

**Mémoire présenté le :
pour l'obtention du diplôme
de Statisticien Mention Actuariat
et l'admission à l'Institut des Actuares**

Par : ~~Madame~~ / Monsieur Fahed MAHFOUDI

Titre du mémoire :

Clôtures trimestrielles et provisionnement IFRS 17

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

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

Membres présents du jury de la
filière :

Signature :

Entreprise :

Nom : TANGUY AUCOIN

Signature :



Directeur de mémoire en
entreprise

Membres présents du jury de
l'Institut des Actuares :

Signature :

Nom : TANGUY AUCOIN

Signature :



Invité :

Nom :

Signature :

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

Signature du responsable
entreprise :



Signature du candidat :



Résumé

IFRS 17 est une norme comptable internationale qui établit des principes uniformes pour l'évaluation des contrats d'assurance et des provisions associées. Elle a été publiée par l'IASB en 2017 et est applicable aux entités qui émettent des contrats d'assurance à partir de 2023. La norme vise à fournir des informations plus transparentes et comparables sur les activités d'assurance des entreprises que la norme IFRS 4.

Les normes IFRS n'ont pas de prescription spécifique sur la fréquence de publication des comptes pour les entreprises. Cependant, les grands groupes qui utilisent les IFRS publient des comptes à une fréquence plus élevée que l'annuel, allant du semestriel au trimestriel. Les clôtures trimestrielles permettent aux entreprises de réaliser une analyse plus fréquente de leurs performances financières, ce qui les aide à mieux gérer leur activité et à prendre des décisions plus éclairées.

De plus, la norme IFRS 4 permettait aux assureurs santé d'inclure des marges dans le calcul des provisions pour couvrir les risques futurs et lisser les résultats. Toutefois, avec la norme IFRS 17, cette pratique est limitée, car elle exige que les provisions soient évaluées au « Best Estimate », sans marge. Cela rend le provisionnement plus complexe pour les assureurs en prévoyance et santé, car il s'agit de trouver un équilibre entre le calcul des provisions au plus juste et la garantie de la solidité financière de l'entreprise à long terme.

Ce mémoire aborde la transition du passage de clôtures annuelles à trimestrielles pour les contrats de prévoyance et de santé, en examinant les étapes nécessaires et les impacts sur les hypothèses de projection des flux futurs.

Ensuite, le provisionnement en IFRS 17, en mettant l'accent sur l'inclusion d'une marge de prudence dans le calcul de la provision pour refléter les risques associés aux flux de trésorerie futurs sera étudié.

Abstract

IFRS 17 is an international accounting standard that establishes uniform principles for the measurement of insurance contracts and related provisions. It was issued by the IASB in 2017 and is applicable to entities that issue insurance contracts from 2023 onwards. The standard aims to provide more transparent and comparable information about companies' insurance activities than IFRS 4.

IFRS does not have any specific requirements on the frequency of publication of financial statements for companies. However, large groups that use IFRS publish accounts at a higher frequency than annual, ranging from half-yearly to quarterly. Quarterly closings allow companies to perform a more frequent analysis of their financial performance, which helps them to better manage their business and make more informed decisions.

In addition, IFRS 4 allowed health insurers to include margins in the calculation of provisions to cover future risks and smooth out results. However, with IFRS 17, this practice is limited, as it requires that provisions be measured at "best estimate", without margins. This makes provisioning more complex for life and health insurers, as they have to find a balance between calculating provisions as accurately as possible and guaranteeing the company's long-term financial strength.

This brief discusses the transition from annual to quarterly closings for health and welfare contracts, examining the steps required and the impacts on the assumptions for projecting future flows.

Next, the provisioning under IFRS 17, with an emphasis on the inclusion of a margin of conservatism in the calculation of the provision to reflect the risks associated with future cash flows will be examined.

Note de synthèse

IFRS 17

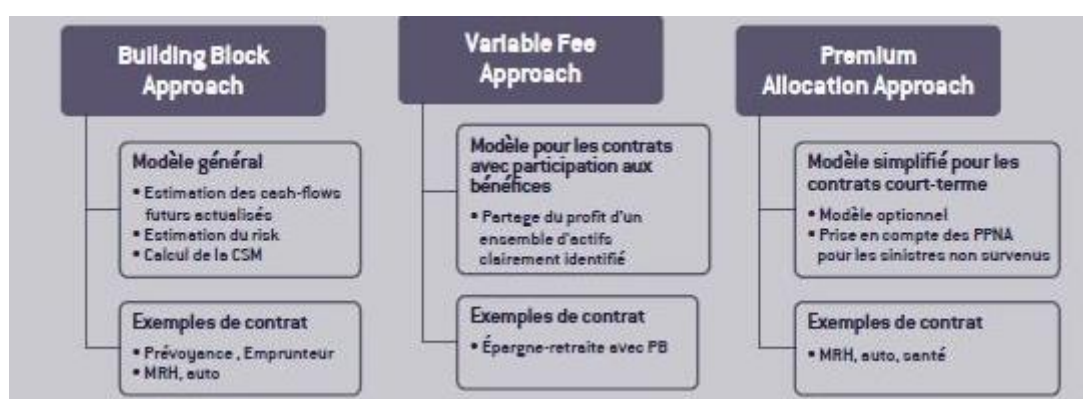
La norme IFRS 17 porte sur la comptabilisation des contrats d'assurance et cherche à instaurer une approche plus juste sur le plan économique dans le secteur de l'assurance. Elle introduit de nouveaux **principes de valorisation** et de nouveaux **indicateurs** qui permettent de fournir des informations financières plus précises et de faciliter la comparaison entre les acteurs du secteur.

Le nouveau bilan proposé par IFRS 17 peut être représenté par les trois blocs suivants :

- **le Best Estimate (BE)**, qui représente la valeur actuelle probable des flux de trésorerie futurs liés à l'exécution des contrats ;
- **le Risk Adjustment (RA)**, qui compense les incertitudes liées aux risques non-financiers inhérents aux contrats ;
- **et la Contractual Service Margin (CSM)**, qui représente les profits futurs attendus et non acquis d'un groupe de contrats, qui seront reconnus en résultat au fil de l'écoulement des engagements et des services rendus à l'assuré.

IFRS 17 prévoit **trois approches** pour **l'évaluation des passifs**, qui dépendent du type de contrat considéré. Ces trois modèles sont les suivants :

- **Le modèle Building Bloc Approach (BBA)**,
- **Le modèle Premium Allocation Approach (PAA)**,
- **Le modèle Variable Fee Approach (VFA)**.



Trois approches comptables IFRS 17

Dans le but d'améliorer la lisibilité de l'information relative au résultat, IFRS 17 établit une distinction entre les provisions pour services passés et les provisions pour services futurs. Cette distinction est essentielle pour comprendre la lecture des états financiers sous IFRS 17 :

- **Liability for Incurred Claims (LIC)**, le passif relatif à la période de **sinistres survenus**,
- **Liability for Remaning Coverage (LRC)**, le passif relatif à la période de couverture restante, Elle regroupe les *Fulfillment Cash Flows* émanant de **services futurs** et la CSM restante.

En plus de modifier le rythme de la comptabilisation des profits des compagnies d'assurance, la norme IFRS 17 modifiera **la présentation du compte de résultats**. Le compte de résultat d'IFRS 17 est présenté comme suit :

<i>Expected insurance claims</i>
<i>Expected insurance administration expenses</i>
<i>Expected management fees and investment expenses</i>
<i>Release Risk Adjustment</i>
<i>Release CSM</i>
<i>Premium variance related to current and past services</i>
<i>Recovery of Acquisition cash-flows</i>
<i>Run-off loss component</i>
Insurance contract revenues
<i>Claims and benefits paid in the period</i>
<i>Change in liability for incurred claims</i>
<i>Amortization of acquisition cash-flows</i>
<i>Attributable administration expenses</i>
<i>Loss component</i>
<i>Loss on onerous contracts</i>
<i>Reversal on onerous contracts</i>
<i>Loss component run-off expenses</i>
Insurance service expenses
Insurance service result
<i>Expected reinsurance claims</i>
<i>Expected reinsurance attributable expenses</i>
<i>Amortization of risk adjustment</i>
<i>Amortization of CSM</i>
<i>Premium variance on ceded business</i>
Reinsurance expenses from reinsurance contracts held
<i>Claims and benefits received in the period</i>
<i>Change in assets for incurred claims</i>
<i>Change in AIC, change in RIA related to incurred claim</i>
<i>Recoveries on onerous contracts</i>
<i>Reinsurance attributable expenses</i>
Reinsurance revenue from reinsurance contracts held
Reinsurance service result
Insurance service result (net of reinsurance)
<i>Net finance expenses on fulfillment cash flows</i>
<i>Net finance expenses on CSM</i>
Finance result
<i>OCI movement</i>
Total comprehensive income

Compte de résultat

Passage aux clôtures trimestrielles

La clôture correspond à l'achèvement des enregistrements comptables, le rassemblement des pièces justificatives ainsi que l'ensemble des opérations qui permettent d'éditer le bilan de la société. Afin d'éditer ce bilan, l'entreprise doit notamment calculer l'engagement envers ses assurés au moment de la clôture. Un calcul de provisions à la date de clôture est effectué.

