenant N^0 38 du 27 avril 2010 : Accord National Interprofessionnel ANI 39
2.7 Loi N^0 2010-1330 du 9 novembre 2010 portant réforme des retraites . . . 40

3 Effet sur les provisions mathématiques 42
3.1 Portefeuille de prévoyance collective étudié 43
3.2 Prolongement des tables du BCAC et cadre probabiliste 47
3.3 Calcul des provisions mathématiques 56
3.4 Effet d'une augmentation de l'âge de départ en retraite sur les provisions mathématiques 66

II Comment financer la hausse de prestations dû à un allongement de la période d'indemnisation ? 68

4 Étude de la sinistralité d'un portefeuille de prévoyance collective 69
4.1 Évaluation des primes 70

4.2 Évaluation des sinistres 70
4.3 Évaluation des **Loss Ratio** 76

5 Tarification de la garantie invalidité 77
5.1 Les méthodes de tarification 78
5.2 Tarification de la garantie invalidité de notre portefeuille 79
5.3 Modèle de tarification retenue 81
5.4 Effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite sur le tarif 84

III Quels sont les effets d'une augmentation de l'âge de départ en retraite sur le bilan prudentiel ? Comment les quantifier dans le cadre de l'ORSA ? 86

6 L'évaluation du risque de changement réglementaire dans le cadre de la deuxième évaluation de l'ORSA 87
6.1 Référentiel Solvabilité 2 88
6.2 Deuxième évaluation de *L'ORSA* 91

7 L'effet d'une augmentation de l'âge de départ en retraite sur les provisions techniques 93
7.1 Provisions techniques de la garantie invalidité sous Solvabilité 2 94
7.2 Calcul de la marge de risque pour des garanties invalidité 107
7.3 Effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite sur les Provisions Solvabilité 2 109

8 Effet d'une augmentation de l'âge de départ en retraite sur le ratio de couverture du SCR 113
8.1 Les fonds propres sous solvabilité II 114
8.2 Capital de Solvabilité Requis : SCR 116
8.3 Calcul du ratio de couverture 142

IV Annexes 146

Bibliographie 156

Table des figures

0.1 Répartition de l'effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite de trois ans par âge des invalides à la date d'évaluation. 9
0.2 Distribution du loss ratio pour un départ à la retraite à 62 ans 9
0.3 Distribution du loss ratio pour un départ à la retraite à 65 ans 10
0.4 Distibution of the effect of increasing the retirement age by three years according to the age of the disabled on the valuation date 15
0.5 Distribution of loss ratio for retirement at age 62 15
0.6 Distribution du loss ratio pour un départ à la retraite à 65 ans 16
0.7 Cycle de passage d'un état à l'autre pour un individu 28

2.1 Schéma explicatif de la loi Evin 38

3.1 Comparaison de la répartition du nombre d'invalides par tranche d'âge de notre base d'invalides et de la base de gestion des allocataires 44
3.2 profession et catégorie socio-professionnelle par âge d'entrée. 47
3.3 Maintien en invalidité 51
3.4 Prolongement de la table de maintien en invalidité. 55
3.5 Étape 1 : Mensualisation de la table du BCAC pour un âge d'entrée à 47 ans et une ancienneté de 8 ans au 31/12/2016. 62
3.6 Effet de l'augmentation de la durée d'indemnisation par âge d'entrée . . . 66
3.7 Répartition des PM par âge réel des assurés. 66

4.1 Triangle non cumulé de la déclaration des sinistres. 73
4.2 Triangle cumulé et facteurs de développement. 74
4.3 Triangle complet de la déclaration des sinistres. 74
4.4 Loss ratio pour un départ à la retraite à 62 et 65 ans 76

5.1 Schématisation de l'évolution de l'engagement de l'assureur 80
5.2 Schématisation de l'évolution de l'engagement de l'assuré 81
5.3 Cycle de passage d'un état à l'autre pour un individu 82

6.1 Les piliers de la directive Solvabilité II. 89

7.1 Bilan Solvabilité II. 94
7.2 Publication des taux sans risque par l'EIOPA. 95

7.3 Triangle non cumulé de la déclaration des sinistres. 102
7.4 Triangle cumulé et facteurs de développement. 103
7.5 Triangle complet de la déclaration des sinistres. 103
7.6 Répartition de la charge de sinistre selon la cadence de déclaration de sinistre. 105
7.7 Seconde répartition de la charge de sinistre selon la cadence de règlement de l'individu moyen. 105
7.8 Seconde répartition de la charge de sinistre selon la cadence de règlement de l'individu moyen départ à 65 ans. 106
7.9 Flux pour le calcul du BE de primes. 107
7.10 Effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite de trois ans sur les BE de sinistres hors frais. 109
7.11 Effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite de trois ans sur les BE de sinistres hors frais. 110
7.12 Effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite sur les BE de sinistres selon l'âge d'entrée et l'ancienneté. 111

8.1 Bilan prudentiel S2. 114
8.2 Structure du SCR. 116
8.3 Flux pour le calcul du BE de primes cédée. 131
8.4 Flux pour le calcul du BE de primes cédée. 131
8.5 Effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite de trois ans sur les PM (tête par tête). 147
8.6 Cycle de passage d'un état à l'autre pour un individu 149
8.7 Établissement d'un tarif de la garantie invalidité avec passage en incapacité. 150
8.8 Établissement d'un tarif de la garantie invalidité sans passage par l' incapacité. 152
8.9 Effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite de trois ans sur les PM (tête par tête). 153

Liste des tableaux

1.1 Récapitulatif des montants d'indemnisation versés par la Sécurité Sociale . 34

2.1 Âges de départ à la retraite suite à la réforme 40

3.1 Répartition des assurés par âge d'entrée 43
3.2 Répartition du nombre d'assurés par tranche d'âges 44
3.3 Répartition des assurés par ancienneté et par durée maximale d'invalidité restante. 45
3.4 Montant de prestations annuelle. 45
3.5 Répartition des montants de prestations annuelle 46
3.6 Structure de la table de maintien en invalidité 50
3.7 Table de maintien en invalidité pour un âge d'entrée à 40 ans. 53
3.8 Nombre de vivants extrait de la TD88-90. 53
3.9 Probabilité de survie. 54
3.10 Exemple de prolongement de la table du BCAC. 54
3.11 Informations sur l'assuré 58
3.12 Proba de maintien : départ à 62 ans 58
3.13 Proba de maintien : départ à 65 ans 58
3.14 Flux de prestations : départ à 62 ans 60
3.15 Flux de prestations : départ à 65 ans 60
3.16 Informations sur l'assuré 65

4.1 Primes par année de survenance. 70
4.2 Prestations brutes de réass par année de survenance : départ à 62 ans. . . 71
4.3 PM par année de survenance : départ à 62 ans. 71
4.4 PM par année de survenance : départ à 65 ans. 72

7.1 informations sur l'assuré 98
7.2 Cadence annuelle de l'individu référent. 104
7.3 Répartition des assurés par ancienneté 111

8.1 Provisions techniques sous solvabilité 2. 114
8.2 Fonds propre du bilan prudentiel. 115
8.3 Choc morbidité pour un départ à 62 ans. 121
8.4 Choc morbidité pour un départ à 65 ans. 121

8.5 Chocs pour le module de risque Santé SLT. 123
8.6 Chocs pour le module de risque Santé SLT. 123
8.7 Cotisations sur 2016 et 2017 sans augmentation du tarif pour un départ à 62 et 65 ans. 125
8.8 Cotisations sur 2016 et 2017 avec augmentation du tarif pour un départ à 65 ans. 126
8.9 BE de sinistres sur 2016 départ à la retraite à 62 ans. 127
8.10 BE de sinistres sur 2016 départ à la retraite à 65 ans. 127
8.11 Écarts types par segment et par risque fournis dans les actes délégués. . . 128
8.12 Chocs pour le module de risque Santé NSLT. 132
8.13 Chocs pour le module de risque Santé NSLT. 132
8.14 Chocs pour le module de risque Santé NSLT. 132
8.15 Exigence en capital. 138
8.16 Exigence en capital. 138
8.17 Catastrophe Santé. 138
8.18 Exigence en capital. 140
8.19 Exigence en capital sans augmentation du tarif. 141
8.20 Exigence en capital avec augmentation du tarif. 141
8.21 Provisions techniques sous solvabilité 2. 142
8.22 Fonds propre du bilan prudentiel. 143
8.23 Fonds propre du bilan prudentiel. 143
8.24 La matrice de corrélation des modules de risque pour le calcul du SCR . . 154
8.25 La matrice de corrélation des modules de risque pour le calcul du SCR santé SLT 154
8.26 La matrice de corrélation des modules de risque pour le calcul du SCR santé154

Introduction

Les régimes de prévoyance ont pour objet «*la prévention et la couverture du risque décès, des risques portant atteinte à l'intégrité physique de la personne ou liés à la maternité ou des risques d'incapacité de travail, d'invalidité ou du risque de chômage*».

La prévoyance collective est un régime dans lequel une personne morale souscrit des garanties de prévoyance au profit d'un groupe de personnes ayant un lien objectif entre elles, par exemple une entreprise peut souscrire un contrat pour ses salariés. La mise en place de ce régime de prévoyance est le résultat de quatre supports juridiques : la convention collective, l'accord collectif, le référendum et la décision unilatérale de l'employeur.

Dans le cadre de ce mémoire, nous nous intéresserons uniquement à la garantie invalidité des contrats de prévoyance collective. L'invalidité concerne les salariés qui du fait de leur état de santé, sont inaptes à mener une vie active, en particulier une vie professionnelle. Ces salariés présentent une invalidité réduisant au moins de deux tiers leur capacité de travail ou de gain. La sécurité sociale prévoit le versement d'indemnités pour les assurés en état d'invalidité mais elles ne couvrent pas totalement la perte de salaire subie par l'assuré. La garantie invalidité des contrats de prévoyance collective a pour objectif d'indemniser les assurés afin de combler leur manque à gagner.

Pour pouvoir verser ses prestations et respecter ses engagements vis-à-vis de ses assurés, l'assureur doit constituer des provisions techniques. Les provisions techniques sont réglementées à travers divers textes de loi, en particulier la loi Evin du 31 décembre 1989 et l'arrêté du 28 mars 1996. Ces textes de loi préconisent entre autres, l'utilisation d'une table d'expérience certifiée ou l'utilisation des tables réglementaires de maintien du bureau commun des assurances collectives (BCAC). Les lois de maintien du BCAC sont établies à partir des statistiques effectuées sur le portefeuille de grands groupes d'assurance collective. Les provisions techniques dépendent également de certains facteurs, le plus important étant l'âge de départ en retraite.

Le 10 novembre 2010, la loi sur la réforme des retraites a été promulguée et publiée au journal officiel. Suite à cette réforme, l'âge légal de départ à la retraite est passé de 60 à 62 ans et l'âge d'obtention du taux plein est passé de 65 à 67ans pour les salariés nés après 1956. Cette réforme s'est traduite par une augmentation de la durée de versement des rentes d'invalidité pour les salariés. Afin de compenser le coût supplémentaire induit par le prolongement de la durée de versement, les assureurs ont augmenté les cotisations.

Dans le cadre des élections présidentielles de 2017, plusieurs candidats ont proposé de procéder à une refonte en profondeur du régime de retraites en procédant à une modification des règles en matière de liquidation des droits et de l'âge de départ en retraite. Ces propositions ont alors amené de nombreux assureurs à s'interroger sur l'effet d'une augmentation de l'âge de la retraite sur leurs portefeuilles prévoyance. De plus dans

la Préparation à Solvabilité 2, publiée le 3 avril 2015 par l'ACPR, « *les organismes sont invités à étudier des scénarios extrêmes qui mettraient en défaut leur solvabilité* [...] *dont un nouvel allongement de l'âge légal de départ à la retraite*». Une modification de l'âge de départ à la retraite modifierait la période de versement des indemnités et entraînerait l'apparition de nouveaux invalides. Par conséquent, les montants de provisions techniques à constituer devraient augmenter, aussi bien dans les comptes sociaux que dans le bilan prudentiel Solvabilité II. Les tables de maintien utilisées pour le calcul des provisions techniques devraient également être prolongées suite à la modification de l'âge de départ à la retraite.

L'objectif de ce mémoire est d'étudier l'effet d'une augmentation de l'âge de départ à la retraite sur les garanties invalidité d'un portefeuille de prévoyance. Nous retenons l'hypothèse d'un passage de l'âge légal de départ à la retraite à 65 ans. Pour évaluer cet effet, nous définirons dans un premier temps la garantie invalidité et les effets de l'allongement de la période d'indemnisation sur les provisions mathématiques. Dans un second temps, nous proposerons une tarification permettant de compenser l'augmentation des prestations que devraient verser les assureurs. Ensuite, nous étudierons les provisions *Best Estimate* des comptes prudentiels et évaluerons les conséquences de l'augmentation de l'âge de départ en retraite sur celles-ci ainsi que sur le ratio de couverture dans le cadre de la deuxième évaluation de l'*ORSA*.

Première partie

Quels sont les effets de l'augmentation de l'âge de départ en retraite sur les provisions mathématiques pour des garanties invalidité ?

En assurance nous pouvons distinguer deux catégories : l'assurance dommages et l'assurance de personnes. L'assurance dommages est composée de l'assurance de biens et de responsabilités alors que l'assurance de personnes représente tout type d'assurance lié à un risque qui pourrait porter atteinte à la vie, la santé ou l'intégrité physique d'un assuré.

L'assurance de personnes est à son tour composée d'une partie prévoyance (Maladie et accidents corporels) et d'une partie épargne-retraite. La prévoyance représente l'ensemble des contrats d'assurance de personnes offrant des garanties de versements de prestations aux assurés en cas de réalisation des risques de prévoyance. Le marché de la prévoyance offre :

— deux types de contrats : la prévoyance collective et la prévoyance individuelle
— plusieurs garanties : la garantie arrêt de travail (incapacité temporaire, invalidité, infirmité, mensualisation etc...) et la garantie décès.

Au sein de la garantie arrêt de travail, il est possible pour un individu valide de passer d'un état à un autre. Les états possibles sont les suivants : validité, décès, incapacité et invalidité.

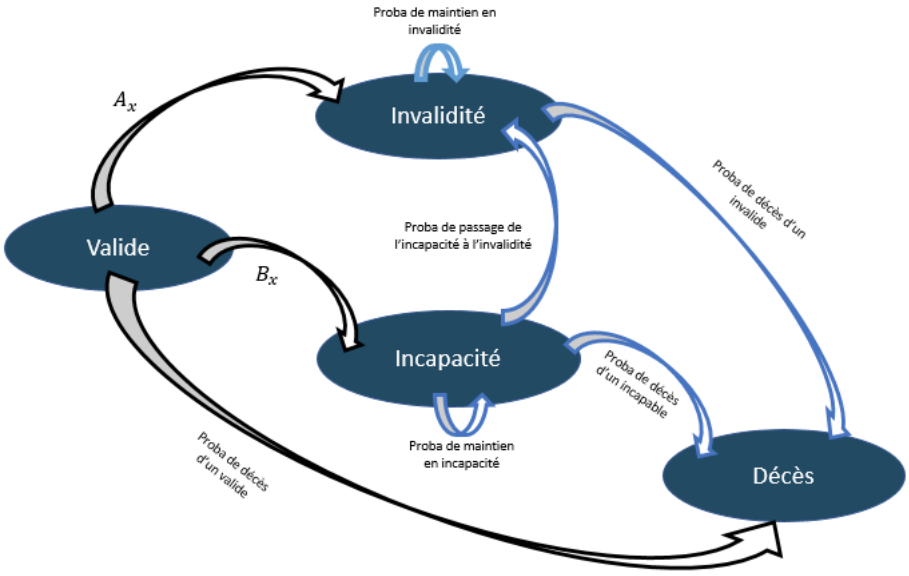

FIGURE 0.7 – Cycle de passage d'un état à l'autre pour un individu

Nous nous intéressons à la garantie invalidité de la prévoyance collective. Dans cette première partie, trois axes seront étudiés :

— Le premier chapitre présente la garantie invalidité et les conditions à remplir quant aux versements des prestations pour les invalides. Nous étudierons également les montants d'indemnisations versés aux invalides.
— Le second chapitre parle de l'environnement réglementaire, nous retracerons ainsi l'évolution de la garantie invalidité à travers différents textes de loi.

— Le dernier chapitre évalue l'effet de l'âge de départ en retraite sur les provisions mathématiques. Le cheminement de cette évaluation implique une meilleure connaissance de notre portefeuille de prévoyance collective, l'utilisation de la table fournie par le BCAC suite à la reforme des retraites de 2010 et l'utilisation de la table prolongée par le groupe de travail de l'I.A pour un âge de départ à la retraite à 65 ans.

Chapitre 1

Quels sont les engagements de l'assureur pour la garantie invalidité ?

Sommaire

1.1 Définition de l'invalidité au sens du code de la Sécurité Sociale 31
1.2 Les conditions d'attribution des montants d'indemnisation . 32
1.3 Les montants d'indemnisation 33
1.3.1 La pension d'invalidité versée par la Sécurité Sociale 33
1.3.2 La rente d'invalidité versée par l'assurance complémentaire . . 34
1.3.3 Exemple sur le montant d'indemnisation perçu par l'assuré . . 35

1.1 Définition de l'invalidité au sens du code de la Sécurité Sociale

Le constat d'une personne en invalidité dépend des critères fixés par la Sécurité Sociale. L'article L341-1 du code de la Sécurité Sociale stipule : l'invalidité est constatée lorsque l'assuré « présente une invalidité réduisant de 2/3 ou plus sa capacité de travail ou de gain, c'est à dire le mettant hors d'état de se procurer, dans une profession quelconque, un salaire supérieur à une fraction de la rémunération normale perçue dans la même région par des travailleurs de la même catégorie, dans la profession qu'il exerçait avant la date de l'interruption de travail ».

Après un accident ou une maladie (de la vie professionnelle ou privée), l'état de santé peut s'améliorer ou s'aggraver. Un salarié est déclaré invalide après la stabilisation de son état et un examen médical par le médecin-conseil de la CPAM sur ordre de la Sécurité Sociale.
L'évaluation de l'invalidité par le médecin fait appel à différents barèmes :

- le barème fonctionnel : ce barème est utilisé lorsque l'invalidité est due à un accident ou une maladie de la vie privée. Donc il ne tient pas compte de l'activité professionnelle du salarié et permet d'évaluer les conséquences de l'invalidité sur le quotidien du salarié. L'invalidité fonctionnelle est établie à l'aide du « barème indicatif d'évaluation des taux d'incapacités en droit commun ».
- le barème professionnel : comme son nom l'indique, il s'agit d'évaluer les conséquences de l'invalidité sur l'activité professionnelle. Pour cette évaluation on tiendra compte des conditions dans lesquelles l'activité professionnelle était exercée.
- le barème croisé : pour déterminer le taux d'invalidité, ce barème fait appel aux taux d'invalidité professionnelle et fonctionnelle.

Le médecin de la CPAM intervient également lors de l'évaluation de l'importance de l'invalidité. Nous pouvons distinguer 3 catégories d'invalidités :

- 1ère catégorie : la capacité de travail de l'assuré est réduite de 2/3, mais il peut occuper certains postes. Par conséquent l'assuré peut exercer une activité rémunérée malgré son invalidité.
- 2ème catégorie : l'assuré est dans l'impossibilité d'exercer une activité professionnelle quelconque.
- 3ème catégorie : l'assuré est dans l'impossibilité d'exercer une activité professionnelle et son état nécessite l'assistance d'une tierce personne pour effectuer les actes ordinaires de la vie courante.

Les actes ordinaires de la vie courante sont les suivantes : manger, faire sa toilette, s'habiller, faire ses besoins, se déplacer à l'intérieur de son domicile, pouvoir quitter son domicile en cas de danger, se relever après une chute au sol etc...

Par ailleurs il est important de savoir que quelle que soit la catégorie dans laquelle la personne est reconnue invalide, aucun texte réglementaire ne s'oppose à la reprise d'une activité professionnelle, le salarié peut donc reprendre son activité professionnelle que

cela soit à temps partiel ou à temps plein à condition qu'il soit apte au poste de travail. En effet, un salarié peut être inapte sans forcément être invalide car l'inaptitude est déterminée par la médecine du travail et non celle de l'assurance maladie et de plus l'état d'inaptitude s'apprécie par rapport à l'emploi occupé. Par exemple un pilote d'avion ayant une baisse de l'acuité visuelle peut-être déclaré inapte au pilotage alors qu'il peut bien occuper un emploi administratif. Il est aussi important de noter qu'une reprise d'une activité professionnelle entraîne une réduction des garanties invalidité.

1.2 Les conditions d'attribution des montants d'indemnisation

Les prestations reçues par l'assuré sont la somme d'une prestation versée par la Sécurité Sociale (pension d'invalidité) et d'une prestation versée par l'assurance complémentaire (rente d'invalidité) que nous définirons par la suite.

Afin de percevoir la pension d'invalidité,
- Le salarié doit-être affilié à la Sécurité Sociale depuis au moins 12 mois à partir du 1er jour du mois au cours duquel est survenue soit l'interruption de travail suivie d'invalidité soit la constatation de l'état d'invalidité résultant de l'usure,
- Le salarié doit avoir cotisé sur la base d'une rémunération au moins égale à 2030 fois le smic horaire (2030*9,69) au cours des 12 mois civils précédant l'interruption de travail ou avoir travaillé au moins 600 heures au cours des 12 mois précédent l'interruption de travail ou la constatation de l'état d'invalidité,
- Le salarié doit avoir travaillé au moins 800 heures (dont 200 heures au cours des 3 premiers mois),
- L'assuré n'a pas encore atteint l'âge de départ à la retraite.

L'état d'invalidité d'un assuré peut être dû à un accident ou une maladie professionnelle ou non professionnelle.

Invalidité due à un accident ou une maladie de la vie professionnelle

On parle d'incapacité permanente si l'invalidité fait suite à un accident ou une maladie professionnelle (par exemple sur un lieu de travail, sur le chemin menant au travail ou sur le chemin de retour). Un taux d'incapacité permanente partielle (taux d'IPP) est attribué au salarié. Ce taux est fonction de la nature de l'infirmité, des aptitudes, de la qualification professionnelle et du barème professionnel. La nature de la pension d'invalidité dépendra du taux d'IPP. En effet, si le taux d'IPP est inférieur à 10%, l'assuré bénéficie d'une indemnité en capital sinon il bénéficiera d'une indemnité en rente. La pension d'invalidité versée dans le cas d'une incapacité permanente ne fait pas l'objet d'un délai de carence.

Invalidité due à un accident ou une maladie de la vie non professionnelle

On parle d'invalidité permanente si l'invalidité fait suite à un accident ou une maladie de la vie privée. Comme mentionné dans la partie précédente, le médecin procède à une évaluation de l'état du salarié en tenant compte de la capacité restante du salarié et de l'ensemble des possibilités d'emplois existants. Selon la gravité, l'invalidité de l'assuré sera classée selon les catégories définies précédemment.
Le mémoire ne traitera pas l'invalidité due à un accident ou une maladie de la vie professionnelle.

1.3 Les montants d'indemnisation

1.3.1 La pension d'invalidité versée par la Sécurité Sociale

La pension d'invalidité versée par la Sécurité Sociale dépend de la cause de l'invalidité. En effet, la pension d'invalidité est plus importante dans le cas ou l'invalidité de l'assuré est due à un accident ou une maladie professionnelle.

Pour une invalidité due à un accident ou une maladie de la vie professionnelle

L'assuré bénéficie d'une indemnité en capital si le taux d'IPP $< 10\%$. Ces montants d'indemnités sont fixés par décret, forfaitaire et variable selon le taux d'incapacité. Les montants varient de 411,12 € (pour un taux d'IPP à 1%) à 4 110,06 € (pour un taux d'IPP à 9%).

L'assuré bénéficie d'une rente d'incapacité permanente si le taux d'IPP $> 10\%$. Plus particulièrement, une rente trimestrielle sera versée lorsque le taux est compris entre 10 et 50%. Cette rente devient mensuelle si le taux est supérieure à 50%. Les rentes sont calculées sur la base des 12 derniers mois précédant l'arrêt de travail et sont exonérées de CSG, de CRDS et ne sont pas soumises à l'impôt sur le revenu. Si le salarié ne peut pas effectuer seul les actes de la vie courante, il peut bénéficier de la prestation complémentaire pour recours à tierce personne. Cette prestation dépend des besoins d'assistance.

Pour une invalidité due à un accident ou une maladie non professionnelle

La pension d'invalidité versée par la Sécurité Sociale est fonction du salaire annuel mais aussi de la catégorie d'invalidité. L'assurance maladie, prend en compte le salaire annuel moyen sur les 10 meilleures années d'activité (dans la limite du plafond annuel de la Sécurité Sociale). La pension d'invalidité pour chaque catégorie est la suivante :

- 1ère catégorie : 30% du salaire moyen (avec un minimum de 282,78€ et un maximum de 980,70€),
- 2ème catégorie : 50% du salaire moyen (avec un minimum de 282,78€ et un maximum de 1 634,50€),
- 3ème catégorie : 50% du salaire moyen + une majoration pour tierce personne. Le montant minimum pour une invalidité de catégorie 3 est de 1 390€ et le maximum est de 2 742€.

Le tableau ci-dessous résume les montants d'indemnisation versés par la Sécurité Sociale.

Cause de l'arrêt	Contexte privé	Contexte professionnel
Facteur déterminant	Catégorie d'invalidité	Taux d'invalidité
Prestations	1ère catégorie : 30% du salaire 2e catégorie : 50% du salaire 3e catégorie : 50% du salaire + majoration	<10% : montant forfaitaire >10% : rente

TABLE 1.1 – Récapitulatif des montants d'indemnisation versés par la Sécurité Sociale [2]

1.3.2 La rente d'invalidité versée par l'assurance complémentaire

A la suite d'un accident ou d'une maladie ayant entraîné une invalidité de l'assuré, la Sécurité Sociale verse une pension d'invalidité (sous forme de capital ou de rente voir la partie précédente). Cette pension est insuffisante pour maintenir un niveau de vie équivalent à ce que l'assuré avait avant la réalisation du risque. Cela explique la mise en place d'une couverture complémentaire. Nous nous plaçons dans le cadre du contrat de prévoyance collective proposé par notre assureur. La rente d'invalidité versée par notre assureur au titre de cette garantie s'adresse à tout salarié (adhérent) n'ayant pas encore atteint l'âge légal de départ à la retraite (ici 65 ans) en état d'invalidité permanente totale ou partielle reconnue et prise en charge par la Sécurité Sociale. La rente d'invalidité varie en fonction de l'importance de l'invalidité. A titre d'exemple, pour certains des contrats proposés par notre assureur, nous avons les caractéristiques suivantes :

— 1ère catégorie d'invalidité : pour une maladie ou un accident du travail ayant entraîné un taux d'incapacité permanente compris entre 33% et 65% reconnu par la Sécurité Sociale, notre garantie invalidité prévoit le versement en net de 50% du salaire brut de référence (prestations versées par la Sécu sociale comprises sans que la totalité des ressources ne dépasse 100% du salaire net),
— 2ème et 3ème catégories d'invalidité : pour une maladie ou un accident du travail ayant entraîné un taux d'incapacité permanente d'au moins 65% reconnu par la Sécurité Sociale, notre garantie invalidité prévoit le versement en net de 85% du salaire brut de référence (prestations versées par la Sécurité Sociale comprises sans que la totalité des ressources ne dépasse 100% du salaire net).

Dans le cas où l'indemnisation totale reçue par le salarié dépasse 100% du salaire net, ces prestations seront réduites en conséquence.

L'invalidité faisant suite à un accident ou une maladie de la vie professionnelle n'est pas couverte par la garantie invalidité proposée par notre assureur.

1.3.3 Exemple sur le montant d'indemnisation perçu par l'assuré

Le salaire brut de référence d'un salarié est de 2 245 €, soit un salaire net de 1 728,65 €. La pension d'invalidité payée par la Sécurité Sociale est de 1 150 €. Ce montant est insuffisant pour maintenir le niveau de vie de l'assuré. L'entreprise avait mis en place une convention collective pour l'ensemble de ses salariés, par conséquent, l'assurance complémentaire s'était engagée à payer 85% de son salaire brut de référence soit 1 908,25 €. Or le montant d'indemnisation total perçu par l'assuré ne doit pas dépasser 1 728,65 €, par conséquent le montant versé par l'assurance complémentaire sera de 578,65 €.

Chapitre 2

L'évolution réglementaire de la garantie invalidité

Sommaire

2.1 **La convention collective nationale des cadres du 14 mars 1947** **37**
2.2 **Loi N^0 78-49 du 19 janvier 1978 : Mensualisation et procédure conventionnelle** **37**
2.3 **Loi N^0 89-1009 du 31 décembre 1989 : Loi EVIN** **37**
2.4 **Loi N^0 94-678 du 8 août 1994 : Protection sociale complémentaire des salariés** **38**
2.5 **Ordonnance N^0 2009-106 du 30 janvier 2009 : Loi Fillon adhésion à la mutuelle obligatoire** **38**
2.6 **Avenant N^0 38 du 27 avril 2010 : Accord National Interprofessionnel ANI** **39**
2.7 **Loi N^0 2010-1330 du 9 novembre 2010 portant réforme des retraites** **40**

2.1 La convention collective nationale des cadres du 14 mars 1947

Selon l'article 7 de la convention collective nationale des cadres du 14 mars 1947, toutes les entreprises du secteur privé qui entrent dans le champ d'application de cet article sont tenues de couvrir les cadres en décès et en arrêt de travail tant qu'ils font partie des effectifs et qu'ils n'ont pas atteint l'âge légal de départ en retraite.

Cet article prévoit le versement à la charge exclusive de l'employeur, d'une cotisation de 1,50% de la tranche A permettant de couvrir les salariés cadres en cas d'arrêt de travail ou de décès. Dans le cas où l'employeur ne justifie pas avoir souscrit un contrat comportant le versement de cette cotisation, il sera tenu de verser aux ayants droit du cadre, une somme égale à 3 fois le plafond de la sécurité sociale.

2.2 Loi N^0 78-49 du 19 janvier 1978 : Mensualisation et procédure conventionnelle

Suite à un accord interprofessionnel de 1977, la loi $n^0 78 - 49$ du 19 janvier 1978 relative à la mensualisation et à la procédure conventionnelle a engendré de nombreux droits pour les salariés. Parmi ces droits, nous pouvons citer la mensualisation des salaires qui consiste au versement d'une unique paie par mois quel que soit le nombre de jours travaillés dans le mois.

Cette loi impose également aux employeurs le maintien des revenus des salariés en cas de maladie. En effet, si l'arrêt de travail est dû à un accident ou une maladie professionnelle, l'indemnisation versée par l'employeur intervient dès le 1^{er} jour. Ce délai sera augmenté de 7 jours si l'arrêt de travail n'est pas dû à un accident ou une maladie professionnelle. L'indemnisation de l'employeur vient compléter celle de la sécurité sociale qui est versée après un délais de carence de 3 jours.

Ainsi, le salarié percevra au total 90% de son salaire brut pendant les 30 premiers jours et 66,66% de son salaire brut pendant les 30 jours suivants. Ces durées sont augmentées de 10 jours par période de 5 ans d'ancienneté supplémentaire, avec un maximum de 90 jours.

2.3 Loi N^0 89-1009 du 31 décembre 1989 : Loi EVIN

La loi n^0 89-1009 du 31 décembre 1989 renforçant les garanties offertes aux personnes assurées contre certains risques, dite loi Evin s'applique au contrat professionnel.

L'article 7 de la loi Evin met l'accent sur le maintien des prestations en cours de service pour les assurés au niveau déjà atteint même en cas de disparition de la couverture.

Cependant l'assureur n'a pas d'obligation de revalorisation des rentes invalidité après résiliation du contrat.

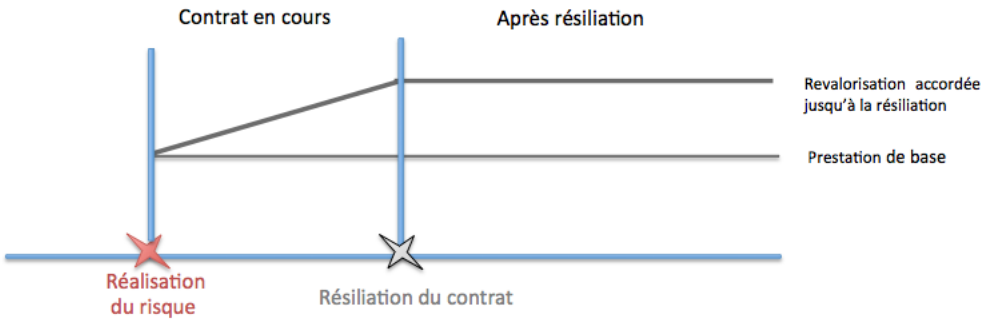

FIGURE 2.1 – Schéma explicatif de la loi Evin

Outre l'article 7 de cette loi, les articles 2, 4 et 5 stipulent que l'assureur doit prendre en charge toutes les conséquences d'états pathologiques antérieurs connus, non connus laissant apparaître un trouble de santé de l'assuré. De plus, pour une garantie invalidité d'un contrat de prévoyance collective, l'assureur doit établir un tarif unique pour l'ensemble du groupe.

2.4 Loi N^0 94-678 du 8 août 1994 : Protection sociale complémentaire des salariés

La loi du 8 août 1994 vient compléter la loi Evin concernant le maintien des garanties en cas de changement d'organisme assureur. En effet, la loi du 8 août précise que l'entreprise souscriptrice a pour obligation de revaloriser les prestations versées par l'ancien assureur. Généralement ce n'est pas l'entreprise souscriptrice qui revalorise les rentes versées par l'ancien assureur, c'est au nouvel assureur de prendre en charge le montant de revalorisation.

2.5 Ordonnance N^0 2009-106 du 30 janvier 2009 : Loi Fillon adhésion à la mutuelle obligatoire

La loi Fillon du 21 août 2003 a modifié les articles L242-1 et L236-2 du code de la sécurité sociale et vient renforcer les dispositions prévues par la loi Evin. Tous les régimes

de protection sociale mis en place au sein des entreprises doivent à partir de janvier 2005 faire l'objet d'une adhésion obligatoire et collective et respecter les dispositions suivantes :

- les prestations de mutuelle, prévoyance et de retraite doivent être versées par un organisme habilité,
- respect de la procédure prévue à l'article L911-1 du code de la sécurité sociale pour la mise en place du régime de prévoyance et de retraite,
- les contributions ne doivent pas se substituer à un élément de rémunération déjà en place.

Ces dispositions doivent être respectées pour bénéficier de la déductibilité des cotisations, si elles ne sont pas respectées les contributions patronales seront requalifiées en complément de salaire et soumises à cotisations.

2.6 Avenant N^0 38 du 27 avril 2010 : Accord National Interprofessionnel ANI

L'ANI est entrée en vigueur le 1er juillet 2009 et prévoit le maintien des garanties santé et prévoyance pour les personnes au chômage. De plus cet accord indique qu'en cas de rupture de contrat de travail ouvrant droit à la prise en charge par l'assurance chômage, un mécanisme de portabilité est mis en place. L'article 14 de cet accord stipule que « *les intéressés garderont le bénéfice des garanties des couvertures complémentaires santé et prévoyance appliquées dans leur ancienne entreprise pendant leur période de chômage et pour des durées égales à la durée de leur dernier contrat de travail, appréciée en mois entiers, dans la limite de neuf mois de couverture* ». Donc pour bénéficier du maintien de garantie, il faut obligatoirement que les droits d'accès à la couverture complémentaire aient été ouverts chez le dernier employeur.

Le financement de cette garantie est « *assuré conjointement par l'ancien employeur et l'ancien salarié dans les proportions et dans les conditions applicables aux salariés de l'entreprise ou par un système de mutualisation défini par accord collectif. A défaut d'accord collectif, ce système de mutualisation peut être mis en place dans les autres conditions définies à l'article L.911-1 du code de la sécurité sociale* ».

Par ailleurs, cette portabilité pourrait inciter à des arrêts de travail abusifs ou même entraîner des fraudes et quelques clauses y ont été introduites afin d'y remédier : « *les droits garantis par le régime de prévoyance au titre de l'incapacité temporaire ne peuvent conduire l'ancien salarié à percevoir des indemnités d'un montant supérieur à celui des allocations chômage qu'il aurait perçu au titre de la même période.* » mais cette limitation ne s'applique pas à l'invalidité.

Et enfin, l'Accord national interprofessionnel conclu entre trois organisations patronales (Medef, CGPME, UPA) et trois syndicats (CFDT, CFE-CGC, CFTC) le 11 janvier

2013 vient renforcer les droits sociaux des salariés et des employeurs notamment sur l'amélioration de l'effectivité de la portabilité de la couverture santé et prévoyance ainsi que l'introduction par les partenaires sociaux d' une extension de l'ANI de 3 mois. A noter également l'allongement de la portabilité à 12 mois financé par mutualisation.

2.7 Loi N^0 2010-1330 du 9 novembre 2010 portant réforme des retraites

L'augmentation de l'espérance de vie, le départ à la retraite des baby-boomers, la baisse du taux de natalité ainsi que l'augmentation du taux de chômage, ont pour conséquence une détérioration de la situation financière des régimes de retraites. Pour y remédier plusieurs réformes ont été mises en place, des réajustements sont effectués dans le but de résoudre le problème de financement des retraites.

Le 10 novembre 2010, la loi portant sur la reforme des retraites a été promulguée et publiée au journal officiel. Suite à cette réforme, l'âge légal de départ en retraite est passé de 60 à 62 ans et l'âge d'obtention du taux plein est passé de 65 à 67 ans pour les salariés nés après 1956. Quant aux salariés nés entre 1951 et 1955, la réforme prévoit une période transitoire avec une progression successive d'au moins 4 mois pour les âges de départ à la retraite et d'obtention du taux plein. La Loi de financement de la Sécurité sociale du 21 décembre 2011, raccourcit la période transitoire et, en conséquence, avance l'atteinte de la cible de 62 ans en 2017 au lieu de 2018.

Année de naissance	Age de départ à la retraite
Jusqu'à 1950	60 ans
1951	60 ans et 4 mois
1952	60 ans et 9 mois
1953	61 ans et 2 mois
1954	61 ans et 7 mois
1955 et au délà	62 ans

TABLE 2.1 – Âges de départ à la retraite suite à la réforme

Comme les montants d'invalidité dépendent fortement de l'âge de départ en retraite, cette réforme s'est traduite par une augmentation de la durée de versement des rentes d'invalidité pour les salariés et une augmentation des cotisations.

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons retenu l'hypothèse d'un âge de départ à la retraite à 65 ans, soit une augmentation de l'âge de départ en retraite de 3 années. Par conséquent, nous devrons servir des prestations d'invalidité pour trois années supplémentaires et constituer les provisions équivalentes.

Le prochain chapitre permet d'évaluer l'effet de cette augmentation sur les provisions mathématiques.

Chapitre 3

Effet sur les provisions mathématiques

Sommaire

3.1 Portefeuille de prévoyance collective étudié 43
3.1.1 La répartition des assurés par âge 43
3.1.2 La répartition des assurés par ancienneté 45
3.1.3 La répartition des montants de prestations annuelle 45
3.1.4 La répartition de l'âge moyen d'entrée par profession et catégorie socio-professionnelle 46
3.2 Prolongement des tables du BCAC et cadre probabiliste . . 47
3.2.1 Cadre probabiliste et fonction de survie 47
3.2.2 Les tables fournies par le BCAC 50
3.2.2.1 Lois de maintien en invalidité pour un âge de départ à la retraite à 62 ans 50
3.2.2.2 Prolongement des lois de maintien en invalidité pour un âge de départ à la retraite à 65 ans 53
3.3 Calcul des provisions mathématiques 56
3.3.1 Réglementations concernant les provisions mathématiques . . . 56
3.3.2 Calcul des provisions mathématiques par formule fermée 56
3.3.2.1 Provisionnement pour les rentes d'invalidité annuelles 57
3.3.2.2 Provisionnement pour les rentes d'invalidité mensuelles 61
3.4 Effet d'une augmentation de l'âge de départ en retraite sur les provisions mathématiques 66

3.1 Portefeuille de prévoyance collective étudié

Le portefeuille de prévoyance collective étudié regroupe différentes entreprises ayant souscrit des contrats de prévoyance collective à adhésion obligatoire pour l'ensemble de ses salariés. Ces contrats résultent d'une convention collective. Notre base regroupe un peu moins de 30 000 adhérents, répartis entre 114 entreprises souscriptrices. Parmi ces assurés, seulement 1887 assurés sont en arrêt maladie avec 154 invalides au 31/12/2016.

Une série de statistiques descriptives sera effectuée afin d'avoir une meilleure connaissance de notre portefeuille d'invalides. Les résultats fournis par ces statistiques seront utilisés lors de la tarification (cf. Partie II) et du calcul du Best Estimate (cf. Partie III).

A partir des informations de la base, nous avons calculé certaines variables nécessaires à l'analyse statistique de notre base.
- L'âge de chaque assuré lors de la survenance du sinistre,
- L'âge réel au 31/12/2016,
- L'ancienneté dans l'état d'invalidité vue au 31/12/2016,
- La durée restante de versement des flux de prestations.

3.1.1 La répartition des assurés par âge

En moyenne l'âge d'entrée en invalidité est de 47,53 ans et l'âge moyen du portefeuille d'invalide est de 55,76 ans au 31/12/2016. Par conséquent la durée moyenne d'invalidité restante à provisionner par les assureurs est de 6 ans pour un âge de départ à la retraite à 62 ans. Cette durée sera augmentée de 3 ans pour un départ à la retraite à 65 ans.

Âge d'entrée en invalidité		Âge au 31/12/2016
Minimum	27,69	30,90
1er quartile	42,75	52,97
Médiane	48,47	57,59
3e quartile	53,66	60,14
4e quartile	59,50	61,99

TABLE 3.1 – Répartition des assurés par âge d'entrée.

L'âge d'entrée minimal est de 27,69 ans et le maximum atteint est de 59,60 ans. Nous avons aussi regardé la répartition du nombre d'assurés par tranches d'âges.
Ci-dessous le tableau récapitulatif :

Âge lors de la survenance	Nombre de dossiers	Pourcentage
26-30 ans	2	1,3%
30-35 ans	11	7,1%
35-40 ans	11	7,1%
40-45 ans	29	18,8%
45-50 ans	33	21,4%
50-55 ans	45	29,2%
55-60 ans	23	14,9%
60-65 ans	0	0,0%
Total	154	100%

TABLE 3.2 – Répartition du nombre d'assurés par tranche d'âges

Nous remarquons que la tranche regroupant les assurés âgés de 40 à 60 ans représente plus de 84,4% des dossiers sinistrés. En regardant de plus près cette tranche, nous constatons que celle qui regroupe les assurés âgés de 50 à 55 ans est la tranche avec le plus de sinistres. En effet cette dernière représente 29,2% du nombre d'invalides. En revanche, nous remarquons seulement 2 invalides de moins de 30 ans.

Nous nous sommes également intéressés à l'étude menée en 2011 par la direction de la gouvernance des fonds Unité Etudes et Statistiques sur les flux d'entrées en pension d'invalidité à la CNRACL ainsi que les attributions d'allocations temporaires d'invalidité versées par l'ATIACL. Cette étude est l'aboutissement de 10 années d'observations (de 2001 à 2011) issues de la base informatique de gestion des allocataires.

Nous avons calculé à partir des résultats de cette étude, le nombre moyen d'invalides sur 10 ans pour chaque tranche d'âge. Nous avons ensuite comparé le nombre moyen d'invalides par tranche d'âge issues de l'étude de la gouvernance des fonds Unités Études au nombre moyen d'invalides par tranche d'âge de notre portefeuille.

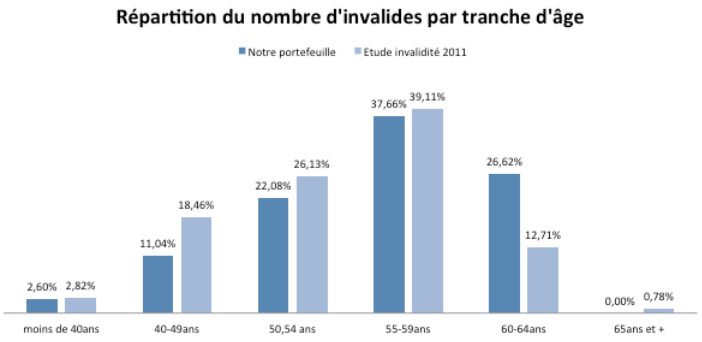

FIGURE 3.1 – Comparaison de la répartition du nombre d'invalides entre notre base d'invalides et la base de gestion des allocataires.

Nous pouvons voir ci-dessus que l'écart maximal entre les deux bases est de 13,91% et est atteint sur la tranche des 55-59 ans alors que que l'écart minimal est de 0,22% sur la tranche des moins de 40 ans. En considérant l'ensemble des tranches d'âges, l'écart moyen entre les deux bases est de 4,64%.

3.1.2 La répartition des assurés par ancienneté

Au 31/12/2016, nous observons qu'en moyenne les invalides de notre portefeuille ont une ancienneté de 8,24 ans avec une durée maximale restante de 6,24 ans. Par conséquent les assureurs devront provisionner en moyenne 6 années de versements de prestations.

Ancienneté		Durée max d'invalidité restante
Minimum	0,53	0,01
1er quartile	4,35	1,86
Médiane	6,68	4,41
3e quartile	11,75	9,03
4e quartile	24,59	31,10

TABLE 3.3 – Répartition des assurés par ancienneté et par durée maximale d'invalidité restante.

Par ailleurs, il y a deux causes de sorties possibles de l'invalidité, le décès ou le basculement vers la pension vieillesse. La cause de sortie la plus probable pour les assurés de note portefeuille est le basculement vers la pension vieillesse car l'âge moyen d'entrée en invalidité de notre portefeuille est de 47,53 ans et que nos assurés restent en moyenne dans l'état d'invalidité pendant 15 ans. En sommant ces deux variables on obtient l'âge légal actuel de départ à la retraite qui est de 62 ans.

3.1.3 La répartition des montants de prestations annuelle

Les montants de prestations varient de 2 582 à 78 674 euros par an. En moyenne l'assureur paye 11 909 euros de prestations annuelles.

Montant de prestation annuelle	
Minimum	2 582,28 €
1er quartile	7 358,61 €
Médiane	10 175,70 €
3e quartile	13 674,18 €
4e quartile	78 674,16 €

TABLE 3.4 – Montant de prestations annuelle.

Nous avons utilisé le tableau précédant afin d'avoir une répartition des invalides par tranche de montants. Cela donne le résultat suivant :

Tranche de montants	Nombre de dossiers	Pourcentage
2 582 - 7 300 €	38	24,68%
7 300 - 10 175 €	39	55,32%
10 175 - 13 670 €	38	24,68 %
13 670 - 78 000 €	38	24,68 %
$>$ 78 000 €	1	0,65 %

TABLE 3.5 – Répartition des montants de prestations annuelle

En regardant la répartition des dossiers par tranche de prestations, nous observons une répartition assez uniforme des dossiers.

3.1.4 La répartition de l'âge moyen d'entrée par profession et catégorie socio-professionnelle

Nous nous sommes également intéressés à l'impact de la profession et de la catégorie socio-professionnelle (PCS) sur l'état d'invalidité. La base regroupe 10 types de PCS qui sont repartis entre trois catégories : cadre, non cadre et ensemble du personnel.

Parmi les 154 invalides, 92.2% sont des non cadres, 7.1% sont des cadres, et 0.6% représente la catégorie ensemble du personnel.

Ci-dessous l'impact des PCS sur l'âge d'entrée en invalidité :

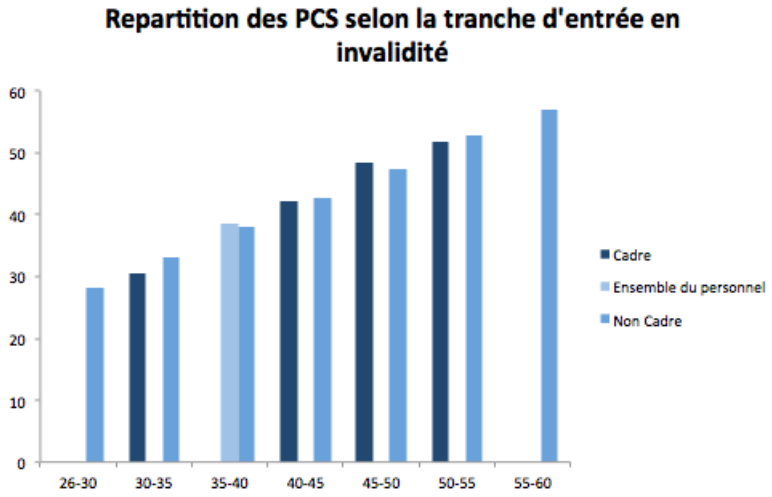

FIGURE 3.2 – profession et catégorie socio-professionnelle par âge d'entrée.

3.2 Prolongement des tables du BCAC et cadre probabiliste

Dans cette sous partie nous allons tout d'abord définir le cadre probabiliste ainsi que les notions sur les fonctions de survies. Cela nous permettra de mieux comprendre le fonctionnement et l'utilisation des tables fournies par le BCAC ainsi que le calcul des provisions mathématiques.

3.2.1 Cadre probabiliste et fonction de survie

La durée de survie d'un individu à l'âge x dans un état est donnée par la durée totale entre les date d'entrée et de sortie de l'individu de cet état. Cette durée peut être représentée par une variable aléatoire T_x positive. La loi de probabilité associée à cette variable peut-être définie par l'une des cinq fonctions équivalentes suivantes :

— **Fonction de survie S_x**

La fonction de survie est la probabilité de survivre jusqu'à un instant t fixé, cela se traduit par : $S_x(t) = P(T_x > t)$.

— **Fonction de répartition F_x**

La fonction de répartition représente pour t fixé, la probabilité de mourir avant l'instant t , c'est à dire $F_x(t) = P[T_x \leq t] = 1 - S_x(t)$.

Remarque :
Si la loi de X est continue, il est arbitraire d'utiliser $S_x(t) = P(T_x > t)$ ou

$S_x(t) = P(T_x \geq t)$ car pour tout t nous avons $P(T_x = t) = 0$.
Par conséquent $S_x(t) = P(T_x > t) = P(T_x \geq t)$.

Lorsque le temps est discret (par exemple mensuel ou hebdomadaire) les notations suivantes seront utilisées :
$F_x^-(t) = P(T_x < t)$ et $F_x^+(t) = P(T_x \leq t)$ où $F_x^-(t)$ représente la limite à gauche et $F_x^+(t)$ la limite à droite de F.
Ces définitions sont aussi valables pour la fonction de survie S.
Nous avons les inégalités suivantes : $F_x^-(t) \leq F_x^+(t)$ et $S_x^-(t) \geq S_x^+(t)$.

— **Densité de probabilité f_x**

La densité de probabilité $f_x(t)$, positive, est définie sur $[0, +\infty[$ tel que
$$F_x(t) = \int_0^t f_x(u)du \ , \ t \geq 0.$$

Si la fonction de répartition F_x admet une dérivée au point t alors,

$$f_x(t) = \lim_{h \to 0} \frac{P(t \leq T_x < t+h)}{h} = F_x'(t) = -S_x'(t) \ .$$

Pour t fixé, la densité de probabilité représente la probabilité de mourir dans un petit intervalle de temps après l'instant t.

Nous supposons pour la suite que la variable T_x suit une loi absolument continue.

— **Risque instantané λ_x (ou taux de hasard)**

Le risque instantané (ou taux d'incidence), pour t fixé, caractérise la probabilité de mourir dans un petit intervalle de temps après t , conditionnellement au fait d'avoir survécu jusqu'au temps t (c'est à dire le risque de mort instantané pour ceux qui ont survécu) :
$$\lambda_x(t) = \lim_{h \to 0} \frac{P[t < T_x \leq t+h | T_x \geq t]}{h} = \frac{f_x(t)}{S_x(t)} = \frac{d(-ln(S_x(t)))}{dt}$$

— **Taux de hasard cumulé Λ_x**

Le taux de hasard cumulé est l'intégrale du risque instantané

$$\Lambda_x(t) = \int_0^t \lambda_x(u)du = -ln(S_x(t)) \ .$$

On peut déduire de cette équation une expression de la fonction de survie en fonction du taux de hasard cumulé (ou du risque instantané) :

$$S_x(t) = exp(-\Lambda_x(t)) = exp(-\int_0^t \lambda_x(u)du).$$

On en déduit que $f_x(t) = \lambda_x(t) \cdot exp(-\int_0^t \lambda_x(u)du)$.

Remarque :

La probabilité qu'un individu entré dans l'état d'invalidité à l'âge x quitte l'état entre t et t+u sachant qu'il est encore dans l'état à l'ancienneté t est donnée par :

$$ {}_uq_{x,t} = P(t < T_x \leq t+u | T_x > t) = \frac{P(t<T_x \leq t+u)}{P(t<T_x)} = \frac{S_x(t)-S_x(t+u)}{S_x(t)} = 1 - \frac{S_x(u+t)}{S_x(t)} $$

La probabilité qu'un individu entré dans l'état d'invalidité à l'âge x se maintienne dans l'état entre t et t+u sachant qu'il est encore dans l'état à l'ancienneté t est donnée par :

$$ {}_up_{x,t} = 1 - {}_u\, q_{x,t} = \frac{S_x(u+t)}{S_x(t)} $$

3.2.2 Les tables fournies par le BCAC

Les lois initialement établies en 1993 par le BCAC sont utilisées pour le provisionnement des prestations servies en cas d'incapacité et d'invalidité. Ces lois ont été modifiées par l'arrêté du 24 décembre 2010 fixant les règles de provisionnement des garanties incapacité de travail, invalidité et décès paru au Journal Officiel du 30 décembre 2010, puis reconstruites entièrement en 2013. Leur utilisation est actuellement encadrée par l'article 143-12 du nouveau règlement ANC. Seul les tables de 2010 seront utilisées dans ce mémoire.

Nous n'allons pas introduire toutes les tables fournies par le BCAC mais uniquement celle qui concerne l'invalidité. La table de maintien en invalidité est une table à double entrée qui fournit un nombre d'individus en invalidité $L^{inv}_{x,t}$ où x représente l'âge d'entrée en invalidité et t l'ancienneté en année. Pour chaque âge, l'effectif de départ avec une ancienneté nulle est de 10 000 invalides et décroît en fonction de l'ancienneté.

Remarque : Il est possible d'exprimer la fonction de survie par rapport au nombre d'invalides $L^{inv}_{x,t}$ fourni par la table de maintien en invalidité du BCAC.

$$S_x(t) = \frac{L^{inv}_{x,t}}{L^{inv}_{x,0}}$$

$$_up_{x,t} = \frac{L^{inv}_{x,t+u}}{L^{inv}_{x,t}}$$

3.2.2.1 Lois de maintien en invalidité pour un âge de départ à la retraite à 62 ans

La table de maintien en invalidité du BCAC a la structure suivante :

Âge/Ancienneté	0	1	2	5	6	7	...	n
20	$L^{inv}_{20,0}$	$L^{inv}_{20,1}$	$L^{inv}_{20,2}$	$L^{inv}_{20,3}$	$L^{inv}_{20,4}$	$L^{inv}_{20,5}$	...	$L^{inv}_{20,n}$
21	$L^{inv}_{21,0}$	$L^{inv}_{21,1}$	$L^{inv}_{21,2}$	$L^{inv}_{21,3}$	$L^{inv}_{21,4}$	$L^{inv}_{21,5}$	...	$L^{inv}_{21,n}$
22	$L^{inv}_{22,0}$	$L^{inv}_{22,1}$	$L^{inv}_{22,2}$	$L^{inv}_{22,3}$	$L^{inv}_{22,4}$	$L^{inv}_{22,5}$	...	$L^{inv}_{22,n}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...
40	$L^{inv}_{40,0}$	$L^{inv}_{40,1}$	$L^{inv}_{40,2}$	$L^{inv}_{40,3}$	$L^{inv}_{40,4}$	$L^{inv}_{40,5}$	...	$L^{inv}_{40,n}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...

TABLE 3.6 – Structure de la table de maintien en invalidité

— Le nombre $L^{inv}_{x,t}$ représente le nombre de personnes entrées à l'âge x en invalidité et toujours présentes t années après.
— Notons également que l'ancienneté varie de 0 à n, où n est une constante tel que $n =$ âge de départ à la retraite $-$ âge d'entrée et $L^{inv}_{x,n} = 0$ si $x + n \geq 62$

Ci-dessous les lois de maintien en invalidité pour les âges d'entrée en invalidité à 21 ans, 34 ans, 44 ans et 51 ans pour un départ à la retraite à 62 ans.

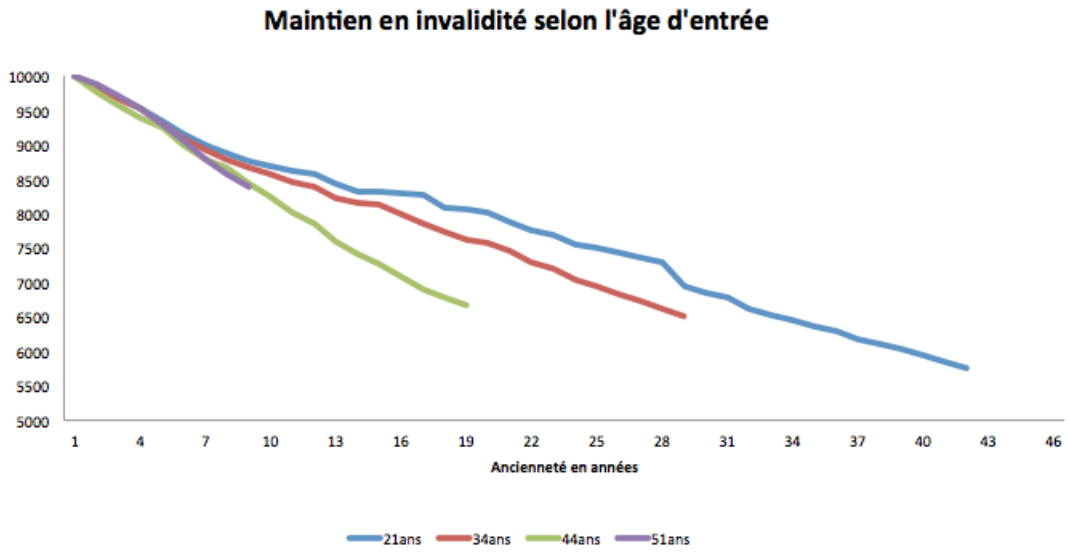

FIGURE 3.3 – Maintien en invalidité.

A la mémoire d'Emmanuel TASSIN qui a participé au prolongement de la table de maintien en invalidité du BCAC.

3.2.2.2 Prolongement des lois de maintien en invalidité pour un âge de départ à la retraite à 65 ans

Cette partie regroupe les hypothèses et résultats principaux du groupe de travail de l'institut des actuaires sur le prolongement de la table de maintien en invalidité. L'approche retenue par le groupe de travail de l'institut des actuaires sur le prolongement de la table de maintien est l'utilisation de la table TD88-90 [1]

L'utilisation de cette table s'appuie sur une forte hypothèse concernant la cause probable de sortie de l'état d'invalidité. En effet, l'utilisation de cette table induit que l'unique sortie possible de l'état d'invalidité est le décès.

Pour prolonger la table, Il faudra :
- calculer les probabilités de survie à partir de la table TD88-90,
- utiliser pour chaque âge d'entrée en invalidité, le dernier nombre d'invalides fourni par la table du BCAC que nous allons multiplier par la probabilité de survie.

Exemple : Considérons un assuré âgé de 40 ans. La table de maintien du BCAC donne le nombre de personnes entrées en invalidité à 40 ans et toujours présentes t années après.

Âge/Ancienneté	0	1	2	3	4	5	...	n = 62
$L^{inv}_{40,t}$	10 000	9 751	9 562	9 424	9 214	9012	...	6 502

TABLE 3.7 – Table de maintien en invalidité pour un âge d'entrée à 40 ans.

La table TD88-90 nous donne le nombre de survivants à 62ans, 63ans, 64ans et 65ans

âge	62ans	63ans	64ans	65ans
Nombre de survivants	79 243	77 807	76 295	74 720

TABLE 3.8 – Nombre de vivants extrait de la TD88-90.

A partir de ces nombres de survivants, nous allons calculer les probabilités de survie ${}_kp_x$ entre les âges x et $x+k$ en utilisant la formule suivante :

$$ {}_kp_x = \frac{L^{vivant}_{x+k}}{L^{vivant}_{x}} \tag{3.1} $$

1. TDD88-90 : Cette table a été établie par l'INSEE suite aux observations réalisées entre 1988 et 1990 sur une population avec un effectif de départ de 100 000 hommes.

Pour notre assuré âgé de 40 ans lors de son invalidité, sa probabilité d'être en vie entre 62 et 63 ans est donnée par :

$$ {}_kp_x = \frac{L^{vivant}_{40+23}}{L^{vivant}_{40+22}} = \frac{77807}{79243} = 0,9819 $$

Nous appliquons la formule (3.1), pour calculer les probabilités de survie d'année en année entre 63 ans et 65 ans.

âge	62ans	63ans	64ans	65ans
Nombre de survivant	79 243	77 807	76 295	74 720
${}_kp_x$		0,9819	0,9628	0,9429

TABLE 3.9 – Probabilité de survie.

La dernière étape consiste à faire le produit entre ces probabilités de survie et le dernier nombre d'invalides $L^{inv}_{x=40,anc=22}$ fourni par la table de maintien en invalidité du BCAC. Cela nous donne les nombres d'individus en invalidité à 63, 64 et 65 ans.