Les normes IFRS n'imposent pas de fréquences de publication aux groupes qui les utilisent. Néanmoins, les entreprises qui publient en IFRS publient généralement des comptes en infra-annuel, semestriels ou trimestriels. Les clôtures trimestrielles permettent au groupe **une analyse plus régulière et un meilleur pilotage**.

C'est dans ce contexte que nous avons réalisé **le passage des clôtures annuelles à trimestrielles**.

Prophet est le logiciel de modélisation actuarielle utilisé par Generali, il permet la projection des différents flux dans le temps. Ce logiciel était jusqu'alors utilisé dans le cadre de calcul annuel, il permettait la projection de flux sur une année glissante de 12 mois peu importe la date de début de projection renseignée. Suite à des modifications de code, le logiciel Prophet permet maintenant de projeter les flux sur 12, 9, 6, ou 3 mois en fonction du trimestre de clôture.

Par ailleurs, la seule modification du code qui sous-tend la modélisation dans Prophet n'est pas suffisante. Nous avons également apporté des modifications aux tables d'hypothèses utilisées en entrée de Prophet, qui étaient initialement conçues pour des projections annuelles.

Des tables d'hypothèses sont indispensables à la projection des différentes variables nécessaires au calcul du BE : Primes, Prestations, Commissions, Frais de gestion, frais d'acquisition, Frais d'administration et PE/PB. Bien que la plupart des tables aient pu être utilisées telles quelles, certaines ont nécessité des ajustements, notamment la table *Futur* qui a été dupliquée et la méthode de calcul des taux d'écoulement qui a été complètement revue.

Adaptation de la table *Futur*

La table *Futur* est indispensable au **calcul de la charge** et de **l'écoulement du BE prime**. Elle permet la projection des prestations relatives aux charges de sinistres futures de chaque année de survenance, sur la base d'une répartition par type de provision et des taux d'écoulement des prestations relatives aux charges sinistres de survenance future.

Cependant dans le cadre d'un calcul de BE trimestriel l'utilisation d'une seule et même table *Futur* pose problème, car une charge de sinistre de survenance N s'écoule

différemment d'une charge de sinistre de survenance $>N$ en fonction du trimestre de calcul (sauf au Q4). En effet, la méthode de base pose problème pour les contrats multiyear car ce sont des contrats d'assurance ou de réassurance qui couvrent une période de plusieurs années.

Taux d'écoulement	1	2	3	4
Période de projection (en mois)	9	21	33	45

Période de projection des taux d'écoulement « Table Futur » trimestrielle

Dans le cadre d'un BE trimestriel au Q1 on projette les flux sur 9 mois la première année de projection (avril à décembre), puis sur 12 mois les années suivantes.

Année Surv	N(Q1)	N+1	N+2	N+3
N	Taux d'écoulement 1	Taux d'écoulement 2	Taux d'écoulement 3	Taux d'écoulement 4
N+1		Taux d'écoulement 1	Taux d'écoulement 2	Taux d'écoulement 3
N+2			Taux d'écoulement 1	Taux d'écoulement 2

Répartition des taux d'écoulement en fonction de l'année de projection et de la survenance

Ce tableau nous donne la répartition des taux d'écoulement d'un produit avec une charge sinistre de survenance N et $>N$.

Nous rencontrons un problème car l'année N n'a pas le même nombre de mois de projections que les années suivantes. Prenons la survenance $N+1$ à l'année $N+1$, la période de projection donnée par la *Table Futur* est de 9 mois. Ce qui est faux, elle devrait être de 12 mois pour les années de projection $>N$.

Pour pallier ce problème nous avons décidé d'introduire une seconde *Table Futur*. La première sera destinée aux charges de sinistres de survenance N et la seconde aux charges de sinistres de survenance $>N$.

Taux d'écoulement N	1	2	3	4
Période de projection (en mois)	9	21	33	45
Taux d'écoulement >N	1	2	3	4
Période de projection (en mois)	12	24	36	48

Période de projection des taux d'écoulement « *Table Futur N* » et « *Table Futur >N* »

Année Surv	N(Q1)	N+1	N+2	N+3
N	Taux d'écoulement N 1	Taux d'écoulement N 2	Taux d'écoulement N 3	Taux d'écoulement N 4
N+1		Taux d'écoulement >N 1	Taux d'écoulement >N 2	Taux d'écoulement >N 3
N+2			Taux d'écoulement >N 1	Taux d'écoulement >N 2

Répartition des taux d'écoulement en fonction de l'année de projection et de la survenance

Comme on peut le voir ci-dessus, les taux d'écoulements attribués aux survenances >N sont bien déterminés avec une période de projection de 12 mois.

Nouvelle méthode de calcul des taux d'écoulement

Les taux d'écoulement sont utilisés pour écouler les prestations relatives aux sinistres de survenance future et aux sinistres en stock.

Ces taux sont annuels et sont étalés sur une ou plusieurs années jusqu'à obtenir 100%, pour écouler la totalité de la prestation.

Méthode de calcul des taux d'écoulement trimestriels.

L'objectif est de mettre en œuvre une méthode de calcul des taux d'écoulement pour les trimestres intermédiaires reposant sur les taux d'écoulement d'une année complète N-1 (dit Full Year N-1, ou FYN-1).

Cela doit être fait tout en limitant la volatilité induite par un calcul de taux d'écoulement, et en assurant une cohérence entre le FY N-1 et les trimestres intermédiaires suivants.

Étape 1 : calcul d'un taux trimestriel brut sur la base de l'historique de sinistres.

Le taux trimestriel brut se calcule sur la base des données historiques des prestations spécifiques à chaque périmètre (méthode de calcul détaillée dans le cas pratique ci-après).

Les **taux trimestriels bruts** calculés sont répartis selon 4 survenances :

Surv 1T : taux pour le premier trimestre

Surv 2T : taux pour le second trimestre

Surv 3T : taux pour le troisième trimestre

Surv 4T : taux pour le quatrième trimestre

Étape 2 : adaptation du taux trimestriel brut au taux d'écoulement FYN-1

Dans le but de garder une cohérence avec les taux d'écoulement de l'ouverture, le taux annuel obtenu en sommant les taux trimestriels est **adapté au taux annuel de l'année N-1**.

Cela permettra une meilleure **comparaison entre l'ouverture et la clôture**.

Pour se faire, nous avons effectué un prorata pour ramener les taux trimestriels aux taux annuels, en conservant les mêmes proportions :

$$\frac{Tx\ trim \times Tx\ annuel\ FY_{n-1}}{\sum Tx\ trim\ de\ l'année}$$

Étape 3 : calcul des taux d'écoulement à retenir pour le calcul des BE trimestriel

Surv 1T	Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8	
Surv 2T		Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8
Surv 3T			Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7 Tx_Trim8
Surv 4T				Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6 Tx_Trim7 Tx_Trim8
		Tx_Stock_survN_1TN_1			Tx_Stock_survN_1TN_2				

Taux d'écoulement pour sinistres en stock de l'année N 1TN (premier trimestre de l'année N)

Surv 1T	Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8	
Surv 2T		Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8
Surv 3T			Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7 Tx_Trim8
Surv 4T				Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6 Tx_Trim7 Tx_Trim8
		Tx_Futur_survN_1TN_1			Tx_Futur_survN_1TN_2				Tx_Futur_survN_1TN_3

Taux d'écoulement pour sinistres de survenance future de l'année 1TN

Surv 1T	Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8	
Surv 2T		Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8
Surv 3T			Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7 Tx_Trim8
Surv 4T				Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6 Tx_Trim7 Tx_Trim8
		Tx_Stock_survN_2TN_1			Tx_Stock_survN_2TN_2				Tx_Stock_survN_2TN_3

Taux d'écoulement pour sinistres en stock de l'année N 2TN (deuxième trimestre de l'année N)

Surv 1T	Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8	
Surv 2T		Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8
Surv 3T			Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7 Tx_Trim8
Surv 4T				Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6 Tx_Trim7 Tx_Trim8
		Tx_Futur_survN_2TN_1			Tx_Futur_survN_2TN_2				Tx_Futur_survN_2TN_3

Taux d'écoulement pour sinistres de survenance future de l'année 2TN

Pour les trimestres restants, la méthode utilisée est la même que celle ci-dessus.

Amélioration du provisionnement IFRS 17

La partie précédente a cherché à assurer un passage des comptes annuels vers les comptes trimestriels. L'objectif de cette dernière partie est opérationnel : pouvoir faire des comptes en vision trimestriels qui soient justes, sincères et auditables. Calculer une provision dont le montant soit juste et s'écoule correctement dans les modèles actuariels.