âge	63 ans	64 ans	65 ans
Nombre d'invalides	0,9819* $L^{inv}_{40,22}$	0,9628*$L^{inv}_{40,22}$	0,9429*$L^{inv}_{40,22}$
Nombre d'invalides	6 384,2	6 260,1	6 130,9

TABLE 3.10 – Exemple de prolongement de la table du BCAC.

L'exemple précédent sur le prolongement du nombre d'invalides pour un âge d'entrée en invalidité à 40 ans est appliqué à tous les âges d'entrées en invalidité. Nous obtenons la table ci-dessous :

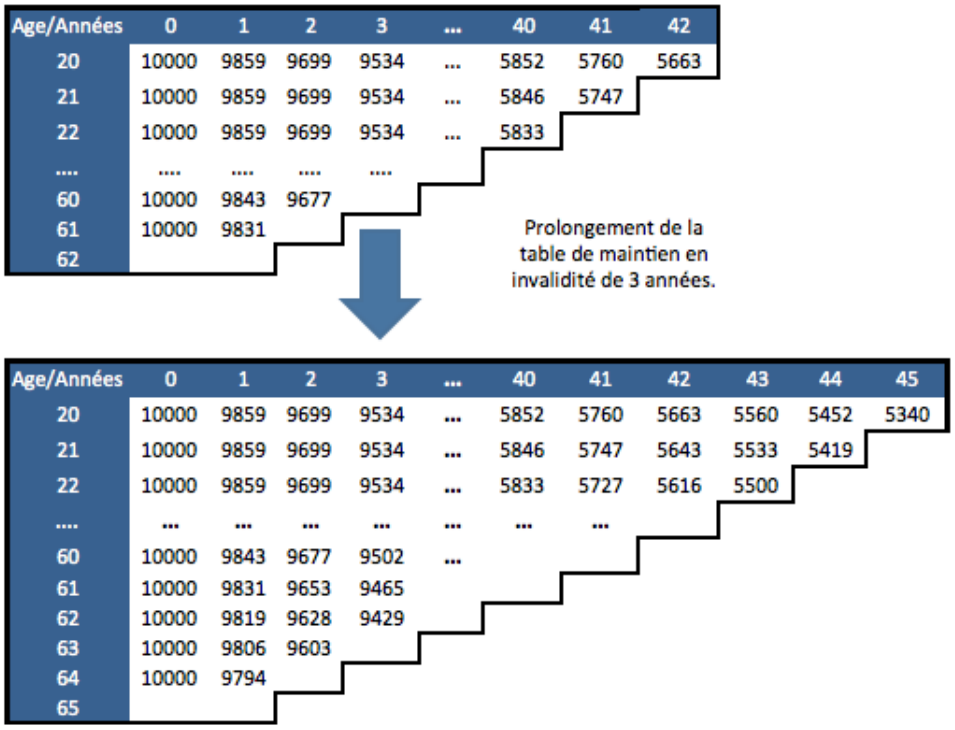

FIGURE 3.4 – Prolongement de la table de maintien en invalidité.

3.3 Calcul des provisions mathématiques

Nous avons vu précédemment dans les statistiques effectuées sur notre portefeuille d'invalides, que l'assureur devrait provisionner en moyenne 6 années de montants de prestations. Afin de pouvoir protéger les assurés quant à la perception de la totalité des prestations, le régulateur a mis en place des textes de lois concernant le provisionnement.

3.3.1 Réglementations concernant les provisions mathématiques

Loi N^0 89-1009 du 31 décembre 1989
La loi n^0 89-1009 du 31 décembre 1989 renforçant les garanties offertes aux personnes assurées contre certains risques, dite loi Evin s'applique au contrat professionnel. L'article 7 de la loi Evin met l'accent sur l'obligation de provisionnement de la part de l'assureur. En effet il est stipulé que : « l'engagement doit être couvert à tout moment pour tous les contrats ou convention souscrits par des provisions représentées par des actifs équivalents », mais l'article ne définit pas la méthode de provisionnement à adopter.

Arrêté du 28 mars 1996
La loi Evin est complétée par l'arrêté du 28 mars 1996 qui fixe les règles de provisionnement des garanties incapacité/invalidité. Trois provisions mathématiques sont calculées lors de l'inventaire, à savoir la provision d'invalidité en cours et la provision d'incapacité qui est composée d'une provision d'incapacité en cours et d'une provision d'invalidité en attente. Cet arrêté indique que les provisions doivent être calculées via les tables de maintien du BCAC ou via des tables d'expérience certifiées conformes par un actuaire indépendant. L'article indique également l'utilisation d'un taux inférieur à 75% de la moyenne des 24 derniers TME afin d'actualiser les flux de prestations futurs. Cette actualisation permet de tenir compte de la valeur temps de l'argent.

3.3.2 Calcul des provisions mathématiques par formule fermée

Nous allons utiliser des formules fermées pour le calcul des montants de provisions mathématiques de la garantie invalidité.
Il est possible pour un assureur d'utiliser les tables réglementaires du BCAC ou de construire ses tables qui seront certifiées par un actuaire indépendant. Dans le cadre de ce mémoire, nous utiliserons les tables réglementaires du BCAC afin de calculer nos provisions mathématiques. Lorsque l'assuré tombe en invalidité, l'assureur verse des flux de prestations d'invalidité jusquà sa sortie de l'état. Ces flux seront remplacés par la pension vieillesse quand l'assuré aura atteint l'âge de départ à la retraite.

Concernant l'évaluation des provisions mathématiques, nous allons d'abord calculer les provisions mathématiques pour une rente d'invalidité annuelle. Étant donné que la plupart des assureurs (y compris notre assureur) verse des rentes d'invalidité mensuelles,

nous allons aussi calculer les provisions mathématiques pour une rente d'invalidité mensuelle.

3.3.2.1 Provisionnement pour les rentes d'invalidité annuelles

La probabilité de maintien en invalidité :
A la suite d'un accident ou d'une maladie professionnelle et après la consolidation de l'état de l'assuré, ce dernier est déclaré invalide et se voit attribuer une classe d'invalidité. Tant qu'il restera en invalidité et qu'il n'aura pas atteint l'âge de départ en retraite, l'assureur lui versera des rentes d'invalidité. Par conséquent nous allons évaluer la probabilité de rester dans l'état d'invalidité. Pour calculer cette probabilité nous allons utiliser l'âge d'entrée en invalidité de nos assurés noté x et leur ancienneté dans l'état à la date de calcul notée anc. Pour un assuré donné, l'idée est d'évaluer la proportion d'individus encore en invalidité après une certaine ancienneté ($anc_i = anc + i$ annees) par rapport aux nombres d'individus en invalidité à l'âge d'entrée de l'assuré.

La table de maintien en invalidité démarre avec une ancienneté nulle et un effectif de 10 000 invalides. L'âge d'entrée en invalidité varie de 20 ans jusquà l'âge de départ à la retraite.

La probabilité de maintien dans l'état d'invalidité pour une rente versée en fin de période est définie par :

$$Proba\,de\,maintien(x, anc, a) = \frac{L^{inv}_{x,anc+a}}{L^{inv}_{x,anc}} = \frac{L^{inv}_{x,anc_a}}{L^{inv}_{x,anc}}, t \geq 1 \tag{3.2}$$

$L^{inv}_{x,anc}$ représente le nombre d'individus en invalidité avec un âge d'entrée x et une ancienneté anc (évaluée par rapport à la date de calcul). L'ancienneté anc est exprimée en années.

L^{inv}_{x,anc_a} représente le nombre d'individus en invalidité avec un âge d'entrée x et une ancienneté $anc + a$ années. La variable a est exprimée en années.

Exemple : Calcul des probabilités de maintien en invalidité

Considérons un assuré avec les caractéristiques suivantes :

Âge d'entrée en invalidité	47 ans
Ancienneté au 31/12/2016	8 ans
$L^{inv}_{47,8}$	9 752
Rente annuelle	17 863 euros
Les rentes sont versées en fin de période	

Table 3.11 – Informations sur l'assuré

Nous allons calculer les probabilités de maintien en invalidité jusqu'à l'âge de départ en retraite via la formule (3.2).

Maintien en invalidité pour un âge de départ à la retraite à 62 ans :

Notre assuré est entrée en invalidité à l'âge de 47 ans et il a une ancienneté de 8 ans au 31/12/2016. Nous supposons également que l'assuré restera dans cet état d'invalidité jusqu'à son départ à la retraite. Comme il a 8 ans d'ancienneté au 31/12/2016, par conséquent il lui reste 7 années d'invalidité avant son départ à la retraite. La probabilité de maintien en invalidité correspondante est donnée dans le tableau ci dessous.

Ancienneté	8	9	10	11	12	13	14	15
L^{inv}_{47,anc_a}	8 490	8 320	8 102	7 930	7 655	7 469	7 352	7 228
Proba de maintien		0,9800	0,954	0,934	0,902	0,880	0,866	0,851

Table 3.12 – Proba de maintien : départ à 62 ans

Maintien en invalidité pour un âge de départ à la retraite à 65 ans :

Augmenter l'âge de départ à la retraite de 3 ans implique que l'assureur payera 3 années de prestations de plus. Par conséquent les probabilités de maintien en invalidité seront calculées pour 10 années passées en invalidité via la table prolongée par le groupe de travail de l'institut des actuaires.

Ancienneté	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
L^{inv}_{47,anc_a}	8 490	8 320	8 102	7 930	7 655	7 469	7 352	7 228	7 097	6 959	6815
Proba de maintien		0,980	0,954	0,934	0,902	0,880	0,866	0,851	0,836	0,820	0,803

Table 3.13 – Proba de maintien : départ à 65 ans

Nous pouvons notamment remarquer :

— la somme totale des probabilités de maintien est de 6,37 pour un départ à la retraite à 62 ans. Cette somme est inférieure au nombre d'années passées en invalidité qui est de 7 ans.

— la somme totale des probabilités de maintien est de 8,826 pour un départ à la retraite à 65 ans. Cette somme est inférieure au nombre d'années passées en invalidité qui est de 10.

Évaluation des flux de prestations et de la provision mathématique

Le calcul des flux de prestations permet à la fois de tenir compte de la probabilité de maintien dans l'état d'invalidité (définie précédemment), du montant de rente annuel et de l'effet de l'actualisation. La rente annuelle dépend de la catégorie d'invalidité et du salaire de référence.

Les flux de prestations pour une rente versée en fin de période sont définis par la formule suivante :

$$\frac{L^{inv}_{x,anc_a}}{L^{inv}_{x,anc}} \cdot rente \cdot \frac{1}{(1+i)^a},\ pour\ a \geq 1$$

Le taux d'intérêt i utilisé dans nos calculs est celui du mois de décembre 2016 , il est de 0,52% et représente le taux technique maximum fixé par la réglementation. Ce maximum est calculé différemment selon les opérations d'assurances vie et non vie.
En non vie : ce taux est au maximum 75% du TME moyen des 24 derniers mois. Le TME est le taux de rendement sur le marché secondaire des emprunts d'état à taux fixe supérieur à 7 ans.

La provision mathématique représente la somme des flux de prestations probabilisées et actualisées. Pour une rente d'invalidité mensuelle versée en fin de période, cette provision est calculée par la formule suivante :

$$PM = \sum_{a=1}^{n-(x+anc)} \frac{L^{inv}_{x,anc+a}}{L^{inv}_{x,anc}} \cdot rente \cdot \frac{1}{(1+i)^a}\ \text{, pour } a \geq 1$$

Où, x représente l'âge d'entrée en invalidité et n l'ancienneté maximale en invalidité (table du BCAC). Par conséquent n sera égal à 42 pour un départ à la retraite à 62 ans, et il sera égal à 45 pour un âge de départ à la retraite à 65 ans.

Nous reprenons l'exemple vu précédemment pour calculer les flux de prestations et les provisions mathématiques.

Flux de prestations (FP) pour un départ à la retraite à 62 ans :

Ancienneté	8	9	10	11	12	13	14	15
L^{inv}_{47,anc_a}	8 490	8 320	8 102	7 930	7 655	7 469	7 352	7 228
Proba de maintien		0,980	0,954	0,934	0,902	0,880	0,866	0,851
FP actualisé pour 1 €		0,975	0,944	0,92	0,883	0,857	0,839	0,821

TABLE 3.14 – Flux de prestations : départ à 62 ans

Pour un âge de départ à la retraite à 62 ans, la provision mathématique de notre assuré au 31/12/2016 pour 1 € de rente annuelle est de 6,239 €. Pour une rente annuelle de 17 863 €, cette PM est de 111 450 €.

Flux de prestations (FP) pour un départ à la retraite à 65 ans :

Ancienneté	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
L^{inv}_{47,anc_a}	8 490	8 320	8 102	7 930	7 655	7 469	7 352	7 228	7 097	6 959	6 815
Proba de maintien		0,980	0,954	0,934	0,902	0,880	0,866	0,851	0,836	0,820	0,803
FP actua pour 1€		0,975	0,944	0,92	0,883	0,857	0,839	0,821	0,802	0,782	0,762

TABLE 3.15 – Flux de prestations : départ à 65 ans

Pour un âge de départ à la retraite à 65 ans, la provision mathématique de notre assuré au 31/12/2016 pour 1 € de rente annuelle est de 8,585 €. Pour une rente annuelle de 17 863 € de rente, cette PM est de 153 358€, soit une hausse de 38%.

3.3.2.2 Provisionnement pour les rentes d'invalidité mensuelles

Cette partie est un peu plus complexe que la précédente car la table de maintien en invalidité du BCAC fournit le nombre d'invalides par an pour un âge d'entrée et une ancienneté entière alors que notre assureur verse les rentes mensuelles aux assurés pour un âge d'entrée et une ancienneté exacte. L'âge d'entrée et l'ancienneté exacte ne sont pas forcement des entiers, et de plus l'ancienneté augmentera de 1/12 (1 mois) à chaque versement des flux. Par conséquent nous devrons calculer le nombre d'invalides exact pour un âge d'entrée et une ancienneté exacts.

La méthode développée dans cette sous partie pour le calcul de la provision mathématique d'une rente d'invalidité mensuelle est basée sur une interpolation linéaire et se fera en deux étapes :

1. la première étape consistera à mensualiser la table de maintien en invalidité du BCAC. Cela revient à calculer pour chaque âge d'entrée en invalidité et pour chaque ancienneté mensuelle le nombre d'invalides $l^{inv}_{x_{\text{entrée}},anc_m}$. Ainsi l'ancienneté et le nombre d'invalides de la table mensualisée seront mensuels et non annuels.

2. la deuxième étape consistera à calculer le nombre d'invalides pour un âge d'entrée exact en invalidité et pour une ancienneté mensuelle exacte. Cette fois-ci l'âge d'entrée et l'ancienneté ne seront pas forcément entiers. En effet un assuré peut être déclaré invalide à l'âge de 47,57 ans et l'ancienneté de cet assuré dans l'état d'invalidité peut être de 8,24 ans.

Première étape : Mensualisation de la table du BCAC.

La méthode utilisée pour la mensualisation de la table de maintien en invalidité du BCAC est une méthode basée sur une interpolation linéaire simple entre deux points.

Pour la réalisation de cette interpolation, nous allons introduire les notations sur l'âge et l'ancienneté :

— x : l'âge d'entrée en invalidité avec $x \in [20\,ans, 62\,ans[$, à noter que x est entier.

— anc_a : l'ancienneté (en années) dans l'état d'invalidité avec $anc_a \in [0, n[$, où n est égal à 42 ans pour un âge de départ en retraite à 62 ans ou n est égal à 45 ans pour un âge de départ en retraite à 65 ans.

La table de maintien en invalidité du BCAC nous fournit les nombres d'invalides pour chaque âge d'entrée x entier et pour chaque ancienneté annuelle anc_a entière.

Le nombre d'invalides par âge d'entrée (entier) en invalidité et par ancienneté mensuelle notée l^{inv}_{x,anc_m} est calculé par la formule suivante :

$$l^{inv}_{x,anc_m} = Coef_{anc_i} \cdot L^{x_{\text{entrée}},anc_a}_{inv} + (1 - Coef_{anc_i}) \cdot L^{x_{\text{entrée}},anc_a+1}_{inv} \tag{3.3}$$

$$\text{où } Coef_{anc_i} = 1 - \frac{i}{12} \text{ et } i \in [1, 12]$$

Par exemple pour un âge d'entrée en invalidité à 47 ans et une ancienneté de 8 années dans l'état d'invalidité, la mensualisation de la table du BCAC donne les résultats suivants :

Extrait de la table de maintien en invalidité du BCAC			
Ancienneté	8 ans	9 ans	10 ans
Lx annuel	8490	8320	8102

	Mensualisation de l'extrait de la table de maintien en invalidité du BCAC											
	Ancienneté : 8 ans						Ancienneté : 9 ans					
Ancienneté	1 mois	2 mois	3 mois	...	11 mois	12 mois	1 mois	2 mois	3 mois	...	11 mois	12 mois
Lx mensuel	8490	8476	8462	...	8348	8334	8320	8302	8284	...	8138	8120

FIGURE 3.5 – Étape 1 : Mensualisation de la table du BCAC pour un âge d'entrée à 47 ans et une ancienneté de 8 ans au 31/12/2016.

Cette interpolation linéaire sera effectuée pour chaque âge d'entrée en invalidité et pour chaque ancienneté de la table de maintien en invalidité du BCAC.

Seconde étape : Projection des flux de prestations via une double interpolation sur l'âge et l'ancienneté

A l'étape précédente, nous avons mensualisé la table du BCAC. Cela nous a permis d'avoir pour chaque âge d'entrée et pour chaque ancienneté mensuelle un nombre d'invalides mensuel noté l^{inv}_{x,anc_m}.

Afin de projeter les flux de prestations versées par l'assureur, nous allons effectuer une double interpolation sur l'âge et l'ancienneté de l'assuré en utilisant la table mensualisée du BCAC. Contrairement à l'étape précédente où nous avions effectué une interpolation linéaire entre deux points, cette étape requiert une interpolation basée sur quatre points.

Introduction des notations sur l'âge, l'ancienneté et le nombre d'invalides

Concernant l'âge d'entrée en invalidité, nous notons :

x_{exact}, l'âge d'entrée exact (non forcément entier) de notre assuré,
x_{inf} : la valeur entière inférieure de l'âge d'entrée en invalidité,
x_{sup} : la valeur entière supérieure de l'âge d'entrée en invalidité.

Concernant l'ancienneté passée en invalidité, nous notons :

anc_{exacte} : l'ancienneté exacte (mensuelle et non forcément entière) de notre assurée à la date d'évaluation,
anc_{inf} : la valeur entière inférieure de l'ancienneté exacte,
anc_{sup} : la valeur entière supérieure de l'ancienneté exacte.

Concernant les nombres d'invalides, nous notons :

$L^{x_{exact},anc_{exacte}}_{inv}$: le nombre d'invalides pour l'âge d'entrée et l'ancienneté exacts,
$L^{x_{inf},anc_{inf}}_{inv}$: le nombre d'invalides pour l'âge d'entrée x_{inf} et l'ancienneté anc_{inf},
$L^{x_{inf},anc_{sup}}_{inv}$: le nombre d'invalides pour l'âge d'entrée x_{inf} et l'ancienneté anc_{sup},
$L^{x_{sup},anc_{inf}}_{inv}$: le nombre d'invalides pour l'âge d'entrée x_{sup} et l'ancienneté anc_{inf},
$L^{x_{sup},anc_{sup}}_{inv}$: le nombre d'invalides pour l'âge d'entrée x_{sup} et l'ancienneté anc_{sup}.

Ces quatre nombres d'invalides sont calculés à partir de la table mensualisée du BCAC que nous avons obtenu à l'étape précédente. Ce sont donc des nombres invalides mensuels.

Le nombre d'invalides exact lors de chaque versement de flux mensuels noté $L_{\text{interpolé}}^{x_{exact},anc_t}$ est calculé via la formule suivante :

$$L_{\text{interpolé}}^{x_{exact},anc_t} = Coef_{age} * [Coef_{anc} * L_{inv}^{x_{inf},\lfloor anc_{inf}+t \rfloor} + (1 - Coef_{anc}) * L_{inv}^{x_{inf},\lfloor anc_{sup}+t \rfloor}]$$

$$+$$

$$(1 - Coef_{age}) * [Coef_{anc} * L_{inv}^{x_{sup},\lfloor anc_{inf}+t \rfloor} + (1 - Coef_{anc}) * L_{inv}^{x_{sup},\lfloor anc_{sup}+t \rfloor}],\ t \geq 1$$

Les coefficients sont donnés par :

$$Coef_{anc} = (1 - (anc_{31/12/2016} - Ent(anc_{31/12/2016}))$$

$$Coef_{age} = (1 - (Age_{Entree} - Ent(Age_{Entree}))$$

A noter que ces coefficients sont différents de ceux de la première étape.

Après avoir projeté les flux de prestations, nous pourrons donc calculer la provision mathématique pour les rentes d'invalidité mensuelles versées en fin de période.

$$\begin{aligned} PM &= \sum_{t=1}^{(n-(x+anc))\cdot 12} \frac{L_{\text{interpolé}}^{x_{exact},anc_t}}{L_{inv}^{x_{exact},anc_{exacte}}} \cdot Rente \cdot \frac{1}{(1+i)^{\frac{t}{12}}},\ t \geq 1 \\ &= \sum_{t=1}^{(n-(x+anc))\cdot 12} \frac{L_{\text{interpolé}}^{x_{exact},anc+t}}{L_{inv}^{x_{exact},anc_{exacte}}} \cdot Rente \cdot \frac{1}{(1+i)^{\frac{t}{12}}},\ t\, est\ mensuel\ et\ t \geq 1 \end{aligned} \quad (3.4)$$

Où, x représente l'âge d'entrée en invalidité et n l'ancienneté maximale en invalidité (table du BCAC). Par conséquent n sera égal à 42 pour un départ à la retraite à 62 ans, et il sera égal à 45 pour un âge de départ à la retraite à 65 ans.

Cas pratique :
Considérons un assuré avec les caractéristiques suivantes :

Âge d'entrée en invalidité	47,53 ans
Ancienneté au 31/12/2016	8,24 ans
Rente annuelle	17 863 euros
Les rentes sont versées en fin de période	

TABLE 3.16 – Informations sur l'assuré

En appliquant les étapes expliquées précédemment, nous obtenons pour notre assuré les résultats suivants :

Extrait de la table de maintien en invalidité du BCAC

Age\Anciennetés	8 ans	9 ans	10 ans
47 ans	8490	8320	8102
48 ans	8492	8317	8090

Extrait de la table de maintien en invalidité du BCAC

Projection	Années	Ancienneté: 8 ans							Ancienneté: 9 ans		
	Mois de projection	0	1	2	3	...	11	12	1	2	...
Mensualisation	L(47ans ; 8ans)	8490	8476	8462	8448	...	8334	8320	8302	8284	...
	L(48ans ; 8ans)	8492	8477	8463	8448	...	8332	8317	8298	8279	...
Nbre d'invalides exacts	L(47,57ans;anct)	8450	8434	8419	8403	...	8280	8265	8247	8229	...

Par la suite, nous avons utilisé la formule (3.4) pour calculer les provisions mathématiques pour un départ à 62 et à 65 ans. La provision mathématique de notre assuré est de 101 387 € pour un départ à la retraite à 62 ans et de 144 611 € pour un départ à la retraite à 65 ans soit une hausse de 42,6%.

3.4 Effet d'une augmentation de l'âge de départ en retraite sur les provisions mathématiques

Nous avons effectué le calcul des provisions mathématiques pour l'ensemble du portefeuille collectif étudié (Voir Annexe pour les provisions tête par tête). Globalement sur le portefeuille, pour un âge de départ à la retraite à 62 ans la provision mathématique à constituer au 31/12/2016 est de 15 601 084 €. Cette provision passe à 22 397 219€. L'assureur a mis en place un contrat de réassurance en quote-part (ci-après QP) au près d'un réassureur. Les taux de cessions sont les suivants : 0%,50% et 100%. Après déduction de la réassurance la provision mathématique pour un départ à la retraite à 62 ans est de 8 377 268 € celle d'un départ à la retraite à 65 ans est de 12 140 522 € soit une hausse de 45%.

Ci-dessous un tableau récapitulatif des provisions mathématiques nettes de réassurance par tranche d'âge.

Age au 31/12/2016	Somme des provisions mathématiques pour un départ à la retraite à 62 ans	Somme des provisions mathématiques pour un départ à la retraite à 65 ans	% d'augmentation
30-53	4 880 082 €	5 695 790 €	17%
53-57	2 010 589 €	2 849 243 €	42%
57-60	1 052 717 €	2 010 930 €	91%
60-61	431 094 €	1 560 098 €	262%
>61	2 787 €	24 462 €	778%

FIGURE 3.6 – Effet de l'augmentation de la durée d'indemnisation par âge d'entrée.

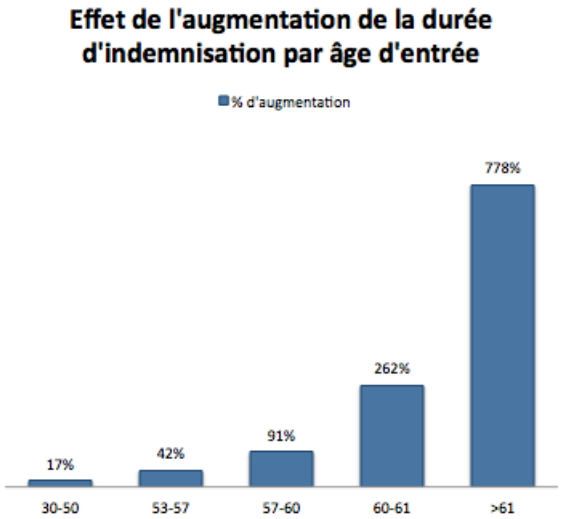

FIGURE 3.7 – Répartition des PM par âge réel des assurés.

Nous remarquons une augmentation des provisions mathématiques sur l'ensemble des tranches d'âges d'entrée en invalidité. Cependant en regardant de plus près, l'augmentation des provisions mathématiques est plus significative sur les tranches d'âges composées d'invalides plus âgés.

Cela s'explique notamment par le fait que le ratio $\frac{3 \text{ années d'invalidité}}{\text{durée restante}}$ est moindre chez les invalides moins âgés. En effet un assuré qui entre tôt en invalidité restera plus longtemps en invalidité qu'un assuré qui entre tard en invalidité. Par conséquent augmenter le temps passé en invalidité de 3 ans aura moins d'impact sur les engagements de l'assureur pour un invalide jeune que pour un invalide entrée en invalidité à un âge plus élevé.

Deuxième partie

Comment financer la hausse de prestations dû à un allongement de la période d'indemnisation ?

Chapitre 4

Étude de la sinistralité d'un portefeuille de prévoyance collective

Sommaire

4.1 Évaluation des primes 70
4.2 Évaluation des sinistres 70
4.2.1 Calcul des prestations par année de survenance 70
4.2.2 Provisions mathématiques par année de survenance 71
4.2.3 Provisions pour sinistres à payer par année de survenance . . . 72
4.3 Évaluation des Loss Ratio 76

L'indicateur choisi afin d'évaluer l'impact du passage en retraite à 65 ans sur la sinistralité du portefeuille étudié est le *loss ratio*. Le *Loss Ratio* représente le quotient des sinistres par les primes.

L'étude de ce ratio sera réalisée sur les années de survenances 2014, 2015 et 2016.

4.1 Évaluation des primes

Comme l'assureur a mis en place un contrat de réassurance en QP, nous allons à la fois fournir les primes brutes et nettes de réassurance. Le taux de cessions est de 52% pour les primes.

Les primes retenues pour l'évaluation du *loss ratio* sont les suivantes :

Primes brutes et nettes de réassurance		
Survenances	Primes Bruts de Reass	Primes nettes de Reass
2014	3 791K €	1 814K €
2015	3 855K €	1 825K €
2016	4 196 K €	1 998K €

TABLE 4.1 – Primes par année de survenance.

4.2 Évaluation des sinistres

Afin d'avoir la totalité des prestations que l'assureur déboursera sur chacune des survenances, nous devrons tenir compte des prestations qui ont été déjà versées avant la date d'évaluation, des provisions mathématiques ainsi que des provisions pour sinistres à payer (PSAP).

4.2.1 Calcul des prestations par année de survenance

A partir de la base de données des prestations, nous avons calculé la somme des prestations versées par l'assureur au titre des sinistres survenus en 2014, 2015 et 2016.

Les prestations brutes de réassurance versées au titre de ces trois années de survenances sont les suivantes :

Prestations pour les trois années de survenance : départ à 62 ans				
Survenances \ Comptables	1	2	3	Total
2014	129K €	277K €	220K €	625K €
2015	100K €	214K €		314K €
2016	174K €			174K €

TABLE 4.2 – Prestations brutes de réass par année de survenance : départ à 62 ans.

Nous pouvons notamment remarquer que les prestations sur les années de survenances 2015 et 2016 sont très faibles.

Étant donné que l'invalidité est une branche longue, nous pouvons dors et déjà noter que ces prestations sont amenées à évoluer. Elles seront complétées par les provisions que nous allons calculer dans la suite.

Par ailleurs, nous n'avons pas tenu compte de l'apparition de nouveaux invalides ayant un âge d'entrée en invalidité de 63, 64 et 65 ans. Par conséquent les prestations calculées pour un âge de départ à la retraite à 62 ans seront identiques à celles d'un départ à la retraite à 65 ans.

Les prestations nettes de réassurance sont obtenues en appliquant un taux de cession de 50%. A noter que ce taux diffère du taux de cession sur primes. Cela est dû au fait que ces taux sont calculés sur l'historique et de plus, les taux de réassurance peuvent varier d'un contrat à un autre.

4.2.2 Provisions mathématiques par année de survenance

Pour l'évaluation des provisions mathématiques nous allons appliquer la méthode décrite dans la partie I (cf chapitre III).

Les nombres d'invalides fournis par la base de sinistres sont les suivantes :

— 11 sinistres pour l'année de survenance 2014,

— 6 sinistres pour l'année de survenance 2015,

— 3 sinistres pour l'année de survenance 2016.

PM au 31/12/2016 pour un départ à la retraite à 62 ans			
Survenances	Nombre de sinistres	PM brutes de réas	PM nettes de réas
2014	11	812K €	406K €
2015	6	1 149K €	574K €
2016	3	171K €	86K €

TABLE 4.3 – PM par année de survenance : départ à 62 ans.

Pour un départ à la retraite à 65 ans, la table prolongée du BCAC a été utilisée afin de calculer les provisions mathématiques.

PM au 31/12/2016 pour un départ à la retraite à 65 ans			
Survenances	Nombre de sinistres	PM brutes de réas	PM nettes de réas
2014	11	1 239K €	620K €
2015	6	1 426K €	713K €
2016	3	220K €	110K €

TABLE 4.4 – PM par année de survenance : départ à 65 ans.