Dans le domaine de l'assurance santé, pour maintenir des résultats stables sur plusieurs années, des marges sont intégrées dans le calcul des provisions pour couvrir les risques futurs. La norme IFRS 4 permettait aux acteurs de l'assurance de piloter la gestion des provisions en incluant des marges pour assurer une continuité de la rentabilité et se couvrir contre les incertitudes économiques, politiques ou sociales. La norme IFRS 17 rend ce pilotage beaucoup plus complexe en exigeant que les provisions soient évaluées au « **Best Estimate** » sans marge.

Ainsi, l'enjeu de la problématique du provisionnement en IFRS 17 est crucial pour les entreprises d'assurance, car il s'agit de trouver un équilibre entre la **précision des provisions et la solidité financière à long terme** de l'entreprise.

Dans ce mémoire nous allons nous intéresser principalement aux Provisions pour Sinistres à Payer (PSAP) de la garantie incapacité. La PSAP est la **provision principale d'un assureur**, elle représente le montant des dépenses nécessaires (frais et montants payés à l'assuré) aux règlements complets des sinistres connus et restant à payer à la date de clôture.

Elle correspond à la différence entre le montant ultime calculé par année de survenance moins le montant de prestations déjà réglées.

$$PSAP = Charge\ Ultime - Prestations\ réglées$$

Nous allons explorer des méthodes déterministes et stochastiques pour déterminer des provisions IFRS 17 incluant des marges de prudence en accord avec les commissaires aux comptes.

Les méthodes déterministes

La méthode Chain Ladder (CL) est largement utilisée dans l'assurance non-vie pour estimer les sinistres non déclarés et projeter les valeurs observées jusqu'à la fin de tous les mouvements des sinistres. Elle se base sur des facteurs de développement déjà définis pour prédire les données futures manquantes à partir de celles déjà observées. Les provisions de sinistres sont ensuite déduites des ultimes et des valeurs observées.

La méthode de Bornhuetter-Ferguson est une méthode de provisionnement qui permet d'estimer l'ultime et les provisions en intégrant une information exogène au triangle de paiements. Elle nécessite l'avis d'un expert pour déterminer le loss ratio, qui est un choix délicat car il n'y a pas de choix parfait. En utilisant le loss ratio et le montant de prime perçu, la méthode calcule une charge ultime appelée "ultime à priori". Enfin, les coefficients de développement du Chain Ladder sont utilisés pour déterminer le montant des provisions.

Résultats

Provision totale		
	Chain Ladder	Bornhuetter-Ferguson
Total	836 058 649	855 732 132
Ecart avec Chain Ladder		2,35%

Résultats Chain Ladder et Bornhuetter-Ferguson

Nous remarquons que les estimations des provisions sont très similaires entre les deux méthodes bien que le Chain Ladder n'utilise pas d'historique de primes et de loss ratios. Cela confirme la robustesse de ce dernier.

Marge de prudence

La méthode Chain Ladder repose en grande partie sur le **choix des coefficients de développement**. A méthode équivalente, deux experts pourront donc obtenir des résultats différents en fonction de leur vision des coefficients. Ces coefficients peuvent être calculés différemment et être ajustés en fonction du niveau de prudence souhaité. Nous calculons des coefficients de développement avec différentes méthodes : moyenne, médiane, moyenne pondérée etc. Notre objectif est d'intégrer une marge de prudence dans les provisions. Nous décidons, pour chaque année de développement, de choisir le coefficient le plus élevé parmi ceux calculés. Voici le résultat avec une marge de prudence :

Provisions margées	895 351 478
---------------------------	--------------------

Cette nouvelle provision contient une marge de **7%** soit **59 292 829€**.

De la même manière la méthode Bornhuetter-Fergusson s'appuie en grande partie sur **le choix des loss ratios**, ils peuvent être ajustés pour intégrer une marge de prudence.

Ainsi, un bon exemple récent qui justifierait d'utiliser la méthode Bornhuetter-Fergusson est le phénomène d'absentéisme au travail, qui devient prépondérant ces dernières années. Si on veut anticiper une dérive de sinistralité liée à ce phénomène, il serait plus juste de n'ajuster que les survenances les plus récentes, sans ajuster les survenances antérieures.

On décide de dégrader les loss ratios des 10 dernières années de 5 points.

Provisions margées	897 801 314
---------------------------	--------------------

Cette nouvelle provision contient une marge de **5%** soit **42 069 182€**.

Les méthodes stochastiques

La méthode de Mack est basée sur la méthode Chain ladder, qui est une méthode déterministe. Cependant, la méthode de Mack utilise des techniques stochastiques pour estimer les marges d'erreur. Elle suppose que les incertitudes dans les prévisions sont dues à des erreurs aléatoires plutôt qu'à des variations systématiques. Elle permet également de prendre en compte les incertitudes sur les données historiques utilisées pour les prévisions.

La méthode Bootstrap est une technique de provisionnement utilisée en assurance non-vie. Elle est relativement récente et s'appuie sur des simulations aléatoires pour estimer les provisions.

Le principe est de générer de nombreuses répliques de la situation passée, en simulant de nouveaux triangles de paiements et en utilisant ces répliques pour estimer les provisions futures. Pour cela, on utilise des statistiques descriptives comme la moyenne, l'écart type, le quantile ou la médiane pour générer les valeurs futures.

Résultats

Provision totale		
	Mack	Bootstrap
Total	836 058 649	837 439 610
Ecart avec Mack		0,17%

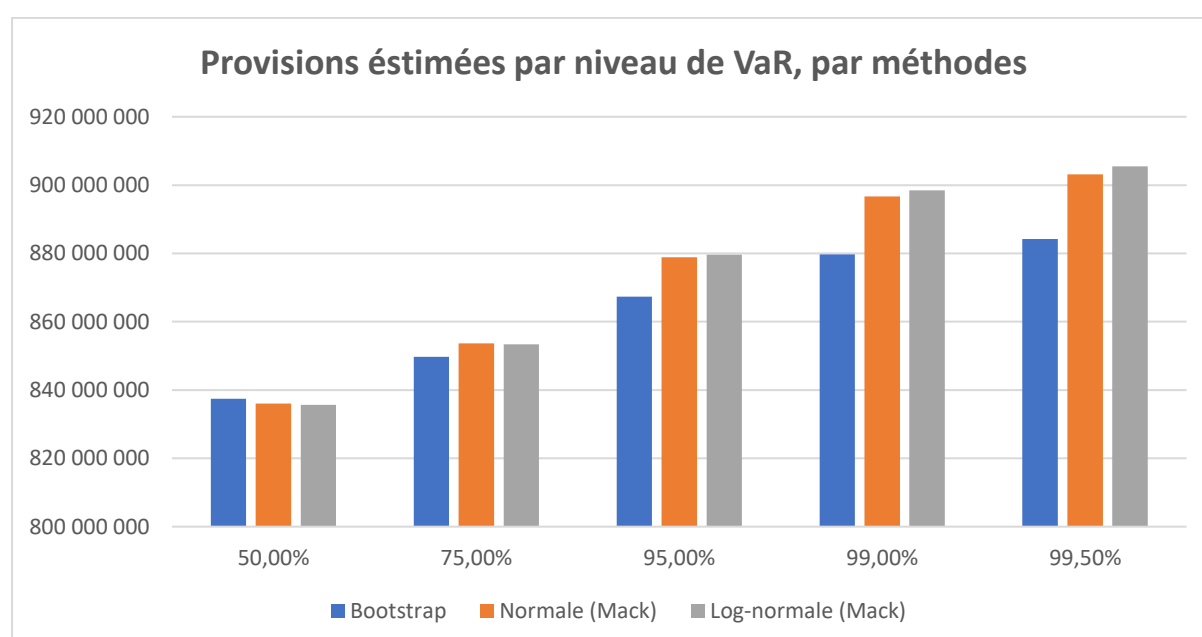
Résultats Mack et Bootstrap

Les résultats de charge à l'ultime entre la méthode Mack et Bootstrap sont très similaires, en effet l'écart est inférieur à 1%.

Les méthodes stochastiques nous permettent d'avoir une idée du niveau de risque pris en constituant les provisions grâce à la *Value at Risk*. Il est donc possible de traduire par un paramètre le niveau de prudence qu'on veut inclure dans les provisions.