4.2.3 Provisions pour sinistres à payer par année de survenance

Comme nous avons pu le remarquer précédemment, le nombre annuel d'entrées en invalidité est assez faible. La méthode que nous proposons pour l'évaluation des provisions pour sinistres à payer est une méthode basée sur le produit du nombre de sinistres par le coût moyen.

Le calcul des provisions pour sinistres à payer sera effectué en deux étapes :

1. calcul du coût moyen : l'assureur qui commercialise la garantie invalidité a estimé le coût moyen d'un sinistre à partir de l'historique,
2. calcul du nombre de sinistres : il a été évalué via la méthode de Chain-Ladder.

Étape 1 : Calcul du coût moyen

Le coût moyen estimé via l'historique est de 123K € pour un départ à la retraite à 62 ans. Le calcul du coût moyen pour un âge de départ à la retraite à 65 ans sera effectué à partir des coûts moyen d'un âge de départ à la retraite à 62 ans et des provisions mathématiques de l'individu moyen du portefeuille.

Cet individu moyen a un âge d'entrée en invalidité égal à la moyenne des âges des adhérents (47,53 ans), sa rente annuelle est la moyenne des rentes annuelles du portefeuille sinistré (17 863 €) et son ancienneté est nulle. Les hypothèses retenues pour le calcul du coût moyen pour un départ à la retraite à 65 ans sont les suivantes :

$$\text{Coût}_{Moyen:(\text{Départ65ans})} = \text{Coût}_{Moyen:(\text{Départ62ans})} \cdot (1 + Ratio_{Individu\,Moyen})$$

$$Ratio_{Individu\,Moyen} = \frac{PM_{\text{Départ }65ans}}{PM_{\text{Départ }62ans}} - 1 = \frac{251K\,€}{215K\,€} - 1 = 16,224\%$$

Ainsi les coûts moyens retenus sont :
— 123K € pour un départ à la retraite à 62 ans,
— 143K € pour un départ à la retraite à 65 ans.

Les deux prochaines étapes permettrons de calculer le nombre de sinistres et les provisions pour sinistres à payer.

Étape 2.1 : Calcul du nombre de sinistres

A partir de la base des sinistres, nous avons appliqué la méthode de Chain-Ladder pour avoir une répartition des tardifs ainsi que le nombre total d'invalides par exercice de survenance.

Nous avons constitué un triangle non cumulé du nombre de sinistres (voir ci-dessous).

Année Survenance/Année comptable	1	2	3	4	5	6
2011	8	7	1	0	0	0
2012	8	10	3	0	0	
2013	16	10	2	0		
2014	11	9	1			
2015	12	8				
2016	18					

FIGURE 4.1 – Triangle non cumulé de la déclaration des sinistres.

Introduction des notations :

n : nombre d'années de développement.

$C_{i,j}$: nombre cumulé de sinistres survenus en i et déclarés en j pour $j = 1, ..n$, et $i = 1, ..n,$.

$f_{i,j} = \frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}}$ pour pour $j = 1, ..n$ et $i = 1, ..n$, : le facteur de développement individuel.

$\hat{f}_j = \frac{\sum_{i=0}^{n-(j+1)} C_{i,j+1}}{\sum_{i=0}^{n-(j+1)} C_{i,j}}$: facteurs de développement ou coefficients de passage d'une

année à l'autre. Ces coefficients sont identiques pour toutes les années de survenance.

Nous allons ensuite calculer le triangle cumulé ainsi que les facteurs de développements individuels.

Année Survenance/Année comptable	1	2	3	4	5	6
2011	8	15	16	16	16	16
2012	8	18	21	21	21	
2013	16	26	28	28		
2014	11	20	21			
2015	12	20				
2016	18					
Facteur de developpement:	1,80	1,0886	1,0	1,0	1,0	

FIGURE 4.2 – Triangle cumulé et facteurs de développement.

Après avoir obtenu le triangle cumulé de la déclaration du nombre de sinistres, nous allons compléter le triangle en calculant :

Le nombre ultime : $\hat{C}_{i,n} = C_{i,n} * \prod_{j=n-i}^{n-1} \hat{f}_j$

L'$IBNR_{total} = \sum_{i=0}^{n-(j+1)} (\hat{C}_{i,n} - \hat{C}_{i,n+1-i})$

Année Survenance/Année comptable	1	2	3	4	5	6
2011	8	15	16	16	16	16
2012	8	18	21	21	21	21
2013	16	26	28	28	28	28
2014	11	20	21	21	21	21
2015	12	20	22	22	22	22
2016	18	32,4	35	35	35	35
Cadence des tardifs de declaration de sin	51,03%	40,83%	8,14%	0,00%	0,00%	0,00%

Ultime	Payé	IBNR
16	16	0
21	21	0
28	28	0
21	21	0
22	20	2
35	18	17
Total:		19

FIGURE 4.3 – Triangle complet de la déclaration des sinistres.

Ainsi le nombre d'invalides total est de 19 avec 2 invalides pour la survenance 2015 et 17 invalides pour la survenance 2016.

Étape 2.2 : calcul des provisions pour sinistres à payer

Les étapes précédentes nous ont permis d'obtenir le coût moyen et le nombre de sinistres sur les survenances 2015 et 2016.

Les coûts moyens retenus sont :
— 123K € pour un départ à la retraite à 62 ans,
— 143K € pour un départ à la retraite à 65 ans.

Les nombres de sinistres par survenance sont les suivants :
— 2 tardifs pour la survenance 2015,
— 17 tardifs pour la survenance 2015.

Par conséquent, les PSAP brutes de réassurance pour un départ à la retraite à 62 ans sont de 246K € pour la survenance 2015 et de 2 091K € pour la survenance 2016. Les PSAP brutes de réassurance pour un départ à la retraite à 65 ans sont de 286K € pour la survenance 2015 et de 2 431K € pour la survenance 2016.

Les PSAP nettes de réassurance sont obtenues en faisant la différence entre les PSAP brutes de réassurance et les PSAP cédées au réassureur. Pour évaluer les PSAP cédées au réassureur, nous devons refaire les mêmes étapes vues précédemment, seul le coût moyen diffère. Les coûts moyens retenus pour le calcul des PSAP cédées au réassureur sont de 52K € pour la survenance 2015 et de 60K € pour la survenance 2016.

Ci-dessous un récapitulatif des provisions pour sinistres à payer nettes de réassurances.

1. Pour un départ à la retraite à 62 ans, les PSAP sont de :
   — 142K € pour la survenance 2015
   — 1 207K € pour la survenance 2016

2. Pour un départ à la retraite à 65 ans, les PSAP sont de :
   — 166K € pour la survenance 2015
   — 1 411K € pour la survenance 2016

4.3 Évaluation des Loss Ratio

Les parties précédentes nous ont permis de calculer tous les élements nécessaires au calcul du *Loss Ratio*. Ce ratio représente le quotient des sinistres par les primes.

Les ratios obtenus sont les suivants :

Départ à 62 ans: Loss Ratio net de réass						
Survenances	PSAP	PM	Pres	Pres total	Cot	S/P
2014	0 €	405 872 €	468 990 €	874 861 €	1 813 698 €	48,2%
2015	142 000 €	574 483 €	235 643 €	952 126 €	1 825 158 €	52,2%
2016	1 207 000 €	85 733 €	87 108 €	1 379 841 €	1 998 336 €	69,0%

Départ à 65 ans: Loss Ratio net de réass						
Survenances	PSAP	PM	Pres	Pres total	Cot	S/P
2014	0 €	619 608 €	468 990 €	1 088 598 €	1 813 698 €	60,0%
2015	166 000 €	713 118 €	235 643 €	1 114 761 €	1 825 158 €	61,1%
2016	1 411 000 €	109 934 €	87 108 €	1 608 042 €	1 998 336 €	80,5%

FIGURE 4.4 – Loss ratio pour un départ à la retraite à 62 et 65 ans

Nous pouvons remarquer que l'augmentation de l'âge de départ en retraite de trois ans se traduit par une forte dégradation de la sinistralité de l'assureur sur l'ensemble des survenances étudiées.

En effet nous remarquons une augmentation du *Loss Ratio* de :
— 24,4% pour la survenance 2014,
— 17,1% pour la survenance 2015,
— 16,5% pour la survenance 2016.

Chapitre 5

Tarification de la garantie invalidité

Sommaire

5.1 Les méthodes de tarification 78
5.1.1 Tarification à l'historique 78
5.1.2 Tarification à l'exposition du risque 78
5.1.3 Comment choisir la bonne méthode ? 79
5.2 Tarification de la garantie invalidité de notre portefeuille . . 79
5.2.1 Engagements de l'assureur 80
5.2.2 Engagements de l'assuré 80
5.3 Modèle de tarification retenue 81
5.3.1 Hypothèses concernant le taux d'entrée en invalidité 81
5.3.2 Hypothèses concernant le calcul du tarif de notre portefeuille . 84
5.4 Effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite sur le tarif 84

5.1 Les méthodes de tarification

L'organisme souscripteur définit les risques et les conditions d'acceptation de ces risques dans sa politique de souscription. Le tarif établi doit répondre à cette politique de souscription.

La tarification d'un contrat doit tenir compte de plusieurs paramètres comme le type de contrat, la durée, l'exclusion des garanties, le sexe, l'âge de la population assurée, la catégorie socio-professionnelle (CSP), le secteur d'activité ou autres.

En tenant compte de l'ensemble de ces éléments, l'assureur doit mettre en place une méthode de tarification des contrats fiable afin d'éviter une sous tarification des contrats.

5.1.1 Tarification à l'historique

Comme son nom l'indique, la tarification à l'historique est basée sur les résultats constatés sur le régime. Pour établir ce type de tarif, il faut considérer un nombre d'exercices et un nombre d'effectifs importants. Le nombre d'exercices à retenir dépend de la garantie étudiée.

Les données historiques utilisées pour ce type de tarification sont les suivantes :
- Le nombre de sinistres,
- Le nombre d'adhérents,
- La charge de chaque sinistre,
- Le montant des cotisations,
- Le niveau des prestations.

A noter que la plupart de ces données sont inscrites dans les comptes de résultats.

5.1.2 Tarification à l'exposition du risque

La tarification à l'exposition consiste à calculer le tarif du portefeuille étudié à partir d'un tarif préétabli que l'on ajustera via les données démographiques de la population étudiée.

Le tarif préétabli est effectué à partir des statistiques générales comme celles de l'INSEE, le BCAC, la Sécurité Sociale ou autres.

Les données démographiques de l'entreprise souscriptrice sont souvent communiquées lors de l'appel d'offre. Les plus importantes sont les suivantes :
- L'âge du personnel à couvrir,
- L'effectif : la taille de l'entreprise est importante pour le choix d'un régime standard ou un régime spécifique,

— Le secteur d'activité et la catégorie de personnel : les statistiques montrent que certains secteurs d'activité et catégories de personnel sont assujettis à une fréquence d'arrêt de travail plus élevée,
— Le sexe : l'importance accordée à cette variable s'explique par le fait que les femmes ont une durée de vie supérieure à celle des hommes,

La réglementation interdit d'établir un tarif individuel différent selon le sexe, cela signifie que l'assureur n'a pas le droit d'établir un tarif différent pour un homme et une femme ayant les mêmes caractéristiques.

Pour une tarification d'un contrat collectif, l'assureur peut utiliser cette information pour ajuster son tarif. Par exemple l'assureur a le droit d'établir un tarif différent pour deux groupes homogènes ayant les mêmes caractéristiques mais dont les proportions de femmes diffèrent.

5.1.3 Comment choisir la bonne méthode ?

Le choix de la méthode dépend des informations communiquées par l'entreprise souscriptrice dans son appel d'offre.

Si les éléments démographiques ne sont pas communiqués à l'organisme assureur, il ne pourra pas appliquer la tarification à l'exposition.

De la même manière, un accès aux comptes de résultats constitués des primes, sinistres, provisions pourrait être favorable à l'application de la tarification à l'historique. Mais en général, il est compliqué d'avoir ces résultats auprès de l'assureur précédent. De plus, même en ayant accès à ces résultats, une difficulté d'interprétation subsiste car les méthodes et paramètres de calculs utilisés pour établir ces résultats seront inconnus par le nouvel assureur.

Il est fréquent d'obtenir les éléments démographiques lors de l'appel d'offre, il est donc souhaitable de procéder à une tarification à l'exposition puis à une tarification à l'historique.

5.2 Tarification de la garantie invalidité de notre portefeuille

La tarification d'un contrat d'assurance est basée sur le principe d'égalité entre la valeur actuelle probable des engagements de l'assureur et la valeur actuelle probable des engagements de l'assuré lors de la souscription en t=0. Cela se traduit par l'équation suivante :

$$VAP_{t=0}(Engagementassureur) = VAP_{t=0}(Engagementassureur) \tag{5.1}$$

Les engagements de l'assuré sont les cotisations (ou primes) qu'il versera et les engagements de l'assureur sont les versements des prestations (ou rentes d'invalidité) qu'il versera à l'assuré en cas de réalisation du sinistre.

5.2.1 Engagements de l'assureur

Pour le contrat étudié, l'assureur verse des prestations mensuelles à l'assuré lorsque celui-ci devient invalide. Le versement des prestations s'arrêtera au décès de l'assuré, à la sortie de l'état d'invalidité ou lors de son départ en retraite. Le schéma ci-dessous récapitule les engagements de l'assureur.

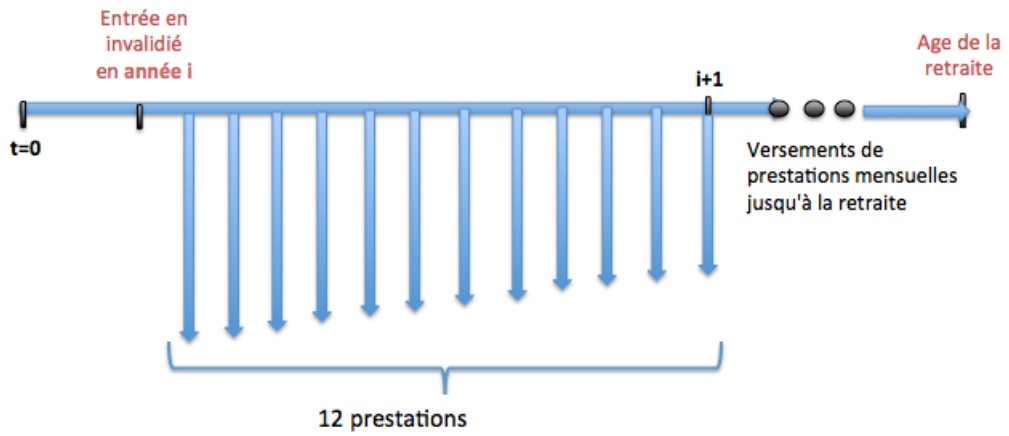

FIGURE 5.1 – Schématisation de l'évolution de l'engagement de l'assureur

5.2.2 Engagements de l'assuré

Le contrat étudié est un contrat annuel, cela signifie que l'assuré ou l'assureur pourra résilier son contrat au bout d'un an. Les cotisations payées par l'assuré sont mensuelles, mais dans les prochains chapitres nous calculerons un tarif annuel. Sur le schéma ci-dessous, nous avons représenté les cotisations payées par l'assuré pendant une année (durée du contrat).

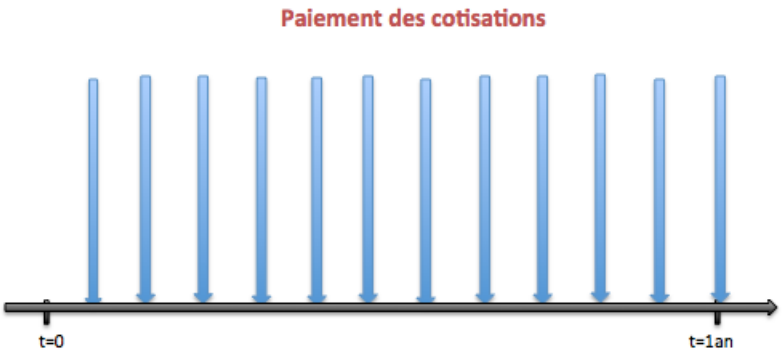

FIGURE 5.2 – Schématisation de l'évolution de l'engagement de l'assuré

Remarque

Nous avons vu précédemment dans la partie I, que la garantie invalidité permet de maintenir le niveau de vie d'un assuré lorsque celui-ci devient invalide. La garantie invalidité fonctionne par année de survenance. En effet les primes payées par l'assuré au titre de l'année i permettent de couvrir les sinistres survenus au cours de l'année i. Autrement dit, par effet de mutualisation, tous les sinistres survenus en année i dont les prestations continueront à être versées à l'invalide jusqu'à son départ en retraite sont en principe couverts par l'ensemble des cotisations perçues au cours de l'année i.

5.3 Modèle de tarification retenue

Comme indiqué précédemment, le tarif est établi en utilisant l'équation (5.1). Nous allons donc calculer la valeur actuelle probable des engagements futurs de l'assureur en t=0 (ci après VAP).

Le modèle retenu pour calculer cette VAP est le modèle de Probabilité x Charge, Où :

- Probabilité : représente le taux d'entrée en invalidité ou probabilité de passage en invalidité,
- Charge : représente la valeur actuelle probable du montant total que l'assureur déboursera si l'assuré devient invalide.

5.3.1 Hypothèses concernant le taux d'entrée en invalidité

Pour rappel, à la suite d'un accident ou d'une maladie professionnelle, l'assuré peut être déclaré incapable avant d'entrer en invalidité ou il peut directement être invalide (voir schéma ci dessous). Nous allons définir nos hypothèses concernant le passage en invalidité ainsi que certaines hypothèses nécessaires à l'établissement du tarif.

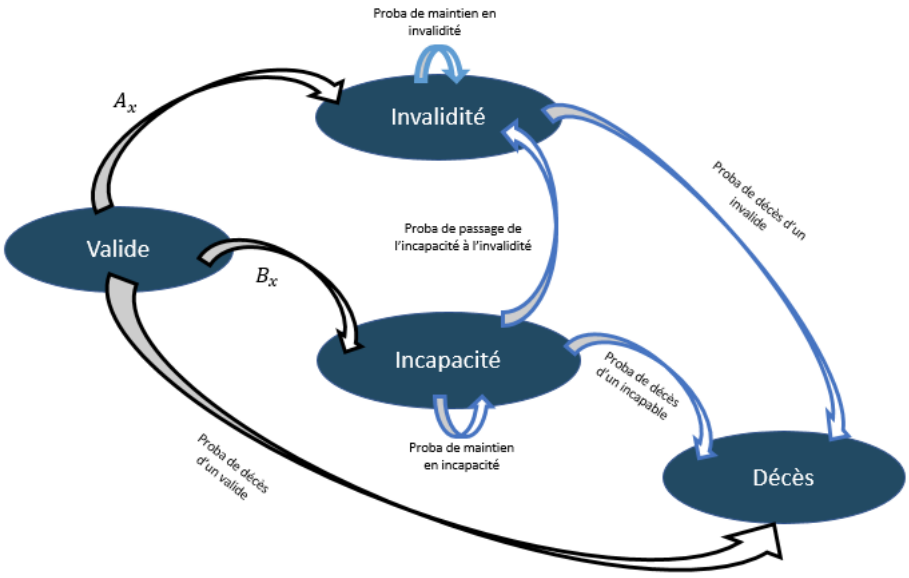

FIGURE 5.3 – Cycle de passage d'un état à l'autre pour un individu

Nous avons besoin d'un historique de données assez important pour estimer les taux d'entrée en invalidité du portefeuille afin que celui-ci soit robuste. Dans notre étude, nous n'avons pas à disposition un historique de données de cette ampleur, toutefois, faute de données et d'information supplémentaire, nous utiliserons un taux d'entrée en invalidité calculé sur notre historique

Nous avons estimé ce taux d'entrée en invalidité pour l'ensemble du portefeuille à : $taux_{retenu} = 0,074\%$

Pour l'estimation de ce taux, nous avons utilisé le triangle de déclaration des sinistres en nombre (4.3) du chapitre précédent qui a été complété via la méthode de Chain Ladder afin d'obtenir le nombre de sinistres à l'ultime.

En utilisant ce triangle complet, nous avons pu récupérer les informations suivantes :

— le nombre d'individus entrés en invalidité en 2014 : 21,
— le nombre d'individus entrés en invalidité en 2015 : 22.

Le taux d'entrée en invalidité est calculé via la formule suivante :

$$taux_{retenu1} = \frac{21}{28911} = 0,073\%$$
$$taux_{retenu2} = \frac{22}{28911} = 0,076\%$$
$$taux_{retenu} = Moyenne(taux_{retenu1}, taux_{retenu2}) = 0,074\%$$

Suite à cette hypothèse le tarif est calculé via la formule suivante :

$$Tarif = Taux_{retenu} \times PM(x = \hat{a}ge\ d'\text{entrée}, anc = 0) \tag{5.2}$$

où

— $Taux_{retenu}$ représente la probabilité de passage en invalidité.

— $PM(x = \hat{a}ge\ d'\text{entrée}, anc = 0)$ représente la charge de l'assureur suite à l'entrée en invalidité de l'assuré.

Comme nous n'avons pas assez de données à notre disposition, nous avons utilisé la table de maintien en invalidité du BCAC pour calculer la *PM(x= âge d'entrée,anc=0)*. La méthode utilisée pour calculer la *PM(x= âge d'entrée,anc=0)*, est identique à la celle décrite dans le chapitre provisionnement pour les rentes d'invalidité mensuelles (cf. partie I : 3.3.2.2).
A l'exception que cette fois-ci, l'ancienneté est nulle car le tarif est établi, pour un individu qui deviendrait invalide. Par conséquent il n'y aura pas d'interpolation à effectuer par rapport à l'ancienneté.

Rappel des étapes nécessaires au calcul de la *PM(x= âge d'entrée, anc=0)*

Etape 1 : Mensualisation de la table de maintien en invalidité du BCAC
La table de maintien en invalidité du BCAC fournit le nombre d'invalides pour un âge d'entrée et une ancienneté annuelle. Nous avons donc mensualisé la table via une interpolation linéaire afin d'avoir le nombre d'invalides par âge d'entrée et pour une ancienneté mensuelle.

Pour cela dans la partie I, nous avions calculé les nombres d'invalides : $L^{x,anc_i}_{interpole}$. où

— x représente l'âge d'entrée en invalidité allant de 20 ans jusqu'à l'âge de départ à la retraite,
— anc_i représente l'ancienneté en mois dans l'état d'invalidité avec $anc_i = anc + \frac{i}{12}$, avec $i \in [1, n \times 12]$ et $anc \in [0\ , n]$. Ici, n représente l'ancienneté maximale en invalidité fournit par la table du BCAC (n=42 pour un départ à la retraite à 62 ans et n=45 pour un départ à la retraite à 65 ans).

Etape 2 : Nombre d'invalides à l'âge d'entrée exact avec une ancienneté nulle

À ce stade, nous souhaitons déterminer le nombre d'individus encore en invalidité pour un âge d'entrée exact (non entier) et une ancienneté nulle. Contrairement à la partie I, où nous avions effectué une double interpolation linéaire à partir de quatre points, nous allons uniquement effectuer une interpolation linéaire simple par rapport à l'âge en utilisant les 2 points suivants : $L_{interpole}^{x_{inf},anc_i}$ et $L_{interpole}^{x_{sup},\,anc_i}$.

5.3.2 Hypothèses concernant le calcul du tarif de notre portefeuille

Les tarifs d'une garantie invalidité d'un portefeuille sont souvent établis par tranche (TA et TB du plafond de la sécurité sociale), par catégorie socio-professionnelle, ou autres. Ainsi un taux de prime identique est fourni par tranche du plafond de la sécurité sociale ou par catégorie socio-professionnelle. Ce taux de prime sera appliqué au salaire afin d'avoir les montants de cotisations. Nous n'appliquerons pas ce type de tarif dans ce mémoire. Nous nous limiterons à l'établissement d'un tarif identique pour l'ensemble du portefeuille comme tel que décrit dans la formule 5.2.

De plus, les caractéristiques démographiques du portefeuille d'adhérents sont inconnues, seul l'âge moyen du portefeuille est connu. Nous considérons donc un tarif unique calibré sur un adhérent d'âge moyen x = 47,53 ans et d'une indemnisation à hauteur de 52% du salaire, le salaire de notre adhérent étant de 34 500 euros par an.

Pour établir les caractéristiques de notre adhérent, nous nous sommes basés sur les hypothèses suivantes :

- âge d'entrée en invalidité de l'adhérent représente la moyenne des âges des adhérents du portefeuille,
- le salaire de l'adhérent représente le salaire moyen du portefeuille sinistré,
- le portefeuille sinistré montre que la plupart de nos invalides sont de 1ère catégorie, le contrat stipule une perception en net de 52% du salaire. Cela explique la hauteur de l'indemnisation de notre adhérent.

Le tarif est donc établi pour un adhérent avec les caractéristiques suivantes :

Age	47,53 ans
Salaire net	34 500 €
Hauteur de l'indemnisation	52%

5.4 Effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite sur le tarif

Nous avons vu dans le chapitre précédent que nous considérons un tarif unique calibré sur un adhérent d'âge moyen de 47,53 ans et d'une indemnisation à hauteur de 52% du

salaire, le salaire moyen de notre portefeuille étant de 34 500 euros par an.

En tenant compte des différentes étapes citées précédemment ainsi que de la méthode décrite dans la partie I de ce mémoire, la provision mathématique pour un départ à la retraite à 62 ans que l'assureur devra constituer est de 216 627€ pour un niveau d'indemnisation annuel de 17 863 €.

Pour rappel le tarif s'obtient avec la formule suivante :

$$Tarif = Taux_{retenu} \times PM(x = \hat{a}ge\ d'\text{entrée}, anc = 0)$$

Par conséquent pour un âge de départ à la retraite à 62 ans, **le tarif annuel** à payer par l'assuré est de **160 €**.

En augmentant l'âge de départ à la retraite de 3 ans, la PM est de 251 774 € et **le tarif** annuel s'élève à **186 €**.

L'augmentation de l'âge de départ en retraite de trois ans se traduit par une hausse du tarif de 16,22%.

Troisième partie

Quels sont les effets d'une augmentation de l'âge de départ en retraite sur le bilan prudentiel ? Comment les quantifier dans le cadre de l'ORSA ?

Chapitre 6

L'évaluation du risque de changement réglementaire dans le cadre de la deuxième évaluation de l'ORSA

Sommaire

6.1 Référentiel Solvabilité 2 88
6.1.1 Pilier I : Les exigences quantitatives 89
6.1.2 Pilier II : Les exigences qualitatives 89
6.1.3 Pilier III : La discipline de marché 90
6.2 Deuxième évaluation de *L'ORSA* 91

6.1 Référentiel Solvabilité 2

Le système réglementaire actuel Solvabilité I entrée en vigueur en 2001, impose des contraintes aux assureurs en terme de solvabilité. Ce système réglementaire a été soumis à de grands travaux de réformes dont l'objectif est d'harmoniser au niveau européen les règles de solvabilité et de renforcer la protection des assurés. A la suite de ces travaux, la commission européenne a mis en place la nouvelle réforme réglementaire (2009/138/CE) : Solvabilité 2.

Ci-dessous quelques étapes importantes entre l'adoption de la nouvelle directive et son entrée en vigueur :

— adoption de la nouvelle directive Solvabilité II en 2009,
— élaboration et adoption des mesures d'application par la commission européenne avec l'aide du *CEIOPS*[1],
— adoption de la directive Omnibus II officialisant la date du 1er janvier 2016 pour le démarrage de solvabilité II et donnant des pouvoirs étendus à l'EIOPA [2] pour en préciser le cadre au travers de *Guidelines* et des *Implementing Technical Standard.*,
— de janvier 2014 à janvier 2016, application des mesures préparatoires (portant principalement sur le pilier II et III) publiés en septembre 2013 par l'EIOPA,
— Entrée en vigueur de Solvabilité II en janvier 2016.

De la même manière que pour Solvabilité I, Solvabilité II vise à garantir le respect des engagements des assureurs vis-à-vis des assurés. Pour cela, la nouvelle directive définit le niveau de fonds propres des assureurs en fonction des risques qu'ils encourent et se base sur un concept d'évaluation en "fair value ". Cela implique une approche économique des actifs et des passifs au bilan afin d'être en adéquation avec la réalité économique.

Solvabilité II s'articule autour de trois piliers pour une évaluation du risque aussi qualitative que quantitative :
— Pilier 1 : Les exigences quantitatives,
— Pilier 2 : Les exigences qualitatives,
— Pilier 3 : Les exigences d'informations ou la discipline de marché.

1. European Insurance and Occupational Pensions Authority.
2. Autorité européenne des assurances et des pensions professionnelles

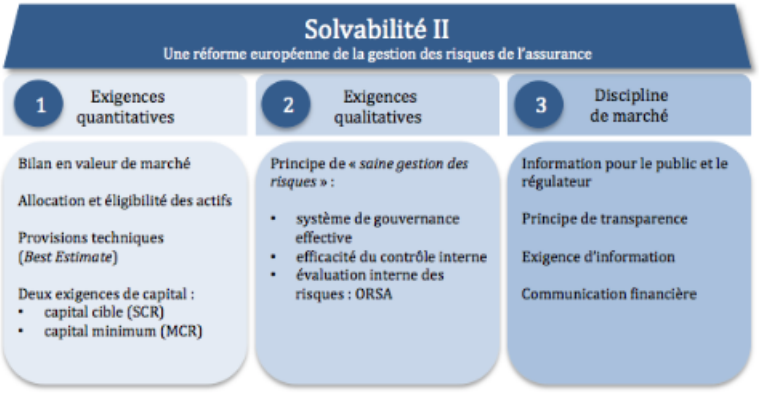

FIGURE 6.1 – Les piliers de la directive Solvabilité II.

6.1.1 Pilier I : Les exigences quantitatives

Ce premier pilier s'articule autour de trois axes :

— évaluation des engagements portés par les assureurs envers les assurés via une provision *Best Estimate,*

— définition des exigences réglementaires en matière de fonds propres via deux indicateurs de solvabilité : le SCR (*Solvency Capital Requirement*) et le MCR (*Minimum Capital Requirement*). Ces deux indicateurs sont importants pour la poursuite de l'activité des entreprises d'assurance ou de réassurance.

— sélection des actifs liquides en face du passif et rapidement mobilisables pour couvrir les crises imprévues.

6.1.2 Pilier II : Les exigences qualitatives

Ce pilier vient compléter l'aspect quantitatif définit précédemment en mettant l'accent sur la gouvernance, la bonne gestion du risque de l'assureur et son efficacité à le superviser. A ce titre l'entreprise d'assurance ou de réassurance doit identifier son exposition face aux différents risques et proposer des méthodes pour y faire face. Un contrôle interne des risques est mis en place via un processus d'auto évaluation *l'ORSA (Own Risk and Solvency Assessment).* Ce processus permet d'assurer la bonne gouvernance de l'entreprise et constituera un outil de pilotage de l'activité de l'entreprise et de management des risques.

Remarque : le pilier II est souvent désigné comme étant le pilier définissant l'aspect qualitatif de la directive, nous verrons dans la suite que le processus d'auto-évaluation *l'ORSA* confère à ce pilier un aspect quantitatif.

6.1.3 Pilier III : La discipline de marché

Les entreprises d'assurance et de réassurance devront publier des informations à destination du public (assurés, actionnaires etc...) ainsi que des informations à destination du régulateur pour plus de transparence. Les informations communiquées au régulateur seront axées sur les résultats de solvabilité obtenus via le pilier I ainsi que les résultats obtenus via le processus d'auto-évaluation du pilier II.

6.2 Deuxième évaluation de *L'ORSA*

L'*ORSA* ou l'évaluation interne des risques et de la solvabilité est défini par l'article 45 de la directive Solvabilité 2 et constitue un ensemble de processus formant un outil d'analyse. Cet outil vise à comprendre et évaluer de manière prospective la structure des risques liés à l'activité d'une entreprise d'assurance, sa capacité à couvrir les risques et à absorber les fluctuations. L'*ORSA* permet de compléter les travaux quantitatifs du pilier I et de renforcer la gouvernance de l'entreprise d'assurance ou de réassurance. Elle est au cœur de la directive et offre une vision pluriannuelle du portefeuille de risques de la compagnie qui servira à la prise de décisions stratégiques de l'entreprise.

L'article 45 de la directive Solvabilité 2 stipule que :« *Dans le cadre de son système de gestion des risques, chaque entreprise d'assurance et de réassurance procède à une évaluation interne des risques et de la solvabilité* ». C'est ainsi que le régulateur invite les organismes d'assurance et de réassurance « à envisager dans les rapports *ORSA* des scénarios extrêmes y compris ceux qui mettraient en défaut leur solvabilité ».

Afin d'évaluer l'effet de ces scénarios extrêmes sur la solvabilité de l'entreprise d'assurance, les assureurs disposent de trois évaluations à minima :

- *le besoin global de solvabilité, compte tenu du profil de risque spécifique, des limites approuvées de tolérance au risque et de la stratégie commerciale de l'entreprise*,
- *le respect permanent des exigences de capital [...] et des exigences concernant les provisions techniques [...],*
- *La mesure dans laquelle le profil de risque de l'entreprise s'écarte des hypothèses qui sous-tendent le capital de solvabilité requis [...] calculé à l'aide de la formule standard [...], ou avec un modèle interne partiel ou intégral [...]. ».*

Le scénario de choc étudié ici est l'effet de l'allongement de l'âge de départ en retraite de 3 ans sur les exigences de capital et sur les provisions techniques sous Solvabilité 2. Ce choc sera donc étudié dans le cadre de la deuxième évaluation de l'*ORSA* .

Focus sur la deuxième évaluation de l'*ORSA*

La deuxième évaluation de l'*ORSA* porte sur les deux axes suivants : le respect permanent des exigences de capital et le respect permanent des exigences concernant les provisions techniques.

Concernant l'exigence de capital, il s'agit d'évaluer dans quelle mesure les organismes seront à même de couvrir les exigences de solvabilité réglementaire à savoir le SCR et le MCR (à minima) sur un horizon au moins égal à celui du plan d'activité de l'organisme. Par conséquent, cette évaluation doit prendre en compte :

- Les changements potentiels importants du profil de risque,

— La qualité des fonds propres mis en regard du SCR et du MCR sur l'ensemble de la période considérée.

Concernant les provisions techniques, il s'agit d'évaluer les risques résultant des incertitudes liées au calcul et à la méthode de calcul des provisions techniques.

L'effet de l'augmentation de l'âge de la retraite de 3 ans dans le cadre de la deuxième évaluation de l'ORSA sera étudié selon trois axes :

— Effet de l'augmentation de l'âge de départ à la retraite sur les provisions techniques de Solvabilité 2

— Effet de l'augmentation de l'âge de départ à la retraite sur le SCR

— Effet de l'augmentation de l'âge de départ à la retraite sur le ratio de couverture du SCR. Ce ratio représente le rapport entre les fonds propres obtenus via le bilan prudentiel (Solvabilité II) et le capital de solvabilité requis.

Chapitre 7

L'effet d'une augmentation de l'âge de départ en retraite sur les provisions techniques

Sommaire

7.1 Provisions techniques de la garantie invalidité sous Solvabilité 2 94
7.1.1 Définition de la provision *Best Estimate* 95
7.1.2 Le *Best Estimate* de sinistres pour les rentes d'invalidité 97
7.1.3 Le *Best Estimate* des primes d'invalidité 100
7.2 Calcul de la marge de risque pour des garanties invalidité . . 107
7.3 Effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite sur les Provisions Solvabilité 2 109

7.1 Provisions techniques de la garantie invalidité sous Solvabilité 2

Les provisions techniques sous Solvabilité 2 sont de loin le poste le plus important au passif du bilan. Elles sont évaluées comme étant les montants que l'on pourrait transférer ou régler entre des parties consentantes dans des conditions de concurrence normales. Elles dépendent fortement du type de risque. Nous pouvons classer les risques en deux catégories : les risques réplicables et les risques non réplicables. Cette notion de risque réplicable renvoi à l'utilisation d'instruments financiers.

Lorsqu'un risque peut être répliqué via des instruments financiers, avec une valeur de marché observable liquide et rentable alors les provisions techniques représentent le cours de l'instrument financier sur le marché. Lorsque le risque ne peut pas être répliqué via des instruments financiers, alors les provisions techniques correspondent à la somme entre le *Best Estimate* et la *Risk Margin*.

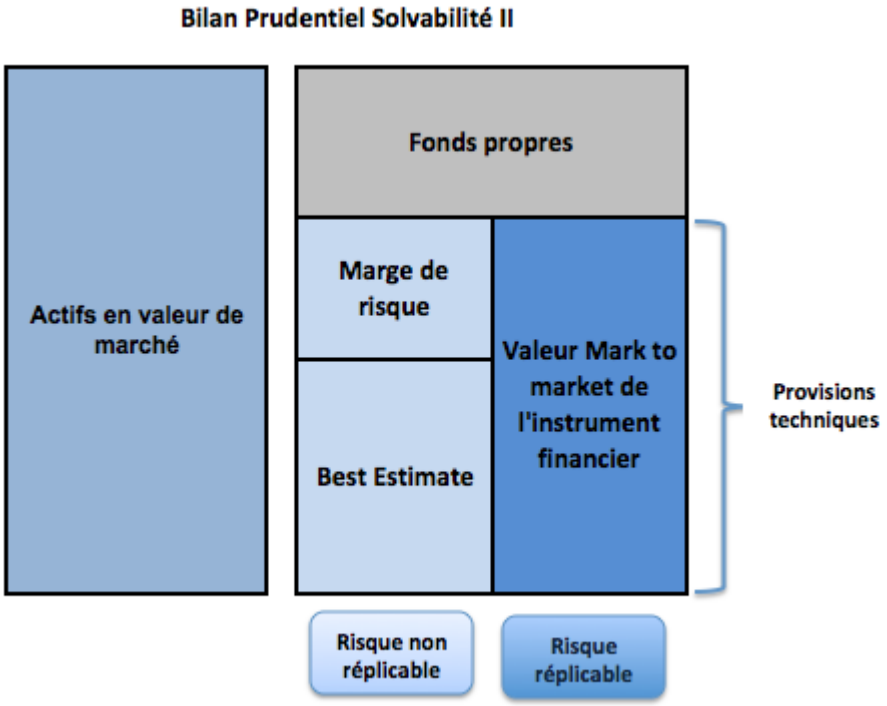

FIGURE 7.1 – Bilan Solvabilité II.

Nous sommes dans le cas où les provisions techniques représentent la somme du Best Estimate et du Risk margin.

7.1.1 Définition de la provision *Best Estimate*

Une définition du «*Best Estimate*» (la meilleure estimation) est donnée dans l'article 77 de la directive comme étant « la moyenne pondérée par leur probabilité des flux des trésoreries futurs, compte tenu de la valeur temporelle de l'argent (valeur actuelle attendue des flux futurs), estimée sur la base de la courbe des taux sans risque pertinents».

L'EIOPA fournit pour chaque devise et chaque pays, une courbe des « taux sans risques avec ou sans ajustements ». Nous utiliserons la courbe des taux sans ajustements pour l'actualisation des flux de trésoreries futurs et permet ainsi d'apprécier la valeur temporelle de l'argent. Cette courbe donne pour chaque maturité le niveau de taux d'intérêt correspondant.

Ci dessous le graphique de la courbe des taux sans risque sans ajustement de la volatilité publiée par l'EIOPA au 31/12/2016.

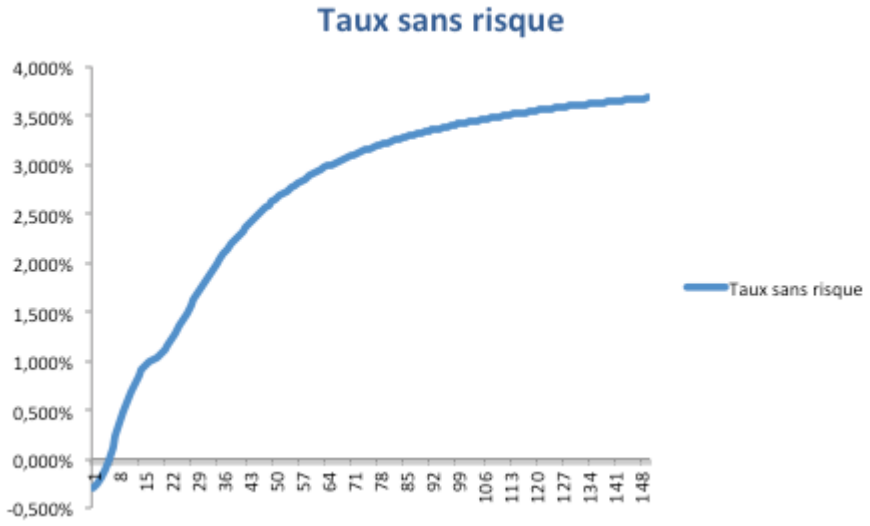

FIGURE 7.2 – Publication des taux sans risque par l'EIOPA.

Une traduction de la définition du *Best Estimate* par l'article 77 de la directive, donne la formule suivante :

$$Best\,Estimate = \mathbb{E}[\ \sum_{i=1}^{N} \frac{F_i}{(1+r_i)^i}\ ] \tag{7.1}$$

Où,
— F_i correspond aux flux de trésorerie futur à la date i,
— r_i les taux sans risque publié par l'EIOPA à la date i,
— N représente la dernière année de projection.

Par conséquent :

$$Best\,Estimate = \mathbb{E}[\ \sum_{i=1}^{N} \frac{Flux\,sortants_i - Flux\,entrants_i}{(1+r_i)^i}\ ] \tag{7.2}$$

Où,
— $Flux\,sortants_i$ correspond aux flux à la charge de l'assureur à la date i,
— $Flux\,entrants_i$ correspond aux flux que l'assureur percevra à la date i.

La garantie invalidité fonctionne par année de survenance car les primes perçues pendant une année donnée permettent de couvrir les sinistres survenus au cours de cette année. Par conséquent nous allons effectuer deux calculs de *Best Estimate*, un premier calcul qui ne prendra en charge que les flux de trésorerie sortants qui sont les prestations versées par l'assureur et un second calcul qui prendra en compte les primes versées par les assurés.

Concernant la notion de flux futurs abordée dans la définition du Best Estimate, comme les prestations seront versées tant que l'assuré demeurera en invalidité, nous devrons projeter nos flux jusqu'à l'âge de départ en retraite. A partir de cette date, l'assuré ne percevra plus les rentes d'invalidité mais plutôt une pension vieillesse de la sécurité sociale.

Pour la suite, les taux sans risques r publiés par l'EIOPA seront notés i.

7.1.2 Le *Best Estimate* de sinistres pour les rentes d'invalidité

Le *Best Estimate* de sinistres est calculé pour les assurés déjà en invalidité. Cette provision est égale à la somme des flux de prestations et frais futurs actualisés sur l'ensemble de la durée de l'engagement de l'assureur.

La valeur actuelle probable à payer pour une rente annuelle d'un euro hors frais est donnée par la formule suivante :

$$VAP_{1\text{€ de prestations}} = \sum_{a=1}^{n-(x+anc)} \frac{L^{inv}_{x,anc+a}}{L^{inv}_{x,anc}} \cdot \frac{1}{(1+i_a)^a}, pour\ a \geq 1 \tag{7.3}$$

La définition du *Best Estimate* donnée précédemment consiste à simuler différents scénarios économiques et à prendre la moyenne de ces différents scénarios.

Ces différents scénarios économiques dépendent de la revalorisation des rentes d'invalidité. Le contrat étudié dans ce mémoire est un contrat annuel et nous avons vu dans la partie I (cf.2.3) que l'assureur n'a pas l'obligation de revaloriser les rentes après la résiliation du contrat. Par conséquent la revalorisation des rentes sera uniquement effectuée pendant une année.

Remarque :

1. la revalorisation des contrats est indexée sur un indice référent. Pour le contrat étudié, l'indice référent est l'indice AGIRC. Cet indice n'ayant pas augmenté ces trois dernières années, nous avons retenu l'hypothèse suivante : le taux de revalorisation des rentes d'invalidité est nul. Par conséquent nous ne tiendrons pas compte de la revalorisation des rentes lors du calcul du *Best Estimate* de sinistres.

2. concernant le *Best Estimate* de sinistres, l'hypothèse retenue consiste à projeter les flux tel que décrit dans la première partie (cf I.3.3). Les taux sans risque de l'EIOPA seront utilisés pour l'actualisation des flux projetés.

Au vue des hypothèses retenues, la formule permettant de calculer le *Best Estimate* de sinistres hors frais pour une rente annuelle versée en fin de période est donnée par :

$$BE\ de\ sinistres = \sum_{a=1}^{n-(x+anc)} \frac{L^{inv}_{x,anc+a}}{L^{inv}_{x,anc}} \cdot rente \cdot \frac{1}{(1+i_a)^a}, \tag{7.4}$$

En reprenant les notations introduites dans la partie I, le *Best Estimate* de sinistres hors frais pour une rente mensuelle versée en fin de période est donnée par :

$$BE\ de\ sinistres = \sum_{t=1}^{(n-(x+anc))\cdot 12} \frac{L_{\text{interpolé}}^{x_{exact},anc+t}}{L_{inv}^{x_{exact},anc_{exacte}}} \cdot Rente \cdot \frac{1}{(1+i_t)^{\frac{t}{12}}},\ t\ est\ mensuel\ et\ t \geq 1 \tag{7.5}$$

Pour calculer la valeur actuelle probable des frais, il suffit d'appliquer la formule suivante :

$$VAP\,des\,frais\ = taux\,de\,frais \cdot BE\,hors\,frais$$

Où le *BE* de sinistres hors frais est obtenu via l'application de la formule (7.5).

Cas pratique :

Nous avons repris l'exemple introduit dans la première partie (cf I.3.3) :

Âge d'entrée en invalidité	47,53 ans
Ancienneté au 31/12/2016	8,24 ans
Rente annuelle	17 863 €

TABLE 7.1 – informations sur l'assuré

A partir des flux projetés, nous avons appliqué la formule (7.5), les valeurs obtenues sont les suivantes :

— *BE* pour un départ à la retraite à 62 ans : 103 140 €
— *BE* pour un départ à la retraite à 65 ans : 146 778 €

L'augmentation de l'âge de départ en retraite de 3 ans implique une augmentation de 42,3% du *Best Estimate* de sinistres pour un individu entré en invalidité à 47,53 ans et avec une ancienneté de 8,24 ans au 31/12/2016.

Pour rappel les provisions obtenues sous S1 sont les suivantes :

— Provisions S1 pour un départ à la retraite à 62 ans : 101 390 €
— Provisions S1 pour un départ à la retraite à 65 ans : 144 615 €

L'augmentation de l'âge de départ en retraite de 3 ans implique une augmentation de 42,6% des provisions mathématiques (S1) pour un individu entré en invalidité à 47,53 ans et avec une ancienneté de 8,24 ans au 31/12/2016.

Pour ce cas pratique, l'effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite de 3 ans entraîne une hausse plus importante (+0,76%) des provisions mathématiques de Solvabilité 1 que du *Best Estimate* de sinistres.

Le chapitre 8.3 permettra d'étudier l'effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite sur le *Best Estimate* de sinistres pour l'ensemble du portefeuille sinistré.

7.1.3 Le *Best Estimate* des primes d'invalidité

Les BE des primes représentent les résultats attendus sur les primes futures et seront donc constitués des éléments suivants :

— conformément à la frontière des contrats, nous ne tiendrons compte que des cotisations estimées pour l'année 2017 (le contrat est annuel et est renouvelé chaque année sur décision du souscripteur),

— les sinistres et les frais qui surviendront après la date d'évaluation relatifs aux cotisations estimées pour l'année 2017.

Remarque : Le calcul du *Best Estimate* de primes n'utilise pas l'historique car le portefeuille étudié présente un nombre d'entrée en invalidité assez faible (maximum de 25 invalides par an). La solution alternative que nous proposons est d'utiliser les cadences de règlements de l'individu moyen pour répartir les prestations versées au titre de la survenance 2017. Cet individu moyen a un âge d'entrée en invalidité égal à la moyenne des âges des adhérents, sa rente annuelle est la moyenne des rentes annuelles du portefeuille sinistré et son ancienneté est nulle (car nous cherchons à avoir la cadence des personnes rentrant en invalidité en 2017.)

Les différentes étapes de calcul du *BE* de primes sont les suivantes :

1. Pour le calcul de la charge de sinistre totale pour 2017, nous nous appuierons sur une hypothèse de ratio $\frac{S}{P}$ cible.

$$\text{Ainsi, } Charge_{Ultime_{2017}} = \frac{S}{P} \cdot Cotisations_{\text{Estimées2017}}$$

2. Pour calculer le *BE* de primes pour un départ à la retraite à 65 ans nous allons considérer deux cas de figures :
   — nous ne rehausserons pas le tarif dans un premier temps,
   — nous tiendrons compte de l'augmentation du tarif établi dans la partie II (cf...)

3. La charge ultime calculée au point 1 est d'abord répartie par année de déclaration des sinistres par la méthode de Chain-Ladder, puis par année de paiement à partir des cadences de règlement obtenu par l'intermédiaire de l'individu moyen sélectionné. Les cadences de règlement de l'individu moyen seront calculées via les tables de maintien en invalidité du BCAC.

4. La dernière étape consistera à prendre en compte les frais liés aux primes et sinistres futurs.

Remarque : nous avons vu dans la partie II, que pour compenser le surplus de prestations versées par les assureurs, les tarifs devront être augmentés si l'âge de départ en retraite des assurés est augmenté de trois ans. Cette augmentation du tarif impactera à la fois le *BE* de primes, l'exigence en capital au titre du risque de primes et de réserves ainsi que l'exigence en capital au titre du risque de cessation en santé NSLT. Par conséquent, deux résultats seront fournis pour le calcul de ces exigences en capital ainsi que le calcul du *BE* de primes. Un premier résultat qui n'inclura pas la hausse des tarifs et un second résultat qui tiendra compte de l'augmentation des tarifs pour un départ à la retraite à 65 ans.

Pour faciliter la compréhension, tout au long de ce chapitre, les calculs du *BE* de primes pour un âge de départ à la retraite à 65 ans seront effectués sans tenir compte du tarif. En fin de chapitre nous donnerons les résultats obtenus pour le *BE* de primes avec une augmentation du tarif.

Nous allons décrire le calcul du *Best Estimate* de primes d'invalidité en trois étapes :

Étape 1 : Valeur actualisée des cotisations futures

Les meilleures estimations des cotisations sont basées sur les cotisations estimées dans le budget 2017 et sont brutes de chargements. Le taux d'actualisation est le taux sans risque i publié par l'EIOPA ($i = -0,301\%$).

Les cotisations estimées dans le budget 2017 au titre de la garantie invalidité sont de 4 593 160 €.

$$\begin{aligned} Valeur\,\text{actualisée}_{Cotisation} &= 4\ 593\ 160 \cdot (1+i)^{-0,5} \\ &= 4\ 600\ 088\ euros \end{aligned} \tag{7.6}$$

Étape 2 : Charge ultime des prestations futurs

Pour calculer le montant des prestations futures (relatif à des contrats existants), nous allons utiliser le loss-ratio brut $\frac{S}{P}$ ainsi que les cotisations estimées dans le budget 2017. Le loss-ratio brut pour un départ à la retraite à 62 ans nous a été fourni par le client il est de 56%.

Le loss-ratio retenu pour un départ à la retraite à 65 ans sans augmentation du tarif a été calculé via la formule suivante :

$$\frac{S}{P}_{\text{départ 65 ans}} = \frac{S}{P}_{\text{départ 62 ans}} \cdot (1 + 15,02\%) = 64,41\%$$

Où $15,02,\%$ représente le pourcentage d'augmentation observé sur le Best Estimate de sinistre de l'individu moyen ($\frac{BE_{sinistre_{\text{départ 65}}}}{BE_{sinistre_{\text{départ 65}}}} - 1 = 15,02\%$ voir étape 2.2 de ce chapitre).

Par conséquent nous allons calculer deux charges ultimes de prestations futures :

— pour un départ à la retraite à 62 ans, la charge totale se calcule via la formule suivante :

$$Charge_{totale} = \frac{S}{P} \cdot Cotisations_{estimes\,2017} = 56\% \cdot 4\ 593\ 160 = 2\ 572\ 169\ euros$$

— en appliquant la même formule, la charge totale des prestations futures est de 2 958 590 euros pour un départ à la retraite à 65 ans.

La charge de prestations totale sera répartie par année de déclaration des sinistres et par cadence de règlement de l'individu moyen.

Étape 2.1 :Cadence des règlements de sinistre

A partir de notre base de sinistres, nous allons utiliser la méthode de Chain-Ladder pour avoir une répartition des tardifs ainsi que le nombre total d'invalides par exercice.

Nous avons constitué un triangle non cumulé du nombre de sinistres (voir ci dessous).

Année Survenance/Année comptable	1	2	3	4	5	6
2011	8	7	1	0	0	0
2012	8	10	3	0	0	
2013	16	10	2	0		
2014	11	9	1			
2015	12	8				
2016	18					

FIGURE 7.3 – Triangle non cumulé de la déclaration des sinistres.

Nous avons utilisé les mêmes notations introduites dans la partie II (cf étude de sinistralité du portefeuille).

Année Survenance/Année comptable	1	2	3	4	5	6
2011	8	15	16	16	16	16
2012	8	18	21	21	21	
2013	16	26	28	28		
2014	11	20	21			
2015	12	20				
2016	18					
Facteur de developpement:	1,80	1,0886	1,0	1,0	1,0	

FIGURE 7.4 – Triangle cumulé et facteurs de développement.

Après avoir obtenu le triangle cumulé de la déclaration du nombre de sinistres. Nous allons compléter le triangle en calculant :

Le nombre ultime : $\hat{C}_{i,n} = C_{i,n} * \prod_{j=n-i}^{n-1} \hat{f}_j$

L'$IBNR_{total} = \sum_{i=0}^{n-(j+1)} (\hat{C}_{i,n} - \hat{C}_{i,n+1-i})$

Année Survenance/Année comptable	1	2	3	4	5	6
2011	8	15	16	16	16	16
2012	8	18	21	21	21	21
2013	16	26	28	28	28	28
2014	11	20	21	21	21	21
2015	12	20	22	22	22	22
2016	18	32,4	35	35	35	35
Cadence des tardifs de declaration de sin	51,03%	40,83%	8,14%	0,00%	0,00%	0,00%

Ultime	Payé	IBNR
16	16	0
21	21	0
28	28	0
21	21	0
22	20	2
35	18	17
Total:		19

FIGURE 7.5 – Triangle complet de la déclaration des sinistres.

La cadence des tardifs ci-dessus (Voir fig 8.5) a été calculée via la formule suivante :

$$Cadence_i = \frac{C_{n,i}}{C_{n,n}} - \sum_{j=1}^{i-1} Cadence_j$$

Étape 2.2 : Cadence de règlements de l'individu moyen

L'âge moyen d'entrée en invalidité de nos adhérents est de 47,53 ans. La moyenne des rentes annuelles est de 17 863 €. Notre individu moyen aura donc un âge d'entrée en invalidité de 47,53 ans et une rente annuelle de 17 863€.

Comme le *Best estimate* de primes permet de tenir compte des sinistres futurs qui seront réalisés au cours de l'année 2017 (non encore connus au 31/12/2016), alors notre individu moyen aura une ancienneté nulle.

Nous commençons par projeter les flux de prestations de l'individu moyen afin d'avoir ses cadences de règlements par année de paiement. La cadence de règlements de l'individu moyen est obtenue à partir des flux de prestations projetés et du montant de BE des sinistres défini précédemment.

$$Cadence_{indMoyen_i} = \frac{Flux\ annuel_i}{BE_{sinistres\,hors frais}}$$

Où le $BE_{sinistres\,hors frais}$ est obtenu par application de la formule (7.5) (cf III.7.1.2) :

— le BE de sinistre hors frais est de 215 794 € pour un départ à la retraite à 62 ans,
— le BE de sinistre hors frais est de 248 213€ pour un départ à la retraite à 65 ans.

Cadence annuelle de l'individu moyen									
Années	2017	2018	2019	2020	...	2031	2032	2033	2034
départ à 62 ans	8,22%	8,12%	8,00%	7,85%	...	2,47%	0,00%	0,00%	0,00%
départ à 65 ans	7,15%	7,06%	6,95%	6,82%	...	4,57%	4,42%	4,27%	1,94%

TABLE 7.2 – Cadence annuelle de l'individu référent.

Etape 3 : Calcul du Best Estimate de prime

A partir des cadences définies précédemment (cadence de règlements des sinistres) une première répartition de la charge ultime a été réalisée comme suit :

Répartition de la charge ultime selon la cadence de déclaration des sinistres

Années	Départ à 62 ans	Départ à 65 ans
2017	51,04% x 2,572K € = 1,31m €	51,04% x 2958K € = 1,51m €
2018	40,83% x 2,572K € = 1,05m €	40,83% x 2,958K € = 1,23m €
2019	8,14% x 2,572K € = 209K €	8,14% x 2,958K € = 240K €

FIGURE 7.6 – Répartition de la charge de sinistre selon la cadence de déclaration de sinistre.

Une seconde répartition de la charge ultime est effectuée selon la cadence de règlement de l'individu moyen.

Pour un départ à la retraite à 62 ans, la répartition des flux est la suivante :

Départ à la retraite à 62 ans

Années	N	N+1	N+2
2017	8%	-	-
2018	8%	16%	-
2019	8%	8%	24%
2020	8%	8%	8%
...	...	8%	...
2030	5%	7%	5%
2031	2%	7%	2%
2032	0%	0%	0%

Repartition de la charge 2017 de 1,31 m€	Repartition de la charge 2018 de 1,05 m€	Repartition de la charge 2019 de 209 K€	Charge totale
107 893 €	-	-	107 893 €
106 562 €	171 564 €	-	278 127 €
104 982 €	83 986 €	50 948 €	239 916 €
103 040 €	82 432 €	16 434 €	201 906 €
...	...	...	...
71 311 €	57 049 €	11 374 €	139 733 €
32 389 €	25 911 €	5 166 €	63 465 €
0 €	0 €	0 €	0 €

Cadence * Charge utlime de l'année i

FIGURE 7.7 – Seconde répartition de la charge de sinistre selon la cadence de règlement de l'individu moyen.

Pour un départ à la retraite à 65 ans, la répartition des flux est la suivante :

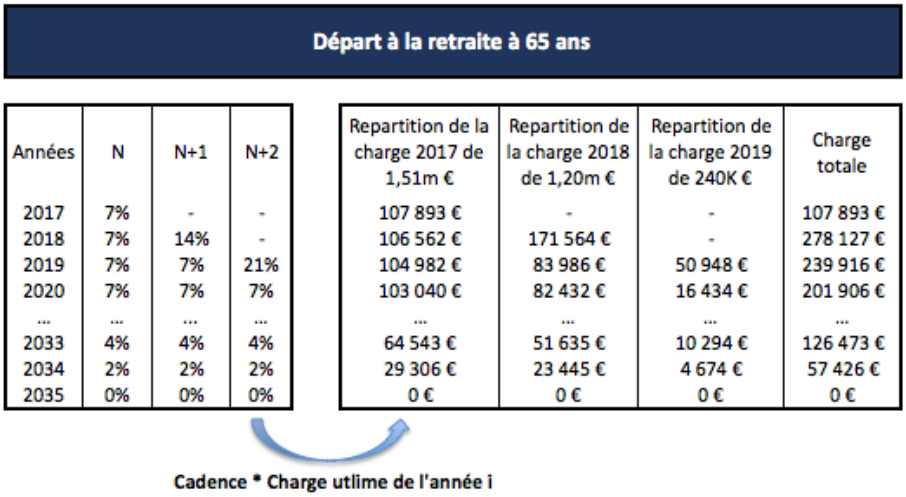

FIGURE 7.8 – Seconde répartition de la charge de sinistre selon la cadence de règlement de l'individu moyen départ à 65 ans.

Le Best estimate des primes est calculé suivant la formule suivante :

$$BE\ primes = Valeur\,\text{actualisée}_{Prestations} + Valeur\,\text{actualisée}_{frais} - Valeur\,\text{actualisée}_{cotisations}$$

La valeur actuelle probable de frais futurs se compose des :
— frais d'acquisition calculés sur les flux de cotisations actualisés(4%),
— frais de gestion de sinistres et d'administration calculés sur les flux de prestations actualisés (respectivement de 3% et de 19%).

Départ à la retraite à 62 ans			
Années	Charge totale	Ens Frais	(Pres+frais-cot) actualisés
2017	107 893 €	964 704 €	-3 525 873 €
2018	278 127 €	5 154 €	284 398 €
2019	239 916 €	4 446 €	245 607 €
2020	201 906 €	3 742 €	206 521 €
...	..	...	...
2030	139 733 €	2 590 €	125 939 €
2031	63 465 €	1 176 €	56 295 €
2032	0 €	0 €	0 €

Départ à la retraite à 65 ans			
Années	Charge totale	Ens Frais	(Pres+frais-cot) actualisés
2017	107 893 €	964 704 €	-3 525 873 €
2018	278 127 €	5 154 €	284 398 €
2019	239 916 €	4 446 €	245 607 €
2020	201 906 €	3 742 €	206 521 €
...	...	...	...
2033	126 473 €	2 344 €	109 027 €
2034	57 426 €	1 064 €	48 795 €
2035	0 €	0 €	0 €

FIGURE 7.9 – Flux pour le calcul du BE de primes.

Sans tenir compte de l'augmentation des tarifs, le *BE* de primes s'élèvent à -1 100 905 € pour un départ à la retraite à 62 ans et à -765 124€ pour un départ à la retraite à 65 ans.