VaR sur la provision totale					
Probabilité	Bootstrap	Normale (Mack)	Log-normale (Mack)	Ecart Bootstrap/Normale	Log-normale (Mack)
50,00%	837 439 610	836 058 649	835 653 320	0,17%	0,21%
75,00%	849 696 893	853 624 559	853 392 109	-0,46%	-0,43%
95,00%	867 331 000	878 895 996	879 574 850	-1,32%	-1,39%
99,00%	879 715 573	896 644 326	898 441 944	-1,89%	-2,08%
99,50%	884 249 318	903 141 635	905 449 551	-2,09%	-2,34%

Tableau récapitulatif des provisions estimées par niveau de VaR pour les méthodes stochastiques



Provisions estimées par niveau de VaR, par méthodes

La méthode de Mack se base sur les résultats du Chain Ladder, qui est très robuste. En outre, la base de données utilisée dans ce mémoire est fiable et étoffée. L'utilisation d'un grand nombre de simulation via la méthode Bootstrap n'est donc pas indispensable. De ce fait nous choisirons d'utiliser la méthode de Mack pour inclure des marges de prudence IFRS 17.

Synthesis Note

IFRS 17

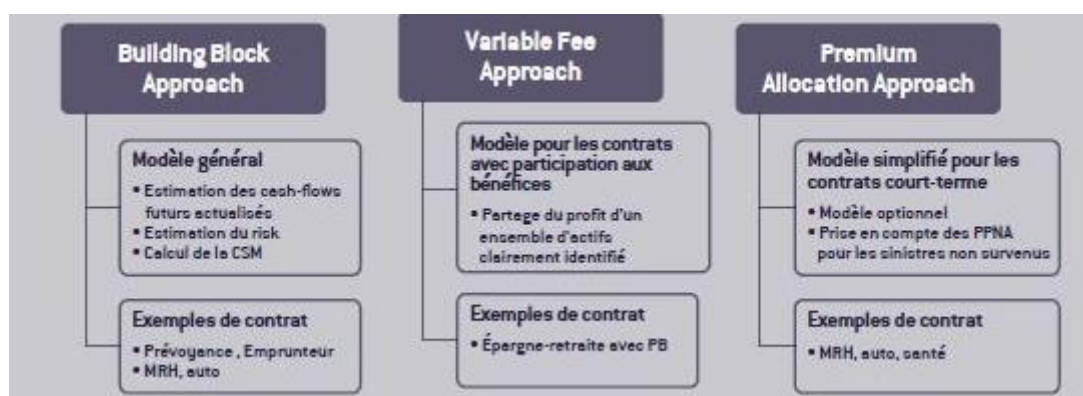
IFRS 17 deals with the accounting for insurance contracts and seeks to introduce a more economically fair approach in the insurance sector. It introduces new **valuation principles** and **indicators** that provide more accurate financial information and facilitate comparison between industry participants.

The new balance sheet proposed by IFRS 17 can be represented by the following three blocks:

- **the Best Estimate (BE)**, which represents the probable present value of future cash flows related to the execution of the contracts;
- **Risk Adjustment (RA)**, which compensates for uncertainties related to the non-financial risks inherent in contracts;
- **and the Contractual Service Margin (CSM)**, which represents the expected and unearned future profits of a group of contracts, which will be recognized in the income statement as the commitments and services rendered to the insured run their course.

IFRS 17 provides for **three approaches** to the **measurement of liabilities**, depending on the type of contract considered. The three models are as follows:

- **The Building Bloc Approach (BBA) model,**
- **The Premium Allocation Approach (PAA) model,**
- **The Variable Fee Approach (VFA) model.**



Three IFRS 17 accounting approaches

To improve the readability of income statement information, IFRS 17 distinguishes between provisions for past service and provisions for future service. This distinction is essential to understanding the financial statements under IFRS 17:

- **Liability for Incurred Claims (LIC)**, which represents the liability for claims that have occurred during the reporting period, and
- **Liability for Remaining Coverage (LRC)**, which represents the liability for the remaining coverage period and includes the Fulfilment Cash Flows from future services and the remaining Contractual Service Margin (CSM).

In addition to changing the timing of profit recognition for insurance companies, IFRS 17 will also change the presentation of the income statement. The IFRS 17 income statement is presented as follows:

<i>Expected insurance claims</i>
<i>Expected insurance administration expenses</i>
<i>Expected management fees and investment expenses</i>
<i>Release Risk Adjustment</i>
<i>Release CSM</i>
<i>Premium variance related to current and past services</i>
<i>Recovery of Acquisition cash-flows</i>
<i>Run-off loss component</i>
Insurance contract revenues
<i>Claims and benefits paid in the period</i>
<i>Change in liability for incurred claims</i>
<i>Amortization of acquisition cash-flows</i>
<i>Attributable administration expenses</i>
<i>Loss component</i>
<i>Loss on onerous contracts</i>
<i>Reversal on onerous contracts</i>
<i>Loss component run-off: expenses</i>
Insurance service expenses
Insurance service result
<i>Expected reinsurance claims</i>
<i>Expected reinsurance attributable expenses</i>
<i>Amortization of risk adjustment</i>
<i>Amortization of CSM</i>
<i>Premium variance on ceded business</i>
Reinsurance expenses from reinsurance contracts held
<i>Claims and benefits received in the period</i>
<i>Change in assets for incurred claims</i>
<i>Change in AIC: change in RA related to incurred claim</i>
<i>Recoveries on onerous contracts</i>
<i>Reinsurance attributable expenses</i>
Reinsurance revenue from reinsurance contracts held
Reinsurance service result
Insurance service result (net of reinsurance)
<i>Net finance expenses on fulfillment cash flows</i>
<i>Net finance expenses on CSM</i>
Finance result
<i>OCI movement</i>
Total comprehensive income

Income statement

Transition to quarterly closings

The closing corresponds to the completion of the accounting records, the collection of the supporting documents as well as all the operations that allow the company's balance sheet to be published. In order to publish this balance sheet, the company must, among other things, calculate the commitment to its insureds at the time of the closing. A calculation of provisions at the closing date is made.

IFRS do not impose any publication frequency on the groups that use them. Nevertheless, companies that publish under IFRS generally publish financial statements on an infra-annual, half-yearly or quarterly basis. Quarterly closings allow the group to **make a more regular analysis and better management**.

It is in this context that we have made the transition from annual to quarterly closings.

Prophet is the actuarial modeling software used by Generali, it allows the projection of different flows over time. Until now, this software was used for annual calculations. It allowed the projection of flows over a sliding year of 12 months, regardless of the start date of the projection. Following modifications to the code, Prophet software can now be used to project flows over 12, 9, 6, or 3 months depending on the closing quarter. Furthermore, just changing the code underlying the modeling in Prophet is not enough. We also made changes to the assumption tables used as input to Prophet, which were originally designed for annual projections.

Assumption tables are essential for projecting the various variables needed to calculate the EB: Premiums, Benefits, Commissions, Management Fees, Sales Charges, Administration Fees and PE/PB. While most of the tables could be used as is, some required adjustments, notably the Future table which was duplicated and the method of calculating run-off rates which was completely revised.

Adaptation of the *Future* table

The *Future* table is essential for **calculating the expense and run-off of the premium BE**. It allows the projection of benefits relating to future claims expenses for each year of occurrence, based on a breakdown by type of reserve and the run-off rates of benefits relating to claims expenses for future occurrences.

However, in the context of a quarterly BE calculation, the use of a single *Future* table poses a problem, because a claims charge of occurrence N flows differently from a claims charge of occurrence $>N$ depending on the quarter of calculation (except in Q4). Indeed, the basic method poses problems for multiyear contracts, which are insurance or reinsurance contracts that cover a period of several years.

Taux d'écoulement	1	2	3	4
Période de projection (en mois)	9	21	33	45

Quarterly "Future Table" flow rate projection period

For a quarterly BE in Q1, flows are projected over 9 months in the first projection year (April to December), and then over 12 months in subsequent years.

Année Surv	N(Q1)	N+1	N+2	N+3
N	Taux d'écoulement 1	Taux d'écoulement 2	Taux d'écoulement 3	Taux d'écoulement 4
N+1		Taux d'écoulement 1	Taux d'écoulement 2	Taux d'écoulement 3
N+2			Taux d'écoulement 1	Taux d'écoulement 2

Distribution of flow rates by projection year and occurrence

This table gives us the distribution of the run-off rates of a product with a claim liability of occurrence N and >N.

We encounter a problem because year N does not have the same number of months of projections as the following years. Let's take the occurrence N+1 in year N+1, the projection period given by the *Future Table* is 9 months. This is wrong, it should be 12 months for the projection years >N.

To overcome this problem, we decided to introduce a second Future Table.

The first will be for claims expenses of occurrence N and the second for claims expenses of occurrence >N.

Taux d'écoulement N	1	2	3	4
Période de projection (en mois)	9	21	33	45
Taux d'écoulement >N	1	2	3	4
Période de projection (en mois)	12	24	36	48

Projection period of the "Future Table N" and "Future Table >N" flow rates

Année	N(Q1)	N+1	N+2	N+3
Surv				
N	Taux d'écoulement N 1	Taux d'écoulement N 2	Taux d'écoulement N 3	Taux d'écoulement N 4
N+1		Taux d'écoulement >N 1	Taux d'écoulement >N 2	Taux d'écoulement >N 3
N+2			Taux d'écoulement >N 1	Taux d'écoulement >N 2

Distribution of flow rates by projection year and occurrence

As can be seen above, the runoff rates attributed to >N occurrences are well determined with a 12-month projection period.