Ensuite, nous avons modifié l'hypothèse retenue à l'étape 2 sur le loss-ratio pour tenir compte de l'augmentation du tarif pour un âge de départ à la retraite à 65 ans. En rehaussant le tarif, nous retenons le S/P suivant :

$$\frac{S}{P}_{\text{départ 65 ans}} = \frac{S}{P}_{\text{départ 62 ans}} \cdot \left(\frac{(1+15,023\%)}{(1+16,22\%)}\right) = 55,42\%$$

Où, 16,22% correspond à l'augmentation du tarif obtenu dans la partie II (cf.chapitre 5.4) et 15,023% correspond au pourcentage d'augmentation du *BE* de sinistres de l'individu moyen.

En tenant compte de l'augmentation des tarifs, le *Best Estimate* de primes s'élèvent à -1 165 867 € pour un départ à la retraite à 65 ans.

7.2 Calcul de la marge de risque pour des garanties invalidité

Nous avons vu précédemment que lorsque le passif ne peut pas être répliqué à l'aide des instruments financiers, une marge de risque vient compléter les provisions *Best Estimate* afin de constituer une juste valeur des engagements.

En effet, un organisme d'assurance doit constituer des provisions techniques afin d'honorer ses engagements, mais il doit aussi avoir les fonds propres nécessaires pour absorber certaines pertes imprévues. Ces fonds propres seront donc immobilisés pendant

toute la durée des engagements jusqu'à leur extinction. La marge de risque représente la valeur du coût d'immobilisation de ces fonds propres pour porter les engagements jusqu'à leur extinction. C'est aussi le montant qu'un repreneur demanderait pour acquérir l'ensemble du passif d'une entreprise d'assurance.

Par conséquent, la méthode utilisée pour évaluer la marge de risque sera basée sur une méthode du « Coût du capital ». La formule permettant de calculer la marge de risque est définie par :

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

Nous ne calculerons pas la marge de risque, elle sera négligée pour la suite du mémoire.

7.3 Effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite sur les Provisions Solvabilité 2

Dans ce chapitre, nous allons étudier pour l'ensemble du portefeuille sinistré, l'effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite sur le *BE* des sinistres hors frais de gestion. Par conséquent les résultats suivants ne tiennent pas compte de la marge de risque et du *BE* des primes. Notre assureur a établi un traité en QP auprès d'un réassureur. Le taux de cession est établi par tête. Les différents taux de cession sont les suivants : 0%, 50% et 100%.

Le *BE* de sinistres (hors frais de gestion) brut de réassurance pour l'ensemble du portefeuille au global est de 15 595 612€ pour un départ à la retraite à 62 ans, ce *BE* passe à 22 352 667€ pour un départ à la retraite à 65 ans.

Après application de la réassurance, le *BE* de sinistres hors frais de gestion pour un départ à la retraite à 62 ans est de 8 381 563€, et celui d'un départ à la retraite à 65 ans est de 12 128 354€ soit une augmentation de 41,7%. Nous allons regarder la répartition de cet effet selon les âges d'entrée en invalidité et selon l'âge des invalides à la date d'évaluation.

Ce premier tableau fournit la répartition du *Best Estimate* de sinistres hors frais de gestion et net de réassurance selon l'âge des invalides à la date d'évaluation :

Age au 31/12/2016	Somme des BE de sinistres(net de réas) pour un départ à la retraite à 62 ans	Somme des BE de sinistres(net de réas) pour un départ à la retraite à 65 ans	% d'augmentation
30-53	4 834 592 €	5 586 091 €	16%
53-57	2 044 626 €	2 889 418 €	41%
57-60	1 065 644 €	2 045 376 €	92%
60-61	433 903 €	1 582 717 €	265%
>61	2 798 €	24 752 €	785%

FIGURE 7.10 – Effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite de trois ans sur les BE de sinistres hors frais.

Nous remarquons une augmentation des *BE* de sinistres sur l'ensemble des tranches d'âges. Cependant en regardant de plus près, l'augmentation des BE de sinistres est plus significative sur les tranches d'âges composées d'invalides plus âgés.

Cela s'explique notamment par le fait que le ratio $\frac{3 \text{ années d'invalidité}}{\text{durée restante}}$ est moindre chez les invalides moins âgés. En effet, un assuré qui entre tôt en invalidité y restera plus longtemps qu'un assuré qui entre tard en invalidité. Par conséquent augmenter le temps passé en invalidité de 3 ans aura moins d'impact sur les engagements de l'assureur pour un invalide jeune que pour un invalide entrée en invalidité à un âge plus élevé.

Le deuxième tableau ci-dessous fournit la répartition du *Best Estimate* de sinistres hors frais de gestion et net de réassurance selon l'âge d'entrée des invalides du portefeuille :

Age lors la survenance de l'invalidité	Somme des BE de sinistres(net de réas) pour un départ à la retraite à 62 ans	Somme des BE de sinistres(net de réas) pour un départ à la retraite à 65 ans	% d'augmentation
26-30	464 238 €	493 931 €	6,4%
30-35	1 345 017 €	1 584 108 €	17,8%
35-40	1 847 397 €	2 182 046 €	18,1%
40-45	1 485 503 €	2 280 471 €	53,5%
45-50	1 911 320 €	2 708 792 €	41,7%
50-55	1 049 217 €	2 074 556 €	97,7%
55-60	278 872 €	804 450 €	188,5%

FIGURE 7.11 – Effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite de trois ans sur les BE de sinistres hors frais.

Nous remarquons les mêmes effets que sur le tableau (7.10), cependant la tranche des invalides âgés de 40 à 45 ans lors de la réalisation du sinistre a subi une augmentation plus importante que la tranche des [45 - 50] ans. Cela s'explique par le fait que les assurés âgés de 40 à 45 ans lors de la survenance de l'invalidité ont en moyenne une ancienneté en invalidité de 12,93 ans alors que la tranche des [45 - 50] ans a une ancienneté moyenne de 8,1 ans en invalidité.

Par ailleurs nous nous sommes également intéressés à l'effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite de 3 ans par âge de survenance de l'invalidité et par ancienneté des assurés en invalidité au 31/12/2016.

Pour rappel nous avons vu dans le chapitre 3 de la partie I (cf 3.1.2), une répartition des assurés selon l'ancienneté au 31/12/2016 :

Ancienneté en année	
Minimum	0,53
1er quartile	4,35
Médiane	6,68
3e quartile	11,75
4e quartile	24,59

TABLE 7.3 – Répartition des assurés par ancienneté.

Nous avons réutilisé cette répartition des assurés par ancienneté ainsi que la répartition selon l'âge de survenance afin d'établir les résultats suivants :

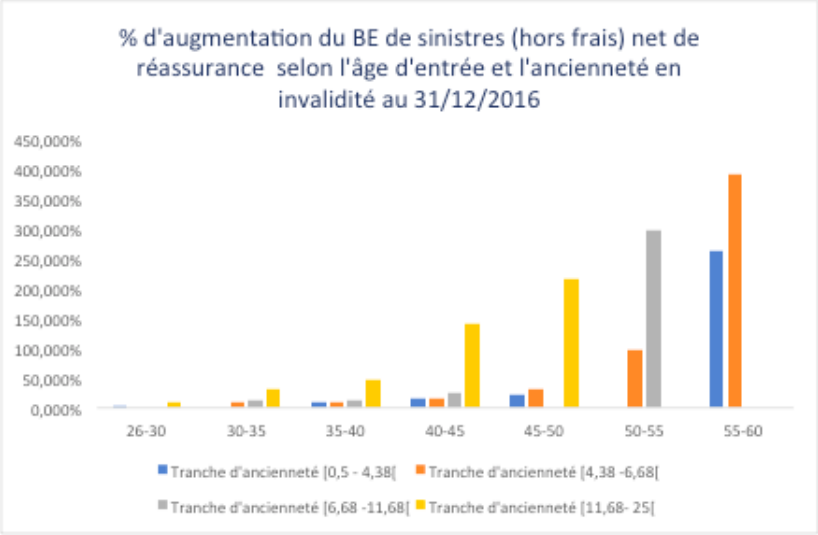

FIGURE 7.12 – Effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite sur les BE de sinistres selon l'âge d'entrée et l'ancienneté.

Pour rappel, les valeurs obtenues pour les BE de primes nets de réassurance sont les suivantes :

— -251 980 euro pour un départ à la retraite à 62 ans,
— -85 980 € pour un départ à la retraite à 65 ans sans augmentation du tarif,
— -284 096 € pour un départ à la retraite à 65 ans avec augmentation du tarif.

De mêmes les valeurs obtenues pour les BE de sinistres (hors frais) nets de réassurance

sont les suivantes :

— 8 381 563 € pour un départ à la retraite à 62 ans,
— 12 128 354 € pour un départ à la retraite à 65 ans,

Par conséquent, les provisions techniques S2 sont de :

— 8 129 583 € pour un départ à la retraite à 62 ans,
— 12 042 374 € pour un départ à la retraite à 65 ans sans augmentation du tarif,
— 11 844 258 € pour un départ à la retraite à 65 ans avec augmentation du tarif.

Chapitre 8

Effet d'une augmentation de l'âge de départ en retraite sur le ratio de couverture du SCR

Sommaire

8.1 Les fonds propres sous solvabilité II 114
8.2 Capital de Solvabilité Requis : SCR 116
8.2.1 Hypothèse retenue concernant le calcul du SCR 117
8.2.2 Exigence en capital au titre du risque de souscription Santé . 119
8.2.3 Exigence en capital au titre du risque de souscriptions vie . . 139
8.2.4 Exigence en capital au titre du risque de Contrepartie 139
8.2.5 Exigence en capital au titre du risque de Marché 140
8.2.6 Exigence en capital au titre du risque opérationnel 141
8.2.7 Ajustements des pertes par les impôts différés 141
8.3 Calcul du ratio de couverture 142

8.1 Les fonds propres sous solvabilité II

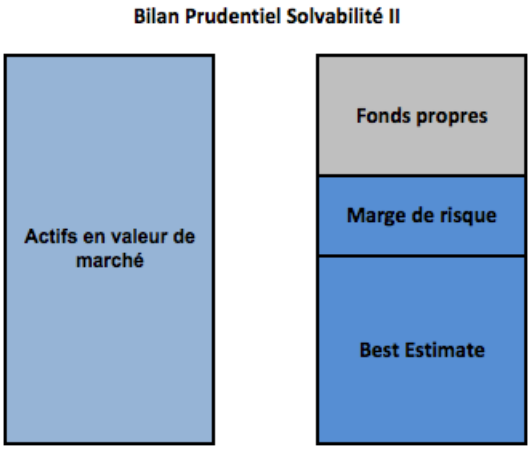

FIGURE 8.1 – Bilan prudentiel S2.

Les fonds propres représentent les ressources financières disponibles d'une entreprise. Ils permettent l'absorption des risques et pertes financières. Les fonds propres (ci-après FP) sont déterminés comme étant la valeur de l'actif diminué des provisions techniques (ci-après PT).

Pour un départ à a retraite à 62 ans, la valeur de l'actif de l'assureur est estimé à : 104 741K €. Son Passif (hors fonds propres) est estimé à : 52 154K €. Par conséquent ses fonds propres sont de 52 587K €.

Pour le passage de l'âge de départ à la retraite à 65 ans, nous avons les données suivantes :

Provisions S2 : invalidité		
PT départ à 62 ans	PT départ à 65 ans	PT départ à 65 ans + tarif
8 130K €	12 042K €	11 844K €

TABLE 8.1 – Provisions techniques sous solvabilité 2.

Pour une augmentation de l'âge de départ en retraite de trois ans, le tableau (8.1) montre que les provisions techniques S2 varient de 48,1% et de 45,7% en considérant une augmentation du tarif. Par conséquent les niveaux de fonds propres seront aussi modifiés.

Les fonds propres ainsi obtenus sont les suivants :

FP de l'assureur		
FP départ à 62 ans	FP départ à 65 ans	FP départ à 65 ans + tarif
52 587K €	48 674K €	48 872K €

TABLE 8.2 – Fonds propre du bilan prudentiel.

Le passage de l'âge de départ en retraite à 65 ans se traduit par une baisse des FP de 3 912 € et de 3 714 € en considérant l'augmentation du tarif.

8.2 Capital de Solvabilité Requis : SCR

La directive solvabilité 2 définit les exigences réglementaires pour les fonds propres : le SCR et le MCR.

Le MCR représente le minimum de capital requis (minimum de fonds propres) en dessous duquel une intervention de l'autorité de contrôle est inévitable (retrait d'agrément, plan de redressement). Le MCR ne fera pas l'objet de ce mémoire.

Le SCR est le capital de solvabilité requis nécessaire à une entreprise afin d'être en mesure d'absorber des pertes inattendues importantes. Il représente le capital de solvabilité requis pour faire face à une probabilité de ruine à 0.5% à horizon d'un an. Par conséquent le SCR doit à la fois couvrir le portefeuille en cours mais aussi le portefeuille sur les 12 prochains mois de souscription.

Le capital de solvabilité requis peut être calculé selon 3 méthodes :
— la formule standard (issue des règlements délégués),
— le modèle interne,
— le modèle interne partiel.

La méthode retenue dans ce mémoire pour le calcul du SCR est celle du modèle standard. Ce dernier vise à quantifier chaque élément de risque et propose de calculer les fonds propres nécessaires à l'absorption significative des pertes engendrées par la réalisation du risque. La structure du SCR donnée dans les règlements délégués est la suivante :

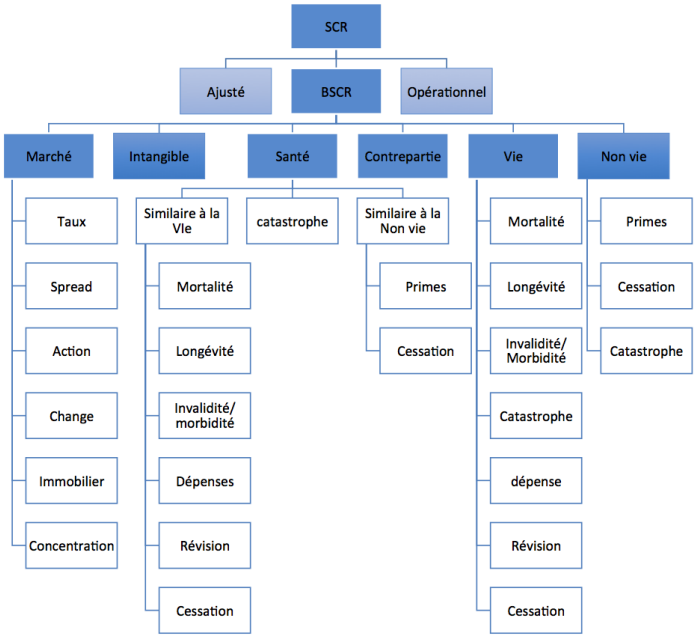

FIGURE 8.2 – Structure du SCR.

Le calcul du SCR par la formule standard est défini comme étant la somme des termes suivants :

$$SCR = BSCR - Adj + SCR_{op} \tag{8.1}$$

Où :

— BSCR : représente le capital de solvabilité requis de base.

— Adj : représente les ajustements dûs aux effets d'absorption des provisions techniques et des impôts.

— SCR_{op} : représente le capital requis pour couvrir le risque opérationnel.

8.2.1 Hypothèse retenue concernant le calcul du SCR

Nous pouvons remarquer sur la figure 8.2, que le BSCR est composé de plusieurs modules de risques qui sont aussi composés de plusieurs sous modules de risques. Le montant du capital de solvabilité requis de base est obtenu en agrégeant les exigences en capital des différents modules de risques comme suit :

$$BSCR = \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{i,j} \cdot SCR_i \cdot SCR_j} + SCR_{incorporels} \tag{8.2}$$

Où :

— $Corr_{i,j}$: corrélation des modules de risques i et j défini par la formule standard (Annexes : Tableau 8.3,).

— SCR_i : représente l'exigence en capital au titre du module de risque i,

— $SCR_{incorporels}$: représente l'exigence en capital correspondant aux actifs incorporels(brevets etc...).

Pour la suite nous considérons que le $SCR_{incorporels} = 0$. Par conséquent,

$$BSCR = \sqrt{\sum_{i,j} Corr_{i,j} \cdot SCR_i \cdot SCR_j} \tag{8.3}$$

Remarque : le SCR_i mesure l'effet des chocs (pour un risque i donné) sur les fonds propres et se calcule à partir du BOF [1] comme suit :

$$\begin{aligned} SCR_i &= \Delta BOF = \Delta VM_{Actif} - \Delta BE \\ &= (VM_{Actif} - VM_{Actif_{\text{AprèsChoc}}}) - (BE - BE_{\text{AprèsChoc}}) \end{aligned} \tag{8.4}$$

Dans cette partie nous souhaitons étudier l'effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite sur la solvabilité de l'assureur. Afin d'avoir une vue d'ensemble de cet effet sur la solvabilité de l'assureur, nous devrons tenir compte de l'ensemble des garanties proposées par l'assureur et non uniquement de la garantie invalidité qui est la garantie étudiée dans ce mémoire. Cela s'explique notamment par l'existence de corrélation entre les risques auxquels sont soumis les différentes garanties offertes par l'assureur.

Notre assureur commercialise les garanties suivantes : santé, incapacité, invalidité, décès, la garantie MGDC appliquée sur l'arrêt de travail au titre des précédentes garanties ainsi que les versements des rentes éducation et de conjoint.

D'après les actes délégués, les rentes invalidité sont exposées à des risques techniquement vie. Ces rentes seront traitées dans le module de santé SLT (santé similaire à la vie). De ce fait, les rentes d'invalidité versées par l'assureur au titre des invalides (déclarés et connus de l'assureur lors de l'établissement de ces comptes) seront traitées dans le module de risque santé SLT.

Le classement des garanties en ligne d'activités (*lob*) est le suivant :

- Santé non SLT : regroupe la santé, l'incapacité, l'invalidité en attente, l'invalidité non encore survenue,
- Santé SLT : représente uniquement l'invalidité en cours,
- Souscription vie : regroupe le décès, la rente éducation, la rente conjoint et la MGDC (incapacité, invalidité et invalidité en attente).

Comme les rentes en cours de la garantie étudiée sont classées dans le sous-module de risque santé SLT et que le *BE* de primes de la garantie étudiée est classée en santé NSLT, alors nous allons calculer le module de risque de souscription santé. De plus, ce module est corrélé au module de risque de marché, souscription vie, et de contrepartie. Par conséquent, nous allons fournir au total quatre exigences en capital.

Remarque :

1. BOF : le surplus *Basic Own Funds* est défini comme la valeur de marché de l'actif diminuée de la provision *Best Estimate* et de la *risk margin* .

1. parmi les quatre modules de risques à calculer, **nous allons expliciter toutes les étapes concernant l'évaluation de l'exigence en capital du module de risque Santé**.

2. Quant aux trois autres modules de risques, FIXAGE *Actuariat* a réalisé une étude pour le client (qui commercialise la garantie étudiée dans ce mémoire). Au cours de cette étude, FIXAGE *Actuariat* a calculé l'exigence en capital requis pour le risque de contrepartie, souscription vie et de risque de marché. Ces trois modules de risques **ne font pas l'objet de ce mémoire, nous n'expliciterons donc pas les méthodes et utiliserons les résultats obtenus lors de cette étude.**

8.2.2 Exigence en capital au titre du risque de souscription Santé

Pour le module de souscription santé, trois SCR seront calculés, un SCR au titre du module de risque Santé SLT, un SCR représentatif du sous module Santé NSLT et le dernier pour le sous module de risque Catastrophe Santé.

Partie A : Risque de souscription santé similaire à la vie (Santé SLT)

Le risque de souscription santé similaire à la vie représente le risque résultant de la souscription d'engagements d'assurance santé à long terme qui s'exerce sur une base technique similaire à celle de l'assurance vie, compte tenu des risques couverts et des procédés appliqués dans l'exercice de cette activité. Ce module regroupe plusieurs sous modules de risques.

A.1. Sous-module « risque de mortalité en santé SLT »
L'exigence en capital pour le risque de mortalité en santé SLT est égale à la variation de fonds propres de base des entreprises d'assurance et de réassurance résultant de la hausse soudaine permanente de 15% des taux de mortalité. La hausse des taux de mortalité ne s'applique qu'aux contrats d'assurance pour lesquels une hausse des taux de mortalité entraîne une augmentation des provisions techniques moins la marge de risque. Nous n'appliquerons pas ce choc ici car nous n'utilisons pas de table de mortalité mais plutôt des tables de maintien en invalidité.

A.2. Sous-module « risque de longévité en santé SLT »
L'exigence en capital pour risque de longévité en santé SLT est égale à la variation de fonds propres de base des entreprises d'assurance et de réassurance résultant de la baisse soudaine permanente de 20% des taux de mortalité. La baisse des taux de mortalité ne s'applique qu'aux contrats d'assurance pour lesquels une baisse des taux de mortalité entraîne une augmentation des provisions techniques, moins la marge de risque. Ce choc est aussi spécifique aux garanties impliquant l'utilisation des tables de mortalité. Or nous

utilisons des tables de maintien et non des tables de mortalité pour estimer nos provisions d'invalidité. Par conséquent ce choc ne sera pas appliqué.

A.3. Sous-module « risque d'invalidité - morbidité en santé SLT »

L'exigence en capital pour risque d'invalidité - morbidité en santé SLT est égale à la somme des exigences en capital pour risque d'invalidité-morbidité en assurance des frais médicaux et pour risque d'invalidité-morbidité en assurance de protection du revenu.

Nous calculerons uniquement l'exigence en capital pour risque d'invalidité-morbidité en assurance de protection du revenu car seule la garantie invalidité est contenue dans le module santé SLT. Il est égale à la variation de fonds propres de base des entreprises d'assurance et de réassurance résultant de la conjugaison des modifications soudaines permanentes suivantes :

— hausse de 35% des taux d'invalidité-morbidité (au cours des 12 mois à venir)

— hausse de 25% des taux d'invalidité-morbidité (pour toutes les années au delà des 12 mois à venir)

— baisse de 25% des taux de recouvrement pour l'invalidité et la morbidité.

Nous appliquerons uniquement le choc concernant les taux de recouvrement qui représentent une baisse des probabilités de sortie de l'état d'invalidité.

Soit un âge d'entrée en invalidité x et soient anc_i et anc_{i+1} deux années d'anciennetés successives de la table de maintien en invalidité du BCAC. Nous avons créé une nouvelle table de maintien en invalidité en appliquant une baisse des taux de recouvrement de 25% sur la table de maintien du BCAC. Le nombre d'invalides de la nouvelle table est calculée comme suit :

$$l_{x,anc_{i+1}} = l_{x,anc_i} \cdot \left(1 - [(1 - \frac{l^*_{x,anc_{i+1}}}{l^*_{x,anc_i}}) \cdot (1 - 25\%)] \right)$$

Où :

l^*_{x,anc_i} et $l^*_{x,anc_{i+1}}$ sont issus de la table de maintien en invalidité du BCAC.

l_{x,anc_i} sont les nombres d'invalides choqués par une baisse de taux de sortie en invalidité.

Ci dessous un récapitulatif des résultats pour un départ à la retraite à 62 ans :

Résultats des chocs pour un départ à la retraite à 62 ans				
	Brut de Reass		Cession de Reass	
	Central	Choc Morbidité	Central	Choc Morbidité
BE de sinistres inval (hors frais)	15,59m €	15,99m €	7,21m €	7,41m €
valeur actualisée des Frais Gestion	468K €	480K €	-	-

TABLE 8.3 – Choc morbidité pour un départ à 62 ans.

Résultats des chocs pour un départ à la retraite à 65 ans				
	Brut de Reass		Cession de Reass	
	Central	Choc Morbidité	Central	Choc Morbidité
BE de sinistres inval (hors frais)	22,35m €	22,99m €	10,22m €	10,53m €
Valeur actualisée des Frais Gestion	671K €	690K €	-	-

TABLE 8.4 – Choc morbidité pour un départ à 65 ans.

En utilisant la formule (8.4)**, L'exigence en capital au titre du module de risque invalidité-morbidité s'élève à :**

- **222 493€ pour un départ à la retraite à 62 ans,**
- **359 696€ pour un départ à la retraite à 65ans.**

A.4. Sous-module « risque de dépenses en santé SLT»

L'exigence en capital pour risque de dépenses en santé est égale à la variation de fonds propres de base des entreprises d'assurance et de réassurance résultant de la conjugaison des modifications soudaines permanentes suivantes :

- une augmentation de 10% du montant des dépenses prises en considération dans le calcul des provisions techniques,
- une augmentation d'un point du taux d'inflation des dépenses (exprimé en pourcentage) utilisé pour le calcul des provisions techniques.

En tenant compte de la combinaison de ces deux chocs et de la formule (8.4), le SCR module de risque de dépenses SLT est donné par :

$$SCR_{\text{dépenses}} = \sum_{k=1}^{horizon} \left(\frac{FluxP}{(1+i_k)^k} \cdot taux_{frais} \cdot [\ (1+10\%) \cdot (1+1\%)^k - 1\ ]\right)$$

L'exigence en capital au titre de ce module est de :
- **78 904€ pour un départ à la retraite à 62 ans,**
- **116 704€ pour un départ à la retraite à 65ans.**

A.5. Sous-module « risque de révision en santé »

L'exigence en capital pour risque de révision en santé est égale à la variation de fonds propres de base des entreprises d'assurance et de réassurance résultant de la hausse soudaine permanente de 4% du montant des prestations de rente. Ce choc est appliqué lorsque les prestations à verser en vertu des contrats d'assurance sous-jacents pourraient augmenter du fait de changements du taux d'inflation, de l'environnement juridique ou de l'état de santé de la personne assurée.

En effet pour la garantie invalidité, il est possible que l'état de santé de l'assuré se dégrade. Cette dégradation pourrait entraîner le classement de l'état d'invalidité de l'assuré dans une catégorie d'invalidité plus grave. Cela entrainera une augmentation des engagements de l'assureur.

Ce choc revient à prendre 4% de la provision *Best Estimate* des sinistres hors frais. Les *Best Estimate* des sinistres sont fournis dans le tableau (8.3) et (8.4) .

L'exigence en capital au titre de ce module est de :
- **335 263€ pour un départ à la retraite à 62 ans,**
- **485 134€ pour un départ à la retraite à 65ans.**

A.6. Sous-module « risque de cessation en santé »

L'exigence en capital pour risque de cessation en santé SLT, est égale à la plus importante des exigences en capital suivantes :
- l'exigence en capital pour risque de hausse permanente des taux de cessation en santé SLT ;
- l'exigence en capital pour risque de baisse permanente des taux de cessation en santé SLT ;
- l'exigence en capital pour risque de cessation de masse en santé SLT.

Aucun rachat n'est réalisé sur le portefeuille de sinistre, donc les risques de cessation à la hausse et à la baisse ne seront pas appliqués pour le calcul de provision *Best Estimate* de sinistres. Le risque de cessation en masse sera appliqué dans le sous module Santé NSLT sur le *Best Estimate* de primes. Par conséquent le risque de cessation ne sera pas appliqué dans le module santé SLT.

Ci dessous un récapitulatif des chocs réalisés pour le module de risque santé SLT :

Santé SLT : départ à 62 ans			
	Choc au passif	Choc à l'actif	Variation de Choc
Choc Morbidité/inval	415K €	192K €	222K €
Choc dépenses	79K €	-	79K €
Choc révision	624K €	289K €	335K €

TABLE 8.5 – Chocs pour le module de risque Santé SLT.

Santé SLT : départ à 65 ans			
	Choc au passif	Choc à l'actif	Variation de Choc
Choc Morbidité/inval	663K €	303K €	360K €
Choc dépenses	117K €	-	117K €
Choc révision	894K €	409K €	485K €

TABLE 8.6 – Chocs pour le module de risque Santé SLT.

Après agrégation des SCR ci-dessus, nous obtenons une exigence en capital au titre du module de risque santé SLT de :

— **460 586€ pour un départ à la retraite à 62 ans,**
— **690 617€ pour un départ à la retraite à 65ans.**

Partie B : Risque de souscription santé similaire à la non vie (santé NSLT)

Le risque de souscription en santé similaire à la non vie représente le risque résultant de la souscription d'engagements d'assurance santé qui s'exerce sur une base technique similaire à celle de l'assurance non vie, compte tenu des périls couverts et des procédés appliqués dans l'exercice de cette activité. Ce module regroupe deux sous modules : risque de cessation et le risque de primes et de réserves.

B.1. Sous-module « risque de primes et de réserve en santé NSLT »

Le risque sur primes reflète la sous tarification du risque (le montant des sinistres est supérieur au montant des primes encaissées). Le risque sur réserves reflète l'insuffisance des provisions face aux prestations futures.

La formule permettant de calculer l'exigence en capital au titre du risque de prime et de réserve est définie par :

$$SCR_{NSLT\,,pr} = 3 * \sigma * V_{NSLT} \tag{8.5}$$

Où :

— σ représente l'écart type du risque de primes et de réserve en santé non-SLT,

— V_{NSLT} représente la mesure de volume pour risque de primes et de réserves en santé non-SLT.

Remarque : une segmentation des garanties a été mise en place dans les actes délégués comme suit :

1. Segment 1 «Income protection» : Incapacité et invalidité non encore connues,
2. Segment 2 «Medical Expense» : Santé.

Par conséquent le volume de prime et de réserve ainsi que leur écarts types seront d'abord calculés par segment ensuite pour l'ensemble des garanties confondues.

B.1.1 Evaluation de la mesure de volume pour risque de primes et de réserves :

La mesure de volume pour risque de primes et de réserves est égale à la somme des mesures de volume pour risque de primes et de réserves sur les segments 1 et 2. La formule permettant de calculer le volume pour risque de primes et de réserves d'un segment se définie par :

$$V_{NSLT} = \textstyle\sum_s (V_{prem,s} + V_{res,s}) * (0,75 + 0,25 * DIV_s)$$

$$V_{NSLT} = \sum_s (V_{prem,s} + V_{res,s}) \tag{8.6}$$

Où :

— $V_{prem,s}$ représente la mesure de volume pour risque de primes du segment s,

— $V_{res,s}$ représente la mesure de volume pour risque de réserves du segment s,

— DIV_s représente le facteur de diversification géographique du segment s. Ce facteur est égal à 1 car notre assureur n'intervient que sur une seule zone de diversification.

Afin de réaliser nos calculs, nous avons retenu quelques hypothèses.

Hypothèses concernant le volume pour risque de primes

La mesure de volume pour risque de primes sur un segment s sera notée $V_{prem,s}$, elle représente la somme de trois termes.

$$V_{prem,s} = max(P_s; P_{last,s}) + FP_{existing,s} + FP_{future,s} \tag{8.7}$$

Avec

— P_s : estimation des primes à acquérir par l'entreprise sur l'invalidité au cours des 12 mois à venir sur le segment s,

— $P_{last,s}$: primes acquises par l'entreprise sur l'invalidité au cours des 12 derniers mois sur le segment s,

— $FP_{existing,s}$: primes au delà des 12 prochains mois pour les contrats acquis lors des 12 prochains mois après la date d'évaluation (primes 2018 des contrats en cours à la date d'évaluation) sur le segment s,

— $FP_{futur,s}$: primes au delà des 12 prochains mois pour les contrats acquis lors des 12 prochains mois après la date d'évaluation (primes 2018 des nouveaux contrats souscrits en 2017) sur le segment s,

Nous ne tiendrons pas compte des primes acquises entre la date de préavis et la date de fin de contrat, comme demandé par l'ACPR. En effet le contrat a un préavis et nous n'avons pas à disposition cette information.