New method for calculating flow rates

Run-off rates are used to run off benefits for future occurrence claims and inventory claims.

These rates are annual and are spread over one or more years until 100% is achieved, to clear the entire benefit.

Method of calculating quarterly flow rates.

The objective is to implement a method of calculating flow rates for interim quarters based on the flow rates of a full year N-1 (FYN-1).

This must be done while limiting the volatility induced by a flow rate calculation and ensuring consistency between FY N-1 and subsequent interim quarters.

Step 1: Calculation of a gross quarterly rate based on claims history.

The gross quarterly rate is calculated on the basis of the historical data of the benefits specific to each scope (calculation method detailed in the case study below).

The calculated **gross quarterly rates** are broken down into 4 occurrences:

Surv 1Q: rate for the first quarter

Surv 2Q: rates for the second quarter

Surv 3Q: rates for the third quarter

Surv 4Q: rates for the fourth quarter

Step 2: Adjusting the gross quarterly rate to the FYN-1 flow rate

In order to maintain consistency with the opening flow rates, the annual rate obtained by summing the quarterly rates is **adjusted to the annual rate of the year N-1**. This will allow a better **comparison between the opening and closing**.

To do this, we prorated the quarterly rates to annual rates, keeping the same proportions:

$$\frac{Tx\ trim \times Tx\ annuel\ FY_{n-1}}{\sum Tx\ trim\ de\ l'ann\acute{e}e}$$

Step 3: Calculation of the flow rates to be used for the calculation of the quarterly BE

Surv 1T	Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8	
Surv 2T		Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8
Surv 3T			Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7 Tx_Trim8
Surv 4T				Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6 Tx_Trim7 Tx_Trim8
		Tx_Stock_survN_1TN_1			Tx_Stock_survN_1TN_2				

Run-off rate for claims in stock in year N 1QN (first quarter of year N)

Surv 1T	Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8	
Surv 2T		Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8
Surv 3T			Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7 Tx_Trim8
Surv 4T				Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6 Tx_Trim7 Tx_Trim8
		Tx_Futur_survN_1TN_1			Tx_Futur_survN_1TN_2				Tx_Futur_survN_1TN_3

Run-off rate for future year claims 1TN

Surv 1T	Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8	
Surv 2T		Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8
Surv 3T			Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7 Tx_Trim8
Surv 4T				Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6 Tx_Trim7 Tx_Trim8
		Tx_Stock_survN_2TN_1			Tx_Stock_survN_2TN_2				Tx_Stock_survN_2TN_3

Run-off rate for claims in stock in year N 2QN (second quarter of year N)

Surv 1T	Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8	
Surv 2T		Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8
Surv 3T			Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7 Tx_Trim8
Surv 4T				Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6 Tx_Trim7 Tx_Trim8
		Tx_Futur_survN_2TN_1			Tx_Futur_survN_2TN_2				Tx_Futur_survN_2TN_3

Run-off rate for future year claims 2TN

For the remaining quarters, the method used is the same as above.

Improvement of IFRS 17 provisioning

The previous section sought to ensure a transition from annual accounts to quarterly accounts. The objective of this last part is operational: to be able to produce quarterly accounts that are fair, accurate and auditable. To calculate a provision whose amount is fair and flows correctly in the actuarial models.

In the field of health insurance, in order to maintain stable results over several years, margins are included in the calculation of provisions to cover future risks. IFRS 4 allowed insurance companies to manage provisions by including margins to ensure continuity of profitability and to hedge against economic, political or social uncertainties. IFRS 17 makes this management much more complex by requiring that provisions be evaluated at "Best Estimate" without margins.

Thus, the issue of provisioning under IFRS 17 is crucial for insurance companies, as it involves finding a balance between the **accuracy of provisions and the long-term financial strength** of the company.

In this paper we will focus on the Claims Payable Reserve (CPR) for disability coverage. The PSAP is the **main reserve of an insurer** and represents the amount of expenses required (expenses and amounts paid to the insured) to fully settle known claims remaining to be paid at the closing date.

It corresponds to the difference between the ultimate amount calculated per year of occurrence minus the amount of benefits already paid.

$$PSAP = Charge\ Ultime - Prestations\ réglées$$

We will explore deterministic and stochastic methods to determine IFRS 17 provisions including margins of conservatism in agreement with the auditors.

Deterministic methods

The Chain Ladder (CL) method is widely used in non-life insurance to estimate unreported claims and to project observed values to the end of all claim movements. It uses previously defined development factors to predict future missing data from observed data. The loss reserves are then deducted from the ultimate and observed values.

The Bornhuetter-Ferguson method is a provisioning method that estimates the ultimate and the provisions by integrating exogenous information into the payment triangle. It requires expert advice to determine the loss ratio, which is a difficult choice because there is no perfect choice. Using the loss ratio and the amount of premium received, the method calculates an ultimate charge called "ultimate a priori". Finally,

the Chain Ladder development coefficients are used to determine the amount of reserves.

Results

Provision totale		
	Chain Ladder	Bornhuetter-Fergusson
Total	836 058 649	855 732 132
Ecart avec Chain Ladder		2,35%

Chain Ladder and Bornhuetter-Fergusson results

We note that the reserve estimates are very similar between the two methods although the Chain Ladder does not use historical premium and loss ratios. This confirms the robustness of the latter.

Margin of Prudence

The Chain Ladder method is largely based on the choice of development coefficients. With an equivalent method, two experts can therefore obtain different results depending on their vision of the coefficients. These coefficients can be calculated differently and adjusted according to the desired level of prudence.

We calculate development coefficients with different methods: average, median, weighted average etc. Our objective is to integrate a margin of prudence in the provisions. For each year of development, we decide to choose the highest coefficient among those calculated.

Here is the result with a margin of caution:

Provisions margées	895 351 478
---------------------------	--------------------

This new provision contains a margin of 7% or **59 292 829€**.

Similarly, the Bornhuetter-Fergusson method relies heavily on the choice of loss ratios, which can be adjusted to incorporate a margin of prudence.

A good recent example that would justify the use of the Bornhuetter-Fergusson method is the phenomenon of absenteeism from work, which has become prevalent in recent years. If we want to anticipate a drift in claims related to this phenomenon, it

would be fairer to adjust only the most recent occurrences, without adjusting for earlier occurrences.

We decide to degrade the loss ratios of the last 10 years by 5 points.

Provisions margées	897 801 314
---------------------------	--------------------

This new provision contains a margin of **5%**, or. **42 069 182€**.

Stochastic methods

Mack's method is based on the Chain ladder method, which is a deterministic method. However, Mack's method uses stochastic techniques to estimate the margins of error. It assumes that uncertainties in forecasts are due to random errors rather than systematic variations. It also allows for uncertainties in the historical data used for forecasting.

The Bootstrap method is a reserving technique used in **non-life** insurance. It is relatively recent and relies on random simulations to estimate reserves.

The principle is to generate many replicas of the past situation, simulating new payment triangles and using these replicas to estimate future provisions. To do this, descriptive statistics such as the mean, standard deviation, quantile or median are used to generate the future values.

Results

Provision totale		
	Mack	Bootstrap
Total	836 058 649	837 439 610
Ecart avec Mack		0,17%

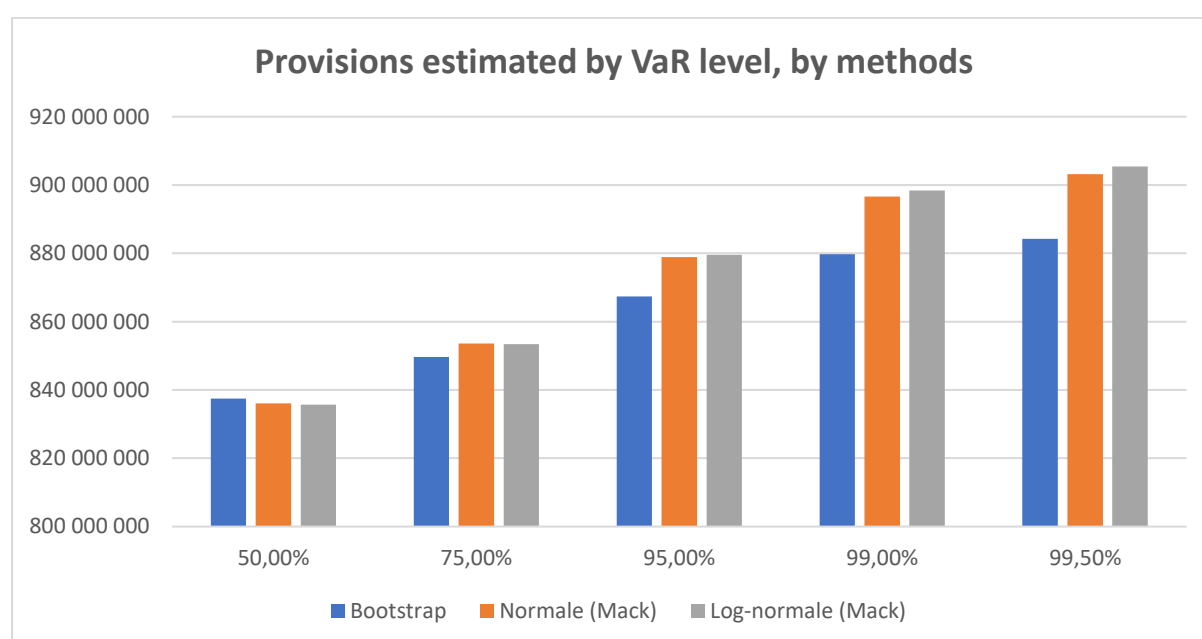
Mack and Bootstrap results

The ultimate load results between the Mack and Bootstrap methods are very similar, in fact the difference is less than 1%.

Stochastic methods allow us to have an idea of the level of risk taken in constituting the provisions thanks to the *Value at Risk*. It is therefore possible to translate the level of prudence that we want to include in the provisions into a parameter.

VaR sur la provision totale					
Probabilité	Bootstrap	Normale (Mack)	Log-normale (Mack)	Ecart Bootstrap/Normale	Log-normale (Mack)
50,00%	837 439 610	836 058 649	835 653 320	0,17%	0,21%
75,00%	849 696 893	853 624 559	853 392 109	-0,46%	-0,43%
95,00%	867 331 000	878 895 996	879 574 850	-1,32%	-1,39%
99,00%	879 715 573	896 644 326	898 441 944	-1,89%	-2,08%
99,50%	884 249 318	903 141 635	905 449 551	-2,09%	-2,34%

Summary table of estimated provisions by VaR level for stochastic methods



Estimated provisions by VaR level, by methods

Mack's method is based on the results of the Chain Ladder, which is very robust. Moreover, the database used in this thesis is reliable and extensive. The use of a large number of simulations via the Bootstrap method is therefore not essential. Therefore, we will choose to use Mack's method to include IFRS 17 margins of conservatism.

Table des matières

Résumé	1
Abstract	2
Note de synthèse	3
Synthesis Note	14
Table des matières.....	25
Remerciements	28
Glossaire	29
Introduction	30
1. Présentation de la norme IFRS 17	32
1.1. Les normes IFRS	32
1.1.1. Présentation de l'IASB.....	32
1.1.2. IFRS	32
1.2. IFRS 17.....	34
2.1.1. Introduction.....	34
2.1.2. Mise en place de IFRS 17	34
2.1.3. Périmètre	35
2.1.4. Segmentation des contrats	35
2.1.5. Le passif sous IFRS 17.....	36
2.1.5.1. Present value of futur cash-flow (PVFCF).....	36
2.1.5.2. Risk adjustment (RA)	37
2.1.5.3. Contractual service margin	38
2.1.6. Trois modèles comptables.....	39
2.1.6.1. Le modèle Building Bloc Approach (BBA).....	39
2.1.6.2. Le modèle Premium Allocation Approach (PAA).....	40
2.1.6.3. Le modèle Variable Fee Approach (VFA)	41
2.1.7. Compte de résultat	42
2.1.7.1. Amortissement de la CSM	43
2.1.7.2. Analysis of movements (AoM)	45
2.1.7.3. OCI.....	45
2. Passage aux clôtures trimestrielles.....	46
2.1. Nature des contrats considérés : la prévoyance	47
2.1.1. Définition de prévoyance	47
2.1.2. Garanties de prévoyance.....	48

2.2.	Clôture et comptes trimestriels.....	50
2.2.1.	Modélisation actuelle du Best Estimate annuel.	50
2.2.1.1.	Prophet	50
2.2.1.2.	Le modèle FPREV	52
2.2.1.3.	Le modèle à états.....	55
2.2.2.	Evolution du modèle FPREV	57
2.2.2.1.	Adaptation des maquettes répliquant le modèle FPREV	57
2.2.2.2.	Adaptation du code Prophet.....	57
2.2.3.	Evolution des hypothèses en entrée de Prophet	59
2.2.3.1.	Adaptation de la table Futur	59
2.2.3.2.	Adaptation des taux d'écoulements	63
2.2.3.3.	Incapacité et invalidité : cas pratique	66
3.	Amélioration du provisionnement IFRS 17	73
3.1.	Provisionnement de la garantie incapacité et invalidité	74
3.1.1.	Provisionnement.....	74
3.1.2.	Les différentes provisions à calculer.....	75
3.2.	Méthodes déterministes	77
3.2.1.	Chain Ladder	77
3.2.1.1.	Principe	77
3.2.1.2.	Méthode	78
3.2.1.3.	Les hypothèses du modèle	80
3.2.2.	Construction du triangle de prestations Incapacité/Invalidité	81
3.2.2.1.	Périmètre	81
3.2.2.2.	Présentation de la méthode	81
3.2.2.3.	Retraitement des données	81
3.2.2.4.	Construction du triangle	85
3.2.3.	Application Chain Ladder.....	87
3.2.3.1.	Application	87
3.2.3.2.	Résultats	89
3.2.3.3.	Marge de prudence IFRS 17	90
3.2.4.	Méthode déterministe alternative: Bornhuetter-Fergusson	92
3.2.4.1.	Principe	92
3.2.4.2.	Méthode	92
3.2.4.3.	Application	94

3.2.4.4.	Résultats	95
3.2.4.5.	Avantages et inconvénients	96
3.2.4.6.	Marge de prudence IFRS 17	96
3.2.5.	Synthèse.....	97
3.3.	Méthodes stochastiques	98
3.3.1.	Mack.....	98
3.3.1.1.	Principe	98
3.3.1.2.	Méthode	98
3.3.1.3.	Indicateur de risque.....	102
3.3.1.4.	Application	103
3.3.1.5.	Marge de prudence IFRS 17	107
3.3.2.	Bootstrap	108
3.3.2.1.	Principe	108
3.3.2.2.	Méthode	109
3.3.2.3.	Application	111
3.3.2.4.	Marge de prudence IFRS 17	115
3.3.3.	Synthèse.....	115
	Conclusion	117
	Bibliographie	119
	Table des figures.....	120
	Annexe	123

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Wahid BSAIRI de m'avoir accueilli en stage et en alternance au sein de l'équipe Provisionnement de Generali.

Je tiens également à remercier Tanguy AUCOIN, tuteur de ce mémoire pour sa disponibilité, sa bienveillance ainsi que ses nombreuses relectures et ses précieux conseils tout au long de ma période de stage et d'alternance, qui m'ont permis de réaliser ce mémoire dans les meilleures conditions.

Merci également à toute l'équipe du département Provisionnement Prévoyance Santé de Generali pour son accueil chaleureux, son professionnalisme.

Pour finir, je remercie le tout le corps professoral et administratif de l'ISUP pour la formation dispensée tout au long de mon master, et tout particulièrement Guillaume BIESSY, tuteur académique de ce mémoire pour son encadrement et ses conseils.

Glossaire

AoM: Analysis of movements

BBA: Building Bloc Approach

BE: Best Estimate

CL: Chain Ladder

CSM: Contractual Service Margin

IASB: International Accounting Standards Board

IASC: l'International Accounting Standards Committee

IBNR: Incurred But Not Yet Reported

IFRS: International Financial Reporting Standards

ITT: Incapacité Temporaire Totale

LC: Loss Component

LIC: Liability for Incurred Claims

LRC: Liability for Remaning Coverage

OCI: Other Comprehensive Income

PAA : Premium Allocation Approach

PPNA : Provsnion pour Primes Non Acquises

PSAP : Provisions pour Sinistres à Payer

PVFCF: Present Value of Futur Cash-Flow (PVFCF)

RA: Risk Adjustment

SII: Solvabilité II

VaR: Value at Risk

VFA: Variable Fee Approach

Introduction

IFRS 17 est une norme comptable internationale qui définit les principes de comptabilisation et de présentation des contrats d'assurance pour les assureurs.

La norme IFRS 17 a été publiée par l'International Accounting Standards Board (IASB) en 2017 et est applicable aux entités qui émettent des contrats d'assurance à partir de 2023. Cette norme a pour objectif de **fournir des informations plus transparentes** et comparables sur les activités d'assurance des entreprises que la norme IFRS 4. Elle impose un modèle comptable uniforme pour l'évaluation des contrats d'assurance et des provisions associées.

Face à l'imminence d'IFRS 17, un double défi se pose aux assureurs : le défi opérationnel d'établir des comptes de manière trimestrielle et le défi stratégique de préserver des leviers de pilotage du résultat.