Comme les contrats sont annuels et ne donnent pas systématiquement lieu à une reconduction, $FP_{existing,s} = FP_{futur,s} = 0$.

Les montants de cotisations nets de réassurance sont donnés dans le tableau ci dessous.

Garanties commercialisées	Primes nettes de réassurances 2016	Primes nettes de réassurance 2017
Incap/invalidité	5 906K €	6 465,8K €
Santé	13 701K €	14 586,5K €

TABLE 8.7 – Cotisations sur 2016 et 2017 sans augmentation du tarif pour un départ à 62 et 65 ans.

Garanties commercialisées	Primes nettes de réassurances 2016	Primes nettes de réassurance 2017
Incap/invalidité	5 906K€	6 821K€
Santé	13 701K €	14 586,5K €

TABLE 8.8 – Cotisations sur 2016 et 2017 avec augmentation du tarif pour un départ à 65 ans.

Par conséquent, le volume de primes retenu pour le calcul du SCR Santé SLT est celui des primes net de réassurance de 2017, soit un total de 21 052 336 € pour un départ à la retraite à 62. Ce volume de primes sera identique pour un départ à la retraite à 65 ans si nous ne considérons pas une augmentation du tarif de 16,23%.

En considérant l'augmentation du tarif, le volume de primes pour un départ à la retraite à 65 ans est de 21 407 240€.

Hypothèses concernant le volume pour risque de réserves

La mesure de volume pour risque de réserves est définie à l'article 147 des actes délégués comme étant la meilleure estimation des provisions pour sinistres après déduction des montants recouvrables au titre des contrats de réassurance.

La meilleure estimation des sinistres est composée de :

1. la valeur actuelle probable des prestations futures pour les garanties incapacité et invalidité en attente ainsi que la valeur actuelle des frais de gestions de ces sinistres.

2. la valeur actuelle probable des prestations futures pour les sinistres (incapacité, invalidité, invalidité en attente, santé) non encore connus à la date d'évaluation (PSAP).

   Ces PSAP sont calculés comme suit :
   — Calcul du coût moyen à partir de l'historique,
   — Répartition de ce coût moyen selon l'année de déclaration des sinistres (par la méthode Chain Ladder) puis par la cadence de liquidation des règlements de l'individu moyen.

Les montants de réserves 2016 ont été calculés et sont synthétisés dans le tableau suivant :

Garantie	BE de sinistres nets de réass 2016
Incap/invalidité	8 881,3K €
Santé	1 506,2K €
Total	10 388K €

TABLE 8.9 – BE de sinistres sur 2016 départ à la retraite à 62 ans.

Pour calculer la meilleure estimation des sinistres pour un départ à la retraite à 65 ans nous avons effectué les mêmes opérations que pour un départ à la retraite à 62 ans.

Cependant pour tenir compte de l'augmentation de l'âge de départ en retraite de 3 ans dans le calcul de la meilleure estimation des prestations futures des sinistres en invalidité non encore connus à la date d'évaluation (PSAP), nous avons retenu l'hypothèse suivante :

— Calcul du coût moyen pour un départ à la retraite à 65 ans :

Pour calculer ce coût moyen, nous avons utilisé le *BE* de sinistres hors frais de l'individu moyen (l'individu moyen a été introduit dans le chapitre sur le calcul du BE de primes) comme suit :

$$\text{Coût}_{Moyen:(\text{Départ65ans})} = \text{Coût}_{Moyen:(\text{Départ62ans})} \cdot (1 + Ratio_{Individu\,Moyen})$$

$$Ratio_{Individu\,Moyen} = \frac{BE_{Sinistres_{\text{Départ }65ans}}}{BE_{Sinistres_{\text{Départ }62ans}}} - 1 = \frac{248\,214\ €}{215\,795\ €} - 1 = 15,023\%$$

— Répartition de ce coût moyen selon l'année de déclaration des sinistres (par la méthode Chain Ladder) puis par la cadence de liquidation des règlements de l'individu moyen.

Compte tenu de ces hypothèses, les montants de provisions 2016 ont été calculés et synthétisés dans le tableau suivant :

Garantie	BE de sinistres nets de réass 2016
Incap/invalidité	9 054,9K €
Santé	1 506K €
Total	10 561K €

TABLE 8.10 – BE de sinistres sur 2016 départ à la retraite à 65 ans.

En utilisant les hypothèses définies précédemment ainsi que la formule (8.6) **nous obtenons une mesure de volume de prime et de réserves à 31 439 884 € pour un départ à la retraite à 62 ans et à 31 613 470 € pour un départ à la retraite à 65 ans sans augmentation du tarif**.

En rehaussant le tarif, nous obtenons une mesure de volume de prime et de réserves de 31 968 374€ pour un départ à la retraite à 65 ans.

B.1.2 : Écart type du risque de primes et de réserve

L'écart type du risque de primes et de réserve en santé non-SLT est défini par la formule suivante :

$$\sigma_{NSLTH} = \frac{1}{V_{NSLTH}} * \sqrt{\sum_{s,t} CorrHS_{(s,t)} \cdot \sigma_s \cdot V_s \cdot \sigma_t \cdot V_t} \tag{8.8}$$

Avec

— V_s et V_t mesure de volume pour risque de primes et de réserve des segments 1 et 2,

— σ_s et σ_t écart type pour risque de primes et de réserve des segments 1 et 2,

— $CorrHS_{(s,t)}$ coefficient de corrélation pour risque de primes et de réserve des segments 1 et 2 donnée par la formule standard (voir Annexes).

L'écart type pour risque de primes et de réserves d'un segment s est donné dans les actes délégués comme suit :

$$\sigma_s = \frac{\sqrt{\sigma^2_{prem,s} V^2_{prem,s} \; + \; \sigma_{prem,s} \cdot V_{prem,s} \cdot \sigma_{res,s} V_{res,s} \; + \; \sigma^2_{res,s} V^2_{res,s}}}{V_{prem,s}} \tag{8.9}$$

Les écarts types par segment et par risque ($\sigma_{res,s}$, $\sigma_{prem,s}$) sont les suivants :

Segment	Standard Deviation for premium risk	Standard Deviation for reserve risk
Income protection	8,5%	14,0%
Medical Expense	5%	5%

TABLE 8.11 – Écarts types par segment et par risque fournis dans les actes délégués.

En utilisant les hypothèses définies précédemment nous obtenons les résultats suivants :

Pour un départ à la retraite à 62 ans :

Écarts type du risque de primes et de réserves par segment

$$\sigma_{(t=MedExpense)} = 4,78\% \quad et \quad \sigma_{(s=Income)} = 10,37\%$$

Écarts type du risque de primes et de réserves en santé NSLT

$$\sigma_{NSLT} = 6,6328\%$$

Pour un départ à la retraite à 65 ans sans augmentation du tarif :

Écarts type du risque de primes et de réserves par segment

$$\sigma_{(t=MedExpense)} = 4,78\% \quad et \quad \sigma_{(s=Income)} = 10,40\%$$

Écarts type du risque de primes et de réserves en santé NSLT

$$\sigma_{NSLT} = 6,6660\%$$

Pour un départ à la retraite à 65 ans avec augmentation du tarif :

Écarts type du risque de primes et de réserves par segment

$$\sigma_{(t=MedExpense)} = 4,78\% \quad et \quad \sigma_{(s=Income)} = 10,31\%$$

Écarts type du risque de primes et de réserves en santé NSLT

$$\sigma_{NSLT} = 6,6579\%$$

Pour rappel les volumes de primes et de réserves obtenu sont les suivants :

Pour un départ à la retraite à 62 ans :

Le volume de risque de primes et de réserves est de 31 439 884€.

Pour un départ à la retraite à 65 ans sans augmentation du tarif :

Le volume de risque de primes et de réserves est de 31 613 470 €.

Pour un départ à la retraite à 65 ans avec augmentation du tarif :

Le volume de risque de primes et de réserves est de 31 968 374€.

Par application de la formule (8.5) **nous obtenons une exigence en capital au titre du risque de primes et de réserves de :**

- **6 256 012€ pour un départ à la retraite à 62 ans,**
- **6 322 015€ pour un départ à la retraite à 65 ans sans augmentation du tarif.**
- **6 385 357€ pour un départ à la retraite à 65 ans avec augmentation du tarif.**

B.2. Sous-module « risque de cessation en santé »

Le risque de cessation en santé NSLT est identique à la définition fournie dans la partie santé SLT et se calcule en appliquant la formule suivante :

$$SCR_{cessation} = \sum_{garantie} max(-40\%\, BE\, de\, primes_{nettes}; 0) \tag{8.10}$$

- Les *BE* de primes nettes sont la différence entre les BE de primes brutes et les *BE* de primes cédées,
- Les *BE* de primes bruts ont été calculés via la méthode décrite dans le chapitre 8, provision *Best Estimate* des primes d'invalidité (cf Partie III.Chap.8.1.3),
- Les *BE* de primes cédées ont été calculés par la formule suivante :

$$\begin{aligned} BE\ primes\,\text{cedées} = &\ \text{ValeurActualisée}_{Prestations} \\ &+ \text{ValeurActualisée}_{CommissionReass} \\ &- \text{ValeurActualisée}_{Cotisations} \end{aligned}$$

Pour le calcul de la valeur actuelle des cotisations futures, nous avons retenu un taux de cession de 52%.

Pour le calcul de la valeur actualisée des prestations futures, nous avons retenu un taux de cession sur les prestations de 50%. Nous avons repris les charges totales

par année du tableau (7.9) auxquelles nous allons appliquer le taux de commission de 50%

La commission de réassurance représente un pourcentage des primes et sinistres reversé par le réassureur à l'assureur à titre de participation aux frais d'acquisition et de gestion des affaires qui lui sont cédés. Pour le calcul de la valeur actuelle des commissions de réassurance, nous avons utilisé un taux de commission de 12% pour les cotisations et un taux de commission de 4%.

Départ à la retraite à 62 ans sans augmentation du tarif

Années	Charge totale	Com de reas	Flux cot	Flux BE 62ans
2017	53 947 €	262 562 €	2 388 443 €	-2 075 060 €
2018	139 063 €	4 172 €	0 €	143 800 €
2019	119 958 €	3 599 €	0 €	124 186 €
2020	100 953 €	3 029 €	0 €	104 423 €
...	..	...	...	
2030	69 866 €	2 096 €	0 €	63 679 €
2031	31 733 €	952 €	0 €	28 464 €
2032	0 €	0 €	0 €	0 €

Départ à la retraite à 65 ans sans augmentation du tarif

Années	Charge totale	Com de reas	Flux cot	Flux BE 65ans
2017	53 947 €	262 562 €	2 388 443 €	-2 075 060 €
2018	139 063 €	4 172 €	0 €	143 800 €
2019	119 958 €	3 599 €	0 €	124 186 €
2020	100 953 €	3 029 €	0 €	104 423 €
...	...	...	...	
2033	63 236 €	1 897 €	0 €	55 127 €
2034	28 713 €	861 €	0 €	24 672 €
2035	0 €	0 €	0 €	0 €

FIGURE 8.3 – Flux pour le calcul du BE de primes cédée.

Départ à la retraite à 62 ans avec augmentation du tarif

Années	Charge totale	Com de reas	Flux cot	Flux BE 62ans
2017	53 947 €	262 562 €	2 388 443 €	-2 075 060 €
2018	139 063 €	4 172 €	0 €	143 800 €
2019	119 958 €	3 599 €	0 €	124 186 €
2020	100 953 €	3 029 €	0 €	104 423 €
...	..	...	...	...
2030	69 866 €	2 096 €	0 €	63 679 €
2031	31 733 €	952 €	0 €	28 464 €
2032	0 €	0 €	0 €	0 €

Départ à la retraite à 65 ans avec augmentation du tarif

Années	Charge totale	Com de reas	Flux cot	Flux BE 65ans
2017	46 416 €	262 336 €	2 388 443 €	-2 082 829 €
2018	119 651 €	3 590 €	0 €	123 727 €
2019	103 213 €	3 096 €	0 €	106 851 €
2020	86 861 €	2 606 €	0 €	89 847 €
...	...	...	...	
2032	56 270 €	1 688 €	0 €	49 743 €
2033	54 409 €	1 632 €	0 €	47 432 €
2034	24 705 €	741 €	0 €	21 228 €

FIGURE 8.4 – Flux pour le calcul du BE de primes cédée.

Le *BE* de primes cédés est de -848 925 € pour un départ à la retraite à 62 ans. Il est de -679 143€ pour un départ à la retraite à 65 ans et de -881 771 € pour un départ à la retraite à 65 ans avec augmentation du tarif.

Par application de la formule (8.5) **nous obtenons une exigence en capital au titre du risque de cessation de :**

— **100 792€ pour un départ à la retraite à 62 ans,**

— **34 392€ pour un départ à la retraite à 65 ans sans augmentation du tarif.**

— **113 638 € pour un départ à la retraite à 65 ans avec augmentation du tarif.**

Ci dessous un récapitulatif des chocs réalisés pour le module de risque santé NSLT :

Santé NSLT pour un départ à 62 ans			
	Choc au passif	Choc à l'actif	Variation de Choc
Choc Primes et réserves	12 419,2K €	6 163,2K €	6 256K €
Choc cessation	440,4K €	747,1K €	100,8K €

TABLE 8.12 – Chocs pour le module de risque Santé NSLT.

Santé NSLT pour un départ à 65 ans sans augmentation du tarif			
	Choc au passif	Choc à l'actif	Variation de Choc
Choc Primes et réserves	12 531,6K €	6 209,6K €	6 322,1K €
Choc cessation	306,1K €	679,2K €	34,4K €

TABLE 8.13 – Chocs pour le module de risque Santé NSLT.

Santé NSLT pour un départ à 65 ans avec augmentation du tarif			
	Choc au passif	Choc à l'actif	Variation de Choc
Choc Primes et réserves	12 666,3K €	6 280,9K €	6 385,4K €
Choc cessation	466,3K €	760,2K€	113,6K €

TABLE 8.14 – Chocs pour le module de risque Santé NSLT.

Le SCR du module santé NSLT est donné par la formule suivante :

$$\begin{aligned} SCR_{NSLTH\,62ans} &= \sqrt{SCR^2_{(NSLT,pr,res)} + SCR^2_{(NSLT,cessation)}} \\ &= 6\,256\,824€ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SCR_{NSLTH\,65ans} &= \sqrt{SCR^2_{(NSLT,pr,res)} + SCR^2_{(NSLT,cessation)}} \\ &= 6\,322\,108€ \end{aligned}$$

$$SCR_{NSLTH\,65ans\,augmentation\,tarif} = \sqrt{SCR^2_{(NSLT,pr,res)} + SCR^2_{(NSLT,cessation)}}$$
$$= 6\,386\,367€$$

Partie C : Risque de catastrophe santé

Ce risque représente la perte que causeraient plusieurs évènements extrêmes sur les engagements de l'assureur. Ce risque tient compte de trois évènements : le risque d'accident de masse, le risque de concentration et le risque de pandémie et se calcule par la formule suivante :

$$SCR_{catastrophe_{\textbf{Santé}}} = \sqrt{SCR^2_{masse} + SCR^2_{Concentration} + SCR^2_{\text{pandémie}}} \tag{8.11}$$

Le calcul de ces trois évènements sera explicité uniquement dans le cas où nous considérons un départ à la retraite de nos assurés à 62 ans. Un récapitulatif des résultats sera fourni en fin de partie pour un départ à la retraite de nos assurés à 65 ans.

Risque d'accident de masse : Le risque d'accident de masse représente le risque qu'une partie ou la totalité des assurés aient subi le même évènement catastrophique au même moment. Le coût engendré par un tel évènement sera important pour l'assureur.

Le SCR permettant de couvrir ce risque est donnée par la formule suivante :

$$SCR_{masse} = \sqrt{\sum_s (r_s \cdot \sum_e x_e \cdot E_{(e,s)})^2} = \sqrt{(r_{s=1} \cdot \sum_e x_e \cdot E_{(e,s=1)})} \tag{8.12}$$

La simplification s'explique par le fait que notre assureur intervient uniquement en France.

- r : ratio de personnes touchées par l'accident de masse en France. Ce ratio est de 0,05%
- x_e : ratio de personnes qui bénéficieront des prestations propres à l'évènement de type e (les évènements seront détaillés dans la suite).
- $E_{(e,s=1)}$: valeur totale des prestations à payer par les entreprises d'assurance et de réassurance pour l'événement de type e en France.

Afin de procéder au calcul du SCR_{masse}, nous avons retenu les hypothèses suivantes :

Hypothèses concernant les ratios de personnes x_e :	
Évènement	Ratio de personnes x_e
Décès causé par un accident	10,0%
Invalidité permanente causée par un accident	1,5%
Invalidité qui dure 10 ans causée par un accident	5,0%
Incapacité qui dure 12 mois causée par un accident	13,5%
Traitement médical causé par un accident	30,0%

Hypothèses concernant le calcul du cout total des prestations $E_{(e,s=1)}$:	
Évènement	Cout moyen
Décès causé par un accident	91,3 K €
Invalidité permanente causée par un accident	215,8K €
Invalidité qui dure 10 ans causée par un accident	161,7K €
Incapacité qui dure 12 mois causée par un accident	15,7K €
Traitement médical causé par un accident	575€

L'exigence en capital au titre du risque accident de masse brut de réassurance s'élève à 328 739€ pour un départ à la retraite à 62 ans

L'exigence en capital au titre du risque accident de masse pour un départ à la retraite à 65 ans est obtenu en modifiant l'hypothèse suivante : le coût moyen pour une invalidité permanente causée par un accident passe de 215 795 € à 248 214 €.

Par conséquent l'exigence en capital au titre du risque accident de masse pour un départ à la retraite à 65 ans est de 335 770 €.

Nous avons vu précédemment dans la partie I, que les contrats étaient réassurés en quote-part. L'assureur a également mis en place un traité catastrophe intervenant après application de la réassurance en quote-part.

Ce traité catastrophe a les caractéristiques suivantes :

— engagement maximal de 115,5K€ par tête
— portée de 7 500K€
— priorité de 1 738K €

$$SCR_{masse} = \sqrt{(min(A; \text{priorité}) + max(A - \text{priorité} - \text{portée}; 0) + B + \sum_s (r_s \cdot \sum_{e2} x_e \cdot E'_{e2,s}))^2}$$

Où

— $A = \sum_s (r_s \cdot \sum_{e1} x_e \cdot Min(E'_{e1,s}, 115K€))$,

— $B = \sum_s (r_s \cdot \sum_{e1} x_e \cdot Max(E'_{e1,s} - 115K€, 0))$,

— $E'_{e,s}$ valeur des prestations à payer nettes de réassurance. Les taux de cessions sont respectivement de 50% sur la santé et de 52,86% sur la prévoyance non vie,

— e_1 les évènements impactant les engagements de prévoyance uniquement,

— e_2 les évènements impactant les engagements de frais de santé.

L'exigence en capital au titre du risque accident de masse net de réassurance est de 154 977€ pour un départ à la retraite à 62 ans. Il est de 158 292€ pour un départ à la retraite à 65 ans.

Risque de concentration : Le risque de concentration représente le risque qu'un évènement catastrophique se réalise sur la plus forte exposition de l'assureur. La plus forte exposition de notre assureur représente le plus grand nombre d'adhérents d'un même groupe en Santé à la fin de l'année 2016.

La formule permettant de calculer l'exigence en capital pour le risque de concentration est donnée par :

$$SCR_{Concentration} = \sqrt{\sum_s (C_s \cdot \sum_e x_e \cdot CE_{(e,s)})^2} = \sqrt{(C_{s=1} \cdot \sum_e x_e \cdot E_{(e,s=1)})} \quad (8.13)$$

— $C_{s=1}$: : Plus grand risque de concentration d'accidents des entreprises d'assurance et de réassurance en France. Ce plus grand risque est de 901 assurés.

— x_e : ratio de personnes qui bénéficieront des prestations propres à l'évènement de type e.

— $CE_{(e,s=1)}$: valeur moyenne des prestations à payer par les entreprises d'assurance et de réassurance en cas d'évènements de type e pour le plus grand risque de concentration.

Concernant les ratio x_e et la valeur moyenne des prestations $CE_{(e,s=1)}$, nous avons repris les hypothèses introduites lors du calcul du $SCR_{Concentration}$.

L'exigence en capital au titre du risque de concentration pour un départ à la retraite à 62 ans s'élève à 20 490 024 €.

Pour avoir l'exigence en capital au titre du risque de concentration pour un départ à la retraite à 65 ans, seuls les engagements de l'assureur pour une invalidité permanente causée par un accident ont été modifiés. Ces engagements ont été augmentés de 15,023%.

Par conséquent l'exigence en capital au titre du risque concentration est de 20 928 310 €.

En appliquant le même raisonnement vu précédemment dans le calcul du SCR accident de masse net de réassurance, l'exigence en capital au titre du risque de concentration net de réassurance est de :

— 2 159 624 € pour un départ à la retraite à 62 ans,

— 2 366 245 € pour un départ à la retraite à 65 ans.

Risque de pandémie : Comme son nom l'indique ce risque représente le risque qu'une pandémie non mortelle conduise à une invalidité permanente des assurés.

$$SCR_{\text{Pandémie}} = 0,0075\% \cdot E + 0,4 \cdot \sum_{s} N_s \cdot M_s = 0,0075\% \cdot E + 0,4 \cdot N_s \cdot M_s \quad (8.14)$$

— E : Exposition des entreprises d'assurance et de réassurance au risque de protection du revenu en cas de pandémie (somme des montants de prestations à payer pour les assurés en cas d'incapacité permanente) ;

— N_s : nombre de personnes assurées par les entreprises d'assurance et de réassurance qui habitent en France.

— M_s : montant moyen attendu à payer par les entreprises d'assurance ou de réassurance par assuré en cas de pandémie en France.

L'exigence en capital au titre du risque pandémie brut de réassurance s'élève à 1 098 748€ pour un départ à la retraite à 62 ans.

Pour un départ à la retraite à 65 ans, les engagements de l'assureur concernant une invalidité permanente suite à un accident sont modifiés. Ces engagements sont de 248 214€.

Par conséquent, l'exigence en capital brut de réassurance au titre du risque pandémie pour un départ à la retraite à 65 ans est de 1 169 043 €.

En appliquant le même raisonnement vu précédemment dans le calcul du SCR accident de masse net de réassurance, l'exigence en capital au titre du risque pandémie net de réassurance est de :

— 536 006 € pour un départ à la retraite à 62 ans,
— 569 145 € pour un départ à la retraite à 65 ans.

Ci dessous un récapitulatif des chocs réalisés pour le module de risque santé catastrophe pour un départ à la retraite à 62 ans :

Santé Catastrophe : départ à la retraite à 62 ans	
SCR accident de masse	155K €
SCR Concentration	2 159,6K €
SCR Pandémie	536K €

Santé Catastrophe : départ à la retraite à 65 ans	
SCR accident de masse	158K €
SCR Concentration	2 366K €
SCR Pandémie	569K €

L'exigence en capital au titre du risque de catastrophe santé net de réassurance s'élève à :

— **2 230 536 € pour un départ à la retraite à 62ans,**
— **2 438 872 € pour un départ à la retraite à 62ans.**

Partie D : Évaluation de l'exigence en capital au titre du risque de souscriptions santé

Nous avons calculé précédemment les exigences en capital pour le sous module de risque SLT, NSLT et catastrophe santé. Ces exigences en capital sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Souscription Santé : départ à 62 ans	
SCR Santé SLT	460 585€
SCR Santé NSLT	6 256 824€
SCR Santé Catastrophe	2 230 536€

TABLE 8.15 – Exigence en capital.

Souscription Santé : départ à 65 ans sans augmentation du tarif	
SCR Santé SLT	690 617€
SCR Santé NSLT	6 322 108€
SCR Santé Catastrophe	2 438 872€

TABLE 8.16 – Exigence en capital.

Souscription Santé : départ à 65 ans avec augmentation du tarif	
SCR Santé SLT	690 617€
SCR Santé NSLT	6 386 367€
SCR Santé Catastrophe	2 438 872€

TABLE 8.17 – Catastrophe Santé.

Après agrégation de ces SCR, l'exigence en capital au titre du module de risque santé est de :

— **7 396 540 € pour un départ à la retraite à 62ans,**

— **7 701 417 € pour un départ à la retraite à 65 ans sans augmentation du tarif.**

— **7 762 165 € pour un départ à la retraite à 65 ans avec augmentation du tarif.**

8.2.3 Exigence en capital au titre du risque de souscriptions vie

Le risque de souscription vie représente le risque résultant des engagements d'assurance vie, compte tenu des périls couverts et des procédés appliqués dans l'exercice de cette activité.

Les risques de souscription vie auquel est exposé notre portefeuille sont les suivants :
— Risques biométriques (mortalité, longévité,invalidité)
— Risque de cessation
— Risque de dépenses en vie
— Risque de révision
— Risque de catastrophe en vie

En appliquant la formule (8.2), le SCR souscription vie du portefeuille est de 2 286 000 €.

8.2.4 Exigence en capital au titre du risque de Contrepartie

Le risque de contrepartie reflète les pertes possibles que pourrait entraîner le défaut inattendu, ou la détérioration de la qualité de crédit, des contreparties et des débiteurs de l'entreprise durant les 12 mois à venir. Pour ce risque nous avons retenu deux types d'expositions.

Exposition de type I : les expositions de type I auxquelles s'expose notre portefeuille sont les suivantes :
— contrat d'atténuation du risque (contrat de réassurance, véhicules de titrisation),
— avoirs en banque, liquidités et comptes à terme,
— engagements juridiques contraignants que l'entreprise a fourni.
Le SCR contrepartie de type 1 est égal à 2 833 500€

Exposition de type II : les expositions de type II représentent les créances sur intermédiaires et clients (paiements à recevoir des intermédiaires, arriérés de primes des assurés etc..).
Le SCR contrepartie de type 2 est égal à 1 889 000€

L'exigence en capital pour risque de contrepartie est calculée via la formule suivante :

$$SCR_{contrepartie} = \sqrt{SCR_{type1}^2 + 1.5 \cdot SCR_{type1} \cdot SCR_{type2} + SCR_{type2}^2}$$

Le SCR contrepartie est de 5 736 000€

8.2.5 Exigence en capital au titre du risque de Marché

Le risque de marché tel que décrit dans la formule standard permet de mesurer l'effet de la volatilité de variables financières (ci-après) sur les actifs et les passifs du bilan prudentiel.

Les risques de marché auxquels est exposé notre portefeuille sont les taux d'intérêts, les actions, les actifs immobiliers, le spread, la concentration et le change.

Le SCR pour le risque de marché du portefeuille est de 9 325 500 €.

Conclusion : Effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite de 3 ans sur le montant global de capital requis de solvabilité (BSCR).

Dans les chapitres précédents nous avons calculé les différents SCR que nous avons regroupé dans le tableau suivant :

Départ à la retraite à 62 ans	
SCR Marché	9 325 500€
SCR Défaut	5 736 000€
SCR Vie	2 286 000€
SCR Santé	7 396 540€

TABLE 8.18 – Exigence en capital.

Nous avons agrégé les SCR ci-dessous et nous obtenons un montant global de capital requis de solvabilité (BSCR) de 16 968 141 € pour un départ à la retraite à 62 ans.

Pour un départ à la retraite à 65 ans, nous avons émis les hypothèses suivantes :

1. Nous supposons que le SCR des modules de risque de Marché, de Défaut et de la Vie sont identiques aux SCR obtenus pour un départ à la retraite à 62 ans.
2. Seul le SCR Santé a été recalculé en considérant l'augmentation de l'âge de départ en retraite de 3 ans.

Nous avons agrégé les SCR ci-dessous et nous obtenons les résultats suivants :

— **un montant global de capital requis de solvabilité (BSCR) de 17 180 374€ pour un départ à la retraite à 65 ans sans augmentation du tarif,**

Départ à la retraite à 65 ans	
SCR Marché	9 325 500€
SCR Défaut	5 736 000€
SCR Vie	2 286 000€
SCR Santé	7 701 417€

TABLE 8.19 – Exigence en capital sans augmentation du tarif.

Départ à la retraite à 65 ans	
SCR Marché	9 325 500€
SCR Défaut	5 736 000€
SCR Vie	2 286 000€
SCR	7 762 168€

TABLE 8.20 – Exigence en capital avec augmentation du tarif.

— **un montant global de capital requis de solvabilité (BSCR) de 17 222 995€ pour un départ à la retraite à 65 ans avec augmentation du tarif.**

8.2.6 Exigence en capital au titre du risque opérationnel

L'exigence de capital pour risque opérationnel reflète les risques opérationnels, dans la mesure où ceux-ci ne sont pas déjà pris en considération dans les différentes modules de risques. Il comprend les risques juridiques, mais ne comprend ni les risques découlant des décisions stratégiques, ni les risques de réputation.

L'exigence en capital au titre du risque opérationnel est de 1 498 500€.

8.2.7 Ajustements des pertes par les impôts différés

Les compagnies d'assurances ont la possibilité sous solvabilité II de diminuer le capital de solvabilité requis de base (BSCR) d'une capacité d'absorption des pertes par les impôts différés (ci-après ID). Pour cela il faut que les ID soient inférieurs à 30% du BSCR.

Les impôts différés passifs de notre assureur s'élèvent à 480 000€.

Conclusion : Effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite de 3 ans sur le SCR.

Pour rappel le SCR est calculé via la formule suivante :

$$SCR = BSCR - Adj + SCR_{op}$$

Nous supposons que l'exigence en capital pour le risque opérationnel et l'ajustement des pertes par les impôts différés seront identiques pour un âge de départ à la retraite à 62 et 65 ans.

En appliquant la formule précédente, le capital de solvabilité requis (SCR) de notre assureur est de :

- **17 986 641 euros pour un départ à la retraite à 62 ans,**
- **18 198 875 euros pour un départ à la retraite à 65 ans sans augmentation du tarif,**
- **18 241 495 euros pour un départ à la retraite à 65 ans avec augmentation du tarif.**

8.3 Calcul du ratio de couverture

Afin d'étudier l'effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite de trois sur la solvabilité de l'assureur, nous nous sommes intéressés à l'étude du ratio de couverture du SCR ou ratio de solvabilité de l'assureur.

Ce ratio représente le rapport entre les fonds propres obtenus via le bilan prudentiel et le capital de solvabilité requis.

Nous avons calculé dans les chapitres précédents les fonds propres ainsi que le capital de solvabilité de l'assureur.

Nous avons obtenu les résultats suivants :

FP de l'assureur		
FP départ à 62 ans	FP départ à 65 ans	FP départ à 65 ans + tarif
52 587K €	48 674K €	48 872K €

TABLE 8.21 – Provisions techniques sous solvabilité 2.