Les normes IFRS n'ont pas de prescription spécifique sur la fréquence de publication des comptes pour les entreprises. Cependant, les grands groupes qui utilisent les IFRS publient des comptes à une fréquence plus élevée que l'annuel, allant du semestriel au trimestriel. Les clôtures trimestrielles permettent aux entreprises de réaliser une analyse plus fréquente de leur performance financière, ce qui les aide à mieux gérer leur activité et à prendre des décisions plus éclairées. Néanmoins, établir des comptes de manière trimestrielle est un exercice exigeant. Quels sont les impacts du passage à la clôture trimestrielle sur la gestion des provisions pour les contrats d'assurance en conformité avec la norme IFRS 17 ? En outre, les exercices réalisés par l'entreprise étaient jusqu'en 2022 des exercices annuels à blanc. Comment ajuster et adapter les principaux processus et outils utilisés dans le cadre des clôtures d'un assureur comme Generali ?

Une fois la nécessité opérationnelle résolue, il faut se pencher sur le pilotage de l'activité. En assurance santé, pour assurer **la stabilité des résultats** sur plusieurs années, des **marges** sont incluses dans le calcul des provisions pour couvrir les risques futurs. Avec la norme IFRS 4, les acteurs de la prévoyance santé avaient la possibilité de piloter la gestion des provisions pour se couvrir contre des incertitudes économiques, politiques ou sociales, en incluant des marges permettant de lisser les résultats et garantir une continuité de la rentabilité.

Bien que ce pilotage soit relativement simple dans le cadre de la norme IFRS 4, il devient beaucoup plus complexe avec la norme IFRS 17. Cette dernière exige que les provisions soient évaluées au « *Best Estimate* », sans aucune marge. Il s'agit de trouver un équilibre entre l'objectif de calculer des provisions au plus juste, et celui de garantir la solidité financière de l'entreprise à long terme. C'est pourquoi la problématique du **provisionnement en IFRS 17** est cruciale pour les entreprises d'assurance, et constitue un enjeu majeur pour le secteur.

Quelles stratégies peuvent être mises en place pour garantir la qualité et la fiabilité des informations financières intermédiaires tout en prenant en compte les exigences de provisionnement de la norme IFRS 17 ?

Dans un premier temps, nous présenterons les objectifs et les enjeux de cette norme et son contexte d'application. Nous listerons les différentes exigences de la norme IFRS 17 en matière de reconnaissance, de mesure, de présentation et de divulgation des contrats d'assurance.

Ensuite, nous aborderons la transition majeure que représente le passage de clôtures annuelles à trimestrielles. Nous décomposerons méthodiquement les étapes nécessaires à ce passage pour des contrats de prévoyance et de santé. Sur ce périmètre spécifique, nous synthétiserons les impacts et les changements d'hypothèses nécessaires à la projection des flux futurs.

Enfin, nous étudierons le provisionnement en IFRS 17, en mettant l'accent sur l'inclusion d'une marge de prudence dans le calcul de la provision pour refléter les risques associés aux flux de trésorerie futurs. Nous entamerons d'abord une présentation détaillée du provisionnement de la garantie incapacité/invalidité. Une fois le cadre posé, nous aborderons les différentes méthodes déterministes et stochastiques pour établir des provisions prenant en compte des marges de prudence. L'objectif sera d'explorer les différentes méthodes existantes pour calculer cette marge de prudence, mais également de comprendre les enjeux liés à son intégration dans le provisionnement.

1. Présentation de la norme IFRS 17

1.1. Les normes IFRS

1.1.1. Présentation de l'IASB

L'International Accounting Standards Board (IASB) est une institution privée et indépendante en charge des normes comptables internationales. L'IASB remplace depuis avril 2001 l'International Accounting Standards Committee (IASC). L'IASC était une initiative de professionnels de la comptabilité qui avaient pour objectif d'adopter des normes comptables internationales. Les normes comptables internationales sont communément appelées les normes IAS (sous l'IASC) ou les normes IFRS (sous l'IASB). À ce jour, les normes IFRS sont obligatoires dans plus de 140 pays et autorisées dans de nombreux autres.

L'IASB a 2 principales missions :

- Elaborer les normes comptables internationales appelées International Financial Reporting Standards (IFRS) depuis le 1er avril 2001,
- Approuver les interprétations préparées par l'International Financial Reporting Standards Interpretations Committee (IFRS Interpretations Committee) appelées SIC ou IFRIC.

1.1.2. IFRS

Les normes IFRS (International Financial Reporting Standards) ont été introduites en 2001 par l'IASB (International Accounting Standard Board). Elles correspondent à **un ensemble de normes comptables internationales applicables aux états financiers des sociétés.**

Ces derniers sont définis comme des éléments permettant d'illustrer la structure financière d'une société. On y retrouve **le bilan**, qui correspond à la composition du patrimoine de l'entreprise au moment de la clôture des comptes. **Le compte de résultat** quant à lui participe à la composition des états financiers d'une société. Il permet d'évaluer la performance de l'entreprise et de mesurer sa rentabilité en fonction des différents éléments qui le composent tels que les produits et les charges. La mise en place de normes comptables est une étape considérable pour une entreprise. En effet, la comptabilité touche l'intégralité de la société et tout changement à son niveau peut donc entraîner des modifications de processus internes. Il existe à ce jour **16 normes IFRS** utilisées dans le cadre de la présentation des états comptables. La norme IFRS 17 vient s'ajouter à ce référentiel.

Les comptes établis conformément à la réglementation d'un pays (normes locales) peuvent être difficilement comparables et compréhensibles par les investisseurs étrangers. De ce fait, les normes IFRS ont été mises en place afin de créer un **langage**

La transparence des informations comptables est nécessaire et fondamentale. Elle permet de **rapprocher les états financiers de la réalité économique**. En outre la transparence des données comptables permet de réaliser au mieux les opérations de financement et d'investissement car les parties concernées font nécessairement davantage confiance à ces données. Le référentiel comptable unique assure également la comparabilité de la performance des entreprises et facilite le travail d'évaluation des analystes et des investisseurs.

D'un point de vue mondial, les normes IFRS sont appliquées dans plus de **160 pays** tels que l'ensemble des pays européens, le Canada, l'Allemagne, la Russie ou bien l'Afrique du Sud.



33

Enfin, afin de comprendre l'importance et la complexité des normes, il est nécessaire de revenir sur le processus de leur mise en place. En effet, l'introduction d'une nouvelle norme entraîne de nombreux changements pour une société et par conséquent, ses conditions d'applications et sa mise en vigueur peuvent être revues à plusieurs reprises.

1.2. IFRS 17

2.1.1. Introduction

Le référentiel comptable international inclue de nombreuses normes comptables concernant l'enregistrement d'actifs et de passifs d'une entreprise. Cependant, aucune norme définitive n'avait été établie au sujet de la comptabilisation des contrats d'assurance. En effet, la norme IFRS 4 est une norme « rustine », qui laisse aux assureurs de chaque pays la possibilité d'appliquer en grande partie leurs normes comptables locales. En mai 2017, la norme IFRS 17 est publiée et vient s'ajouter au référentiel comptable international afin **d'harmoniser à un niveau mondial les méthodes de comptabilisation des contrats d'assurance**. Cette nouvelle norme a fait l'objet de nombreuses réflexions et cela pendant plusieurs années. En effet, c'est en 1997 que les premières discussions, concernant la mise en place d'une norme dédiée aux contrats d'assurance ont débutés. Cette longue période de réflexion est la traduction de nombreuses difficultés rencontrées. Ces difficultés sont liées au business model du secteur de l'assurance, qui est singulier. Il est défini par l'inversion du risque de production et est composé de nombreux produits différents.

2.1.2. Mise en place de IFRS 17

La norme IFRS 4, mise en place en 2004 est une norme intermédiaire concernant la comptabilisation des contrats d'assurance, dite « provisoire ». Cette norme était appliquée de manière locale et principalement **aux comptes sociaux des entreprises**. La comptabilité du secteur de l'assurance est spécifique, et incompatible avec les autres normes IFRS appliquées par d'autres industries dans le même pays. La comparaison entre des entreprises du secteur de l'assurance et celles du secteur de l'industrie est donc limitée, et souvent critiquée. A cela s'ajoute la difficulté de comparaison des compagnies d'assurance entre différents pays.

La norme IFRS 17 a donc été établie pour répondre en partie à ces critiques et permettre de **comparer en toute transparence la situation financière, les positions de risque et la performance des acteurs du marché à un niveau mondial**.

L'entrée en vigueur de la norme IFRS 17 a souvent été repoussée du fait de sa complexité et de la capacité des entreprises à la mettre en place. Initialement prévue

au 1er janvier 2021, elle sera finalement appliquée officiellement à compter du **1er janvier 2023** et laisse donc cinq années aux sociétés pour mettre en place les changements nécessaires à son application.

Cette norme s'applique à l'ensemble des sociétés soumises aux normes IFRS. Les assureurs mutualistes et les instituts de prévoyance français sont exclus de cette application. L'IASB estime que **450 assureurs et réassureurs** sont concernés par cette norme et représente donc un enjeu majeur pour le secteur de l'assurance.

Pour rappel, la norme IFRS 17 a été introduite dans le but de répondre à plusieurs objectifs. Tout d'abord, elle doit permettre d'**améliorer la comparabilité des états financiers** entre les différents acteurs (assureurs et réassureurs) du marché de l'assurance, à l'échelle mondiale. Ensuite, elle **envisage d'optimiser la qualité de l'information financière** en la rendant plus transparente et en lui apportant de la clarté.

Ces objectifs vont se traduire par la mise en place de **réévaluation trimestrielles** des hypothèses prises en compte dans les calculs et les évaluations des éléments des contrats d'assurance.

2.1.3. Périmètre

La norme IFRS 17 s'applique aux types de contrats suivants :

- **Les contrats d'assurance,**
- **Les contrats de réassurance,**
- **Les contrats d'investissement** avec participation discrétionnaire *émis par les entités qui émettent également des contrats d'assurance*

Concernant les contrats d'investissement, l'IASB, dans sa formulation, ne les reconnaît pas comme des contrats « d'assurance » mais comme des contrats « d'investissement ». L'IASB suggère donc qu'ils doivent faire l'objet d'un traitement à part ce qui sera confirmé par l'utilisation d'un modèle IFRS 17 spécifique (modèle VFA, introduit ci-après).

2.1.4. Segmentation des contrats

Après avoir identifié les contrats concernés par la norme IFRS 17, il faut agréger les contrats selon leur niveau d'exposition aux risques et leur année de souscription.

Afin de définir les groupes de contrats, la norme requiert de séparer les contrats selon trois critères :

- **Portefeuille de risques homogènes** : contrats d'assurance soumis à des risques similaires, gérés ensemble ;
- **Profitabilité** : la norme définit trois niveaux de profitabilité :

- *Onéreux* : lorsque la somme des flux reçus à la date de première comptabilisation et de l'estimation des flux futurs est positive.
- *Profitables* : lorsque la somme des flux reçus à la date de première comptabilisation et de l'estimation des flux futurs est négative.
- *Profitables* avec un risque de devenir onéreux par la suite.
- **Cohorte (la génération)** : un groupe ne peut pas être composé de contrats émis à plus d'un an d'intervalle.

Ainsi deux contrats qui présentent le même niveau de risque mais qui ont été souscrits à des années différentes ne peuvent pas appartenir au même groupe de contrats. Également, deux contrats souscrits la même année, mais soumis à des risques de natures différentes ne peuvent pas être comptabilisés dans le même groupe.

Une fois les groupes formés on ne peut plus les changer ou les remettre en question. A partir de cette première segmentation des contrats, on réalise une deuxième segmentation qui se base sur le niveau de profitabilité du groupe de contrats.

Remarque : Il n'est pas nécessaire d'évaluer la rentabilité de chaque contrat d'assurance puisque l'estimation de la profitabilité se fait au niveau du portefeuille de risques homogènes.

2.1.5. Le passif sous IFRS 17

Les éléments caractéristiques du passif IFRS 17 peuvent être représentés par les trois blocs suivants :

- la Present Value of Futur Cash-Flow (PVFCF),
- le Risk Adjustment (RA),
- la Contractual Service Margin (CSM)

2.1.5.1. Present value of futur cash-flow (PVFCF)

Sous IFRS 17 le Best Estimate est appelé la PVFCF (Present Value of Futur Cash-Flow) et correspond à la meilleure estimation des flux de trésorerie. Il s'agit là d'une différence notable avec **Solvabilité 2**, où le **Best Estimate** correspond à la meilleure estimation des flux comptables.

On parle de flux de trésorerie lorsque les flux rendent compte d'une transaction financière réelle alors que les flux comptables incluent aussi les écritures qui équilibrent le bilan, mais qui ne représentent pas réellement une transaction financière. Pour calculer la PVFCF il faut donc identifier les flux de trésorerie entrants et les flux de trésorerie sortants.

Les flux de trésorerie couverts par IFRS 17 sont essentiellement des paiements échangés entre les parties dans le cadre de contrat d'assurance conformément aux modalités du contrat. Ils peuvent également inclure des éléments tels que :

- les primes,
- les prestations,
- l'amortissement des frais d'acquisition,
- les frais de gestion, les frais d'administration,
- les frais de transaction, tels que les taxes sur les primes,
- les commissions,
- la répartition fixe et variable des frais généraux.

La PVFCF se calcule comme une **espérance mathématique** des scénarios envisageables actualisés.

Afin de refléter la valeur temps de l'argent et le risque financier, la PVFCF est ajustée à partir de taux d'actualisation. Ces taux d'actualisation peuvent être définis de différentes façons. La norme n'impose pas de méthode, elle est au choix de l'assureur.

Il existe deux approches :

- La méthode **bottom-up** dite approche ascendante consiste à ajouter la prime d'illiquidité au taux sans risque. Cette prime d'illiquidité varie en fonction des caractéristiques des contrats d'assurance détenus par l'entité,
- La méthode **top-down** dite approche descendante a pour point de départ le taux de marché auquel on soustrait "les facteurs qui sont sans rapport avec l'évaluation des contrats d'assurance" (par exemple : la prime de risque de crédit).

Remarque : Les flux ne doivent être projetés que jusqu'à la date où s'arrête l'engagement de l'assureur : c'est la frontière des contrats. Selon IFRS 17, l'engagement de l'assureur s'arrête à partir de la date à laquelle l'assureur a la possibilité soit de résilier le contrat, soit d'en modifier la tarification.

2.1.5.2. Risk adjustment (RA)

Le *risk adjustment for non financial risk* ou encore **ajustement au titre du risque non financier** en français, porte sur le risque d'assurance ainsi que sur les risques non financiers. Le RA est une indemnité exigée par l'entité pour la prise en charge de l'incertitude entourant le montant et l'échéancier des flux de trésorerie qui est engendrée par le risque non financier lorsqu'elle exécute des contrats d'assurance. La somme du RA et du PVFCF forme les *Fulfilment Cash Flows*.

La méthode de calcul du Risk Adjustment n'est pas prescrite par la norme, ni le degré de prudence à retenir. Il est néanmoins demandé d'explicitier numériquement ce degré de prudence en donnant un « équivalent quantile ». Par exemple, un quantile à 90% signifie que la somme du Best Estimate et du Risk Adjustment est estimée suffisante pour couvrir les engagements sur toute la durée de vie du contrat dans 90% des cas.

2.1.5.3. Contractual service margin

La **Contractual Service Margin** (CSM) signifie **marge sur services contractuels** est un composant de l'actif ou du passif afférent au groupe de contrats d'assurance qui représente le profit non acquis que l'entité comptabilisera à mesure qu'elle fournira les services.

En d'autres termes elle représente **la valeur du profit attendu au titre du service d'assurance non-encore fourni**. À l'initialisation du contrat, la CSM se comptabilise au passif. Au fur et à mesure de la durée du contrat, elle est déversée dans le compte de résultat : cela correspond au relâchement de la CSM.

Lorsque la CSM est négative, elle est qualifiée de **Loss Component** (LC) qui signifie composante de perte. La Loss Component est évoquée si une perte à un moment donné du contrat est envisagée. Dans ce cas, le groupe de contrat est qualifié **d'onéreux**. A l'inverse, pour les contrats dits **profitables** on parle de CSM. À la différence de la CSM, la LC est directement enregistrée au résultat par prudence comptable.

Calcul de la CSM

A l'ouverture du contrat d'assurance, la CSM est calculée de la manière suivante :

$$CSM = PVFCF_{IN} - PVFCF_{OUT} - RA$$

$PVFCF_{IN}$ = Primes

$PVFCF_{OUT}$ = Sinistres + frais + commissions

Exemple :

Total des primes		Passif IFRS 17	
Primes	100	PVFCF	75
		RA	15
		CSM	10

Dans ce tableau, on s'attend à recevoir 100 € de primes et notre engagement s'élève à 90 € si l'on prend en compte la marge d'incertitude. Ainsi les 10 € restants sont stockés dans le poste CSM au lieu d'être directement placés dans les fonds propres. La CSM correspond au profit attendu du contrat. Sa reconnaissance est lissée sur la

durée de couverture du contrat. La CSM doit toujours être positive et elle est toujours nulle au-delà de la période de couverture du contrat.

2.1.6. Trois modèles comptables

La norme IFRS 17 Contrats d'assurance prévoit **trois approches** pour **l'évaluation des passifs** qui s'imposent selon l'agencement du portefeuille de l'assureur. Les différents modèles sont les suivants :

- **Le modèle Building Bloc Approach (BBA),**
- **Le modèle Premium Allocation Approach (PAA