Capital de solvabilité de l'assureur		
FP départ à 62 ans	FP départ à 65 ans	FP départ à 65 ans + tarif
17 987K €	18 1994K €	18 241K €

TABLE 8.22 – Fonds propre du bilan prudentiel.

Par conséquent, les ratio de couverture du SCR sont les suivants :

Ratio de couverture du SCR		
départ à 62 ans	départ à 65 ans	départ à 65 ans + tarif
292%	267,4%	267,9%

TABLE 8.23 – Fonds propre du bilan prudentiel.

Le passage de l'âge de départ à la retraite à 65 ans aura pour conséquence une baisse du ratio de couverture du SCR de 8,5%.

L'effet combiné du passage de l'âge de départ à la retraite à 65 ans ainsi que de l'augmentation du tarif améliore légèrement le ratio de couverture du SCR.

Conclusion

En France, la Sécurité Sociale assure le premier niveau d'indemnisation en cas d'invalidité. De nombreuses Conventions Collectives prévoient l'obligation, pour les entreprises, de mettre en place un contrat de prévoyance collective complétant l'indemnisation de la Sécurité Sociale. La garantie invalidité de ces contrats permet le versement de rentes d'invalidité au plus jusqu'à l'âge de départ en retraite et ainsi le maintien du niveau de vie des invalides.

L'objectif de ce mémoire est d'évaluer l'effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite à 65 ans sur les garanties invalidité d'un portefeuille de prévoyance collective. Cet effet a été analysé selon trois axes :

- L'effet sur les provisions mathématiques de l'assureur,
- L'effet sur la sinistralité du contrat et le redressement du loss ratio via une retarification,
- L'effet sur les exigences de solvabilité réglementaires à travers un scénario de stress pour l'ORSA.

Une augmentation de l'âge de départ à la retraite de 3 ans nécessite un prolongement de la table de maintien du BCAC. Ainsi les provisions mathématiques pour un départ à la retraite à 65 ans ont été calculées à partir de la table de maintien en invalidité du BCAC que nous avons prolongée. Il résulte de l'augmentation de trois ans de l'âge de départ à la retraite une augmentation de 45% des PM nettes de réassurances du portefeuille étudié.

Nous avons ensuite cherché à quantifier l'impact de cette hausse des provisions sur le résultat. L'indicateur utilisé pour l'étude de la sinistralité est le loss ratio pour les années de survenance 2014, 2015 et 2016. L'étude du loss ratio sur ces trois années de survenance montre une forte dégradation des résultats pour une hausse de l'âge de départ en retraite à 65 ans qui passent en moyenne de 56% à 67%. Afin de palier à la dégradation de ces résultats, l'assureur peut augmenter les primes payées par les assurés. C'est dans ce cadre que nous avons retarifé les contrats par un modèle de tarification de Probabilité x Charge et un tarif unique pour l'ensemble des adhérents. Les résultats de la tarification indiquent qu'une hausse des primes de 16% permettrait de compenser la hausse de l'âge de départ à la retraite.

Enfin, nous avons étudié l'impact du scénario de report de l'âge de départ en retraite de trois ans sur les exigences en capital et sur les provisions techniques de la directive Solvabilité II dans le cadre de la deuxième évaluation de l'ORSA. Il résulte de ce scénario de stress, une augmentation de 48% des provisions techniques pour une hausse de trois ans du départ à la retraite et de 46% avec l'augmentation du tarif. Nous avons retenu le modèle de la formule standard pour l'évaluation des exigences en capital nécessaires dans ce scénario de stress. Nous observons donc une augmentation de 1,2% du SCR pour une hausse de trois ans du départ à la retraite et une baisse des fonds propres de 3 912K€. Cela entraine une dégradation du ratio de solvabilité de l'assureur de 292% à 267%.

Pour conclure, nous observons qu'une hausse, théorique, de l'âge de départ en retraite de trois ans aurait un impact négatif pour notre assureur. Celui-ci verrait ses provisions mathématiques augmenter, et son Loss Ratio et son ratio de solvabilité se dégrader.

Cette étude porte sur une évolution législative théorique. Cependant, la situation actuelle du régime de retraite français, ainsi que l'allongement de la durée de vie, pourraient obliger un gouvernement à décaler la date de départ à la retraite. De nombreux pays européens possèdent un âge de départ à la retraite plus élevé qu'en France : 68 ans au Royaume-Uni, 67 ans en Allemagne par exemple. Il semble donc prudent que les compagnies d'assurance commercialisant des garanties invalidité évaluent l'impact de ce scénario dans le cadre de l'ORSA.

Par ailleurs, plusieurs travaux pourraient compléter l'étude réalisée dans ce mémoire. Le biais induit par l'utilisation de données moyennes pourrait être comblé avec des données plus complètes par adhérent. L'observation de la déformation du ratio de solvabilité sur plusieurs années permettrait une vision plus juste de la réforme théorique étudiée ici.

Quatrième partie

Annexes

Annexes de la partie I

Provisions pour l'ensemble de la base

Les provisions nettes de réassurance pour les 154 assurés de la base sont les suivantes :

N°Assuré	PM: départ 62ans	PM départ 65 ans
1	395 249 €	438 864 €
2	47 257 €	60 207 €
3	42 392 €	52 077 €
4	6 625 €	32 305 €
5	25 762 €	32 008 €
6	16 673 €	53 459 €
7	17 580 €	25 849 €
8	66 234 €	80 396 €
9	25 045 €	33 030 €
10	2 689 €	19 763 €
11	14 923 €	40 679 €
12	26 539 €	41 071 €
13	5 871 €	46 817 €
14	19 246 €	34 124 €
15	105 585 €	124 487 €
16	153 681 €	170 900 €
17	46 154 €	57 427 €
18	20 359 €	36 531 €
19	46 201 €	70 605 €
20	49 052 €	67 472 €
21	86 117 €	103 063 €
22	44 044 €	54 982 €
23	302 846 €	323 469 €
24	24 550 €	37 317 €
25	6 613 €	22 227 €
26	25 576 €	32 477 €
27	25 107 €	49 516 €
28	114 344 €	133 974 €
29	27 321 €	54 825 €
30	32 700 €	52 579 €
31	2 826 €	8 239 €
32	10 035 €	38 971 €
33	8 472 €	32 850 €
34	34 100 €	56 629 €
35	43 387 €	54 362 €
36	42 917 €	56 578 €
37	98 560 €	108 386 €
38	0 €	0 €
39	16 841 €	27 027 €
40	58 118 €	112 772 €
41	16 048 €	35 842 €
42	3 199 €	20 769 €
43	27 003 €	47 305 €
44	26 156 €	53 910 €
45	6 124 €	19 556 €
46	215 789 €	266 618 €
47	39 261 €	66 739 €
48	16 030 €	28 288 €
49	34 596 €	43 995 €
50	46 019 €	67 556 €
51	3 112 €	15 868 €
52	51 113 €	87 316 €
53	178 645 €	194 134 €
54	13 232 €	27 362 €
55	35 935 €	47 380 €
56	52 319 €	69 858 €
57	30 558 €	52 550 €
58	6 167 €	33 943 €
59	59 949 €	70 844 €
60	30 416 €	47 865 €
61	44 681 €	52 426 €
62	7 183 €	37 457 €
63	55 769 €	77 386 €
64	19 462 €	45 263 €
65	55 213 €	61 421 €
66	7 017 €	17 553 €
67	62 194 €	90 193 €
68	68 833 €	82 367 €
69	170 668 €	188 962 €
70	18 254 €	24 972 €
71	7 250 €	16 449 €
72	25 008 €	53 220 €
73	11 548 €	46 608 €
74	135 079 €	149 077 €
75	300 489 €	373 288 €
76	388 160 €	437 728 €
77	40 006 €	54 458 €
78	103 534 €	121 068 €
79	11 623 €	59 361 €
80	121 697 €	167 279 €
81	10 322 €	24 004 €
82	16 762 €	46 758 €
83	17 481 €	43 356 €
84	46 480 €	94 666 €
85	9 809 €	27 792 €
86	62 083 €	93 127 €
87	21 863 €	36 211 €
88	5 910 €	11 593 €
89	3 552 €	19 329 €
90	2 686 €	19 422 €
91	38 276 €	50 490 €
92	3 231 €	20 824 €
93	73 162 €	117 475 €
94	9 342 €	23 883 €
95	40 165 €	49 854 €
96	19 621 €	34 386 €
97	13 731 €	41 843 €
98	13 836 €	34 875 €
99	49 356 €	61 738 €
100	5 330 €	11 453 €
101	205 800 €	238 215 €
102	127 052 €	143 649 €
103	28 650 €	36 045 €
104	5 203 €	26 505 €
105	87 339 €	112 466 €
106	3 642 €	23 795 €
107	16 899 €	34 374 €
108	0 €	0 €
109	78 389 €	243 858 €
110	11 293 €	26 762 €
111	37 942 €	62 022 €
112	34 673 €	67 917 €
113	3 537 €	20 875 €
114	11 223 €	28 479 €
115	29 791 €	56 106 €
116	19 873 €	25 750 €
117	94 908 €	120 905 €
118	2 787 €	24 462 €
119	117 643 €	139 295 €
120	106 247 €	151 485 €
121	190 725 €	210 792 €
122	48 483 €	69 695 €
123	68 696 €	94 038 €
124	72 809 €	105 565 €
125	18 105 €	48 364 €
126	115 882 €	163 390 €
127	32 048 €	61 051 €
128	12 459 €	37 688 €
129	74 173 €	117 681 €
130	17 495 €	33 244 €
131	42 225 €	59 655 €
132	7 276 €	55 872 €
133	77 079 €	102 013 €
134	46 188 €	65 829 €
135	73 742 €	101 133 €
136	107 226 €	182 074 €
137	43 157 €	60 163 €
138	22 619 €	38 745 €
139	22 423 €	62 338 €
140	241 647 €	297 257 €
141	12 495 €	55 764 €
142	210 720 €	248 442 €
143	68 601 €	137 312 €
144	25 158 €	68 321 €
145	6 108 €	18 517 €
146	36 741 €	71 389 €
147	24 996 €	71 675 €
148	3 446 €	34 447 €
149	47 991 €	108 070 €
150	133 253 €	168 126 €
151	140 289 €	190 301 €
152	55 902 €	74 949 €
153	47 409 €	63 922 €
154	60 881 €	84 109 €

FIGURE 8.5 – Effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite de trois ans sur les PM (tête par tête).

Annexes de la partie II : Modèle de tarification Probabilité x Charge

Un premier modèle a été développé dans les chapitres précédents, nous allons à présent décrire un autre modèle de tarification qui n'a pas pu aboutir par faute de données.

Comme indiqué dans les chapitres précédents, le tarif est établi en utilisant l'équation (5.1). Nous allons donc calculer la valeur actuelle probable des engagements futurs de l'assureur en t=0 (ci après VAP).

Le modèle retenu pour calculer cette VAP, est le modèle de Probabilité $\times$ $Charge$,
Où.

- Probabilité : représente le taux d'entrée en invalidité ou probabilité de passage en invalidité.
- Charge : représente la valeur actuelle probable du montant total que l'assureur déboursera si l'assuré devient invalide.

Avant de procéder au calcul de la $VAP_{t=0}$ de l'assureur, nous allons étudier toutes les possibilités pouvant entraîner l'entrée en état d'invalidité d'un assuré.

Comme nous pouvons remarquer sur le schéma ci-dessous, l'invalidité est accessible via deux chemins :

- 1^{er} cas : Un valide passe par l'incapacité avant d'aller en invalidité. Pour ce 1^{er} cas, afin d'établir le tarif, nous aurons besoin des taux d'entrée (B_x) d'un valide en incapacité, des probabilités de maintien dans l'état d'incapacité et des probabilités de passage de l'état d'incapacité vers l'état d'invalidité. Les probabilités de maintien en incapacité et de passage de l'incapacité vers l'invalidité sont calculées à partir des tables de maintien du BCAC. Les taux d'entrée en incapacité (B_x) seront établis par tranche d'âge à partir de l'historique du portefeuille étudié.

- 2^{e} cas : un valide est déclaré invalide sans passer par l'état d'incapacité. Le taux d'entrée en invalidité dans ce cas précis sera noté (A_x). Ce taux sera calculé via l'historique du portefeuille et varie en fonction de l'âge de l'assuré.

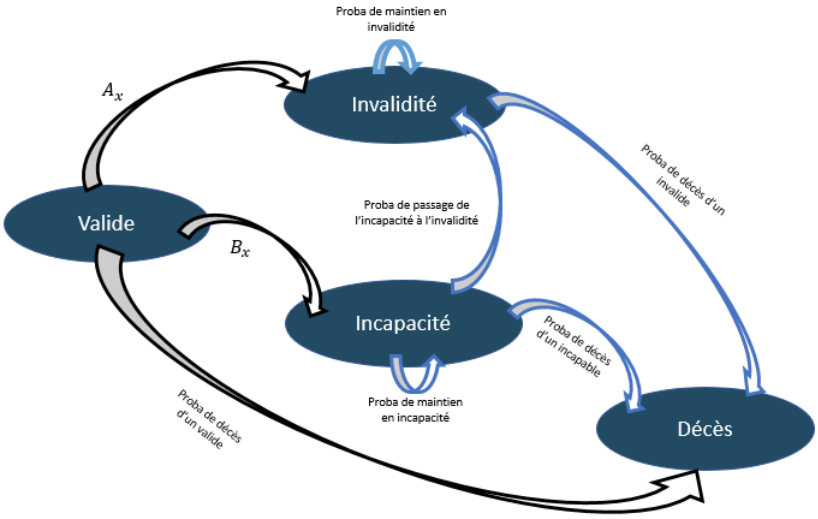

FIGURE 8.6 – Cycle de passage d'un état à l'autre pour un individu

Les deux prochaines sous parties indiquent comment calculer le tarif ($VAP_{t=0}$ de l'assureur) dans les deux cas introduits précédemment. Par conséquent un premier tarif sera établi dans le cas où l'assuré deviendrait incapable avant d'être invalide, un second tarif sera établi dans le cas où l'assuré deviendrait directement invalide sans passer par l'état d'incapacité.

Le tarif de la garantie invalidité sera la somme des tarifs calculés pour le 1^{er} et le 2^{e} cas.

$$Tarif = Tarif_{1^{er}Cas} + Tarif_{2^{e}Cas} \tag{8.15}$$

Entrée en invalidité à la suite d'une incapacité

Nous sommes dans le cas où l'assuré est déclaré invalide, après avoir passé un certain temps en incapacité. Un assuré peut rester en incapacité pendant au plus 36 mois. Soit il sera déclaré invalide au cours de ces 36 mois soit il basculera automatiquement en invalidité au bout des 36 mois. Ci dessous un schéma expliquant ce processus :

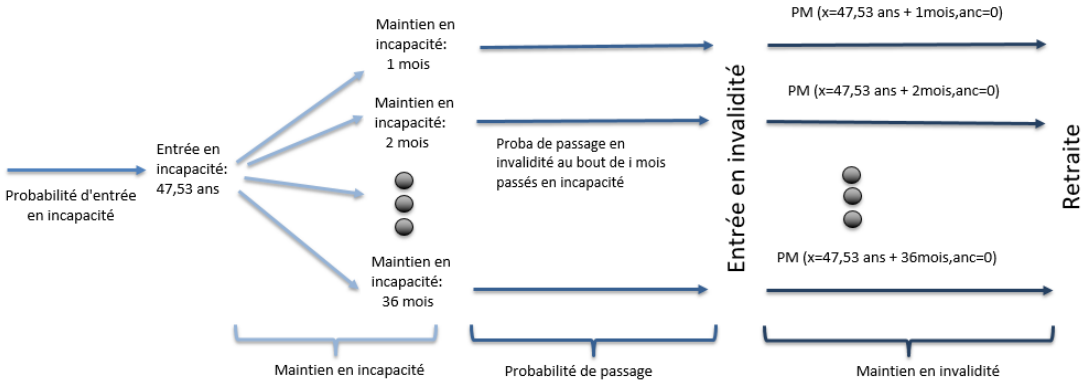

FIGURE 8.7 – Établissement d'un tarif de la garantie invalidité avec passage en incapacité.

Pour calculer la $VAP_{t=0}$ de l'assureur dans le cas où l'assuré passe par l'état d'incapacité avant d'aller en invalidité, il faudra calculer quatre grandeurs. Ces quatre grandeurs seront détaillés dans les quatre prochains paragraphes.

1ère grandeur : Probabilité d'entrée en incapacité à chaque âge (ci après B_x). Ces probabilités sont estimées via l'historique de données du portefeuille, dans le cas de l'invalidité il faut un historique de données d'au moins 15 ans.

2e grandeur : Probabilité de maintien en incapacité (ci après $Proba_{incap}$). Cette probabilité est calculée via la table de maintien en incapacité du BCAC. Contrairement à l'invalidité, le nombre d'incapable est fourni par âge et pour une ancienneté mensuelle cependant, les méthodes de calculs des probabilités de maintien restent identiques (cf chapitre III, 3.3.2.1).

3e grandeur : Probabilité de passage de l'état d'incapacité à l'état d'invalide. Cela revient pour chaque âge d'entrée en incapacité et pour chaque mois d'ancienneté passé en incapacité, à faire le quotient du nombre d'incapables passés en invalidité (table de passage de l'incapacité vers l'invalidité du BCAC) par le nombre d'incapables de la table de maintien en incapacité du BCAC.

4e grandeur : Provision mathématique (PM ci-après) d'une rente d'invalidité mensuelle pour un âge d'entrée en invalidité $x = age_{\text{Entrée,Incapacité}} + i_{Mois}$. Où, i_{Mois} représente le nombre de mois passés en incapacité. Pour l'établissement de ce tarif, il y aura 36 provisions mathématiques de rentes d'invalidité à calculer car pour chaque mois passé en incapacité (de 1 à 36 mois), nous lui avons associer une probabilité de passage vers l'invalidité et donc une provision mathématique de rente d'invalidité.
Afin d'avoir le tarif global des 36 possibilités, chaque PM sera pondéré par la valeur de la $proba_{\text{définitive}}$ (définie dans la remarque ci après).

Le tarif suivant correspond à une possibilité parmi les 36 possibilités décrites dans le schéma (8.7) :

$$Tarif_{\text{intermédiaire}} = B_x \cdot Proba_{incap} \cdot Proba_{passage} \cdot PM(x = age_{\text{entrée}}, anc = 0) \quad (8.16)$$

Où, $age_{\text{entrée}}$ correspond à l'âge d'entrée en incapacité auquel on rajoute le temps écoulé en incapacité.

Remarque :

1. Le terme $Proba_{incap} \cdot Proba_{passage}$ peut être simplifié pour donner lieu à un seul calcul, en effet $Proba_{incap} = \frac{L^{inc}_{x,anc=0+tmois}}{L^{inc}_{x,anc=0}}$ et $Proba_{passage} = \frac{L^{passage}_{x,anc_i}}{L^{inc}_{x,anc=0+tmois}}$

   Par conséquent, $Proba_{incap} \cdot Proba_{passage} = \frac{L^{passage}_{x,anc_i}}{L^{inc}_{x,anc=0}} = proba_{\text{définitif}}$

2. Dans la plupart des cas l'âge d'entrée dans l'état n'est pas entier donc il faudra effectuer une interpolation linéaire par rapport à l'âge afin d'avoir le nombre d'incapables et d'invalides à l'âge d'entrée exact. Cette interpolation est identique à la méthode décrite dans le chapitre 3 de la partie I (cf.3.3.2.2 calcul des provisions mathématiques par formule fermée).

Au vu de la formule (8.15) et des remarques précédentes, le tarif d'un salarié qui est passé par l'état d'incapacité avant d'aller en invalidité est calculé par la formule suivante :

$$Tarif_{1^{er}Cas} = \sum_{i=1}^{36} Tarif_{\text{intermédiaire}}$$

Entrée en invalidité sans passer par l'état d'incapacité

Nous sommes dans le cas où l'assuré est déclaré invalide sur l'ordre du médecin suite à un accident ou une maladie de la vie privée.

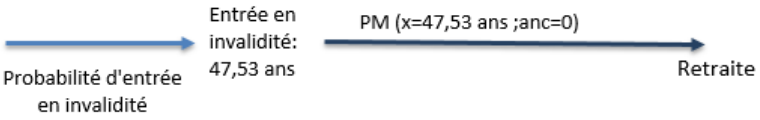

FIGURE 8.8 – Établissement d'un tarif de la garantie invalidité sans passage par l' incapacité.

Le tarif est calculé par la formule suivante :

$$Tarif_{2^eCas} = A_x \cdot PM(x = age_{\text{entrée}}, anc = 0) \tag{8.17}$$

Le tarif global est obtenu en faisant la somme de $Tarif_{1^erCas}$ et de $Tarif_{2^eCas}$ formule (8.15).

Annexes de la partie III

BE de sinistres pour l'ensemble de la base

Les *BE* de sinistres hors frais et nettes de réassurances pour les 154 assurés de la base sont les suivantes :

N°Assuré	BE: départ 62ans	BE départ 65 ans
1	387 216 €	424 582 €
2	47 962 €	60 648 €
3	42 878 €	52 194 €
4	6 654 €	32 743 €
5	26 088 €	32 134 €
6	16 784 €	54 261 €
7	17 878 €	26 257 €
8	66 879 €	80 400 €
9	25 460 €	33 382 €
10	2 700 €	20 001 €
11	15 039 €	41 316 €
12	26 966 €	41 764 €
13	5 894 €	47 390 €
14	19 503 €	34 719 €
15	106 039 €	123 740 €
16	150 619 €	165 420 €
17	46 760 €	57 689 €
18	20 626 €	37 167 €
19	46 956 €	71 777 €
20	49 906 €	68 383 €
21	86 757 €	102 796 €
22	44 627 €	55 246 €
23	278 890 €	291 967 €
24	24 953 €	37 933 €
25	6 652 €	22 556 €
26	25 951 €	32 701 €
27	25 396 €	50 366 €
28	114 640 €	132 938 €
29	27 626 €	55 762 €
30	33 203 €	53 482 €
31	2 847 €	8 366 €
32	10 094 €	39 530 €
33	8 517 €	33 320 €
34	34 600 €	57 611 €
35	43 982 €	54 660 €
36	43 634 €	57 185 €
37	95 391 €	103 340 €
38	0 €	0 €
39	17 100 €	27 491 €

N°Assuré	BE: départ 62ans	BE départ 65 ans
40	58 804 €	114 711 €
41	16 204 €	36 438 €
42	3 212 €	21 040 €
43	27 371 €	48 129 €
44	26 435 €	54 828 €
45	6 163 €	19 849 €
46	218 425 €	267 499 €
47	39 817 €	67 904 €
48	16 246 €	28 782 €
49	35 107 €	44 308 €
50	46 802 €	68 621 €
51	3 126 €	16 081 €
52	51 832 €	88 833 €
53	170 820 €	182 581 €
54	13 374 €	27 825 €
55	36 534 €	47 888 €
56	53 207 €	70 680 €
57	30 987 €	53 464 €
58	6 195 €	34 398 €
59	60 220 €	70 432 €
60	30 898 €	48 679 €
61	44 807 €	52 031 €
62	7 222 €	37 964 €
63	56 744 €	78 464 €
64	19 637 €	46 008 €
65	54 071 €	59 394 €
66	7 077 €	17 835 €
67	63 260 €	91 586 €
68	69 319 €	82 113 €
69	166 217 €	181 505 €
70	18 570 €	25 298 €
71	7 317 €	16 721 €
72	25 265 €	54 117 €
73	11 617 €	47 270 €
74	131 153 €	142 672 €
75	304 318 €	374 794 €
76	382 512 €	426 373 €
77	40 698 €	55 164 €
78	103 615 €	119 886 €

N°Assuré	BE: départ 62ans	BE départ 65 ans
79	11 673 €	60 163 €
80	123 811 €	169 529 €
81	10 414 €	24 400 €
82	16 886 €	47 487 €
83	17 632 €	44 054 €
84	46 990 €	96 280 €
85	9 879 €	28 223 €
86	63 117 €	94 643 €
87	22 186 €	36 837 €
88	5 979 €	11 792 €
89	3 567 €	19 584 €
90	2 697 €	19 657 €
91	38 908 €	51 027 €
92	3 244 €	21 089 €
93	74 287 €	119 491 €
94	9 418 €	24 264 €
95	40 675 €	50 050 €
96	19 888 €	34 985 €
97	13 827 €	42 479 €
98	13 950 €	35 435 €
99	50 012 €	62 035 €
100	5 384 €	11 645 €
101	205 241 €	235 056 €
102	125 274 €	140 004 €
103	29 049 €	36 249 €
104	5 231 €	26 866 €
105	88 690 €	113 406 €
106	3 657 €	24 100 €
107	17 083 €	34 962 €
108	0 €	0 €
109	78 906 €	247 543 €
110	11 394 €	27 199 €
111	38 512 €	63 093 €
112	35 077 €	69 082 €
113	3 552 €	21 143 €
114	11 314 €	28 935 €
115	30 156 €	57 079 €
116	20 189 €	25 986 €
117	96 314 €	121 765 €

N°Assuré	BE: départ 62ans	BE départ 65 ans
118	2 798 €	24 752 €
119	118 023 €	138 266 €
120	108 091 €	153 749 €
121	185 348 €	201 964 €
122	49 319 €	70 749 €
123	69 891 €	95 279 €
124	74 058 €	107 193 €
125	18 243 €	49 127 €
126	117 897 €	165 764 €
127	32 432 €	62 111 €
128	12 547 €	38 262 €
129	75 338 €	119 687 €
130	17 705 €	33 820 €
131	42 959 €	60 521 €
132	7 305 €	56 584 €
133	78 359 €	103 101 €
134	46 989 €	66 808 €
135	75 018 €	102 451 €
136	108 752 €	185 254 €
137	43 906 €	61 003 €
138	22 937 €	39 421 €
139	22 589 €	63 311 €
140	244 263 €	297 655 €
141	12 563 €	56 540 €
142	211 368 €	246 604 €
143	69 374 €	139 662 €
144	25 353 €	69 392 €
145	6 149 €	18 799 €
146	37 174 €	72 618 €
147	25 178 €	72 782 €
148	3 458 €	34 866 €
149	48 458 €	109 861 €
150	135 075 €	168 995 €
151	142 709 €	192 648 €
152	56 853 €	75 816 €
153	48 221 €	64 700 €
154	61 936 €	85 242 €

FIGURE 8.9 – Effet de l'augmentation de l'âge de départ en retraite de trois ans sur les PM (tête par tête).

L'annexe IV de la Directive Solvabilité II fournit les matrices de corrélation nécessaires au calcul du SCR.

La matrice de corrélation inter modulaire

	SCR_{marche}	SCR_{credit}	SCR_{vie}	SCR_{sante}	$SCR_{non-vie}$
SCR_{marche}	1	0,25	0,25	0,25	0,25
SCR_{credit}	0,25	1	0,25	0,25	0,25
SCR_{vie}	0,25	0,25	1	0,25	0
SCR_{sante}	0,25	0,25	0,25	1	0
$SCR_{non-vie}$	0,25	0,25	0	0	1

TABLE 8.24 – La matrice de corrélation des modules de risque pour le calcul du SCR

La matrice de corrélation santé SLT

	SCR $Mortalite$	SCR $Longevite$	SCR $Morbidite$	SCR $Cessations$	SCR $Frais$	SCR $Revision$
$SCR_{Mortalite}$	1	-0,25	0,25	0	0,25	0
$SCR_{Longevite}$	-0,25	1	0	0,25	0,25	0,25
$SCR_{Morbidite}$	0,25	0	1	0	0,5	0
$SCR_{Cessations}$	0	0,25	0	1	0,5	0
SCR_{Frais}	0,25	0,25	0,5	0,5	1	0,5
$SCR_{Revision}$	0	0,25	0	0	0,5	1

TABLE 8.25 – La matrice de corrélation des modules de risque pour le calcul du SCR santé SLT

La matrice de corrélation santé

	$SCR_{santeSLT}$	$SCR_{santeNonSLT}$	$SCR_{Catastrophe}$
$SCR_{santeSLT}$	1	0,5	0,25
$SCR_{santeNonSLT}$	0,5	1	0,25
$SCR_{Catastrophe}$	0,25	0,25	1

TABLE 8.26 – La matrice de corrélation des modules de risque pour le calcul du SCR santé

Bibliographie

BERGER, P. et SCHMITT, V. (2007). Analyse du régime de prévoyance des organismes de formation. http ://www.synafor.fr.

BOUISSIERES, G. (2011). Modélisation prospective du bilan d'un assureur automobile dans le cadre de l'ORSA et analyse de la volatilité du ratio de Solvabilité. Mémoire, Institut des Actuaires.

Caisse Nationale de Sécurité Sociale (2011). Programmes invalidité et dispositifs gérés par la cnsa. http ://www.securite-sociale.fr.

Caisse des dépots (2011). Etudes de l'invalidité : Pensions-allocations-rentes. https ://www.cdc.retraites.fr.

CASIMIRIUS, C., DE LA FOATA, C. et DELUCINGE, S. (2016). Best estimate liabilities non-vie. https ://www.institutdesactuaires.com.

CEREN, I. (2014). Les accidents du travail entre 2005 et 2010 : une fréquence en baisse, dares analyses, N^0 010. http ://travail-emploi.gouv.fr.

Commision européenne (2015). Règlement délégué (UE) 2015/35 de la commission. https ://eiopa.europa.eu.

Commission Solvabilité 2 (2014). Best estimate non-vie. https ://www.institutdesactuaires.com.

COMPAIN, H. (2010). Analyse du risque de provisionnement non-vie dans le cadre de la réforme Solvabilité 2.

COSTE, M.-F. (2014). Projection du ratio de Solvabilité (Solvabilité 2) dans un an pour un contrat d'assurance retraite. Mémoire, Institut des Actuaires.

DE CUBBER, M. (2011). Rentabilité et tarification sous Solvabilité 2 : vers une évolution de l'offre produit ? Mémoire, Institut des Actuaires.

Direction de la recherche des études de l'évaluation et des statistiques (DREES) (2016). Les bénéficiaires d'une pension d'invalidité. http ://drees.solidarites-sante.gouv.fr.

European Insurance and Occupational Pensions Authority (EIOPA) (2010). Qis5 technical specifications. https ://eiopa.europa.eu.

LI, G. (2012). Les aspects quantitatifs de l'ORSA d'une compagnie d'assurance non-vie sur le marché luxembourgeois. Mémoire, Institut des Actuaires.

Marc, R. (2017). État des lieux de l'ORSA. http ://www.forsides.fr.

PRIMEL, S. (2012). Tarification, rentabilité et impacts de Solvabilité 2 sur les contrats emprunteur - application aux garanties décès et incapacité. Mémoire, Institut des Actuaires.

ROUDAIRE, L. (2014). Mise en place d'un processus ORSA pour une institution de prévoyance. Mémoire, Institut des Actuaires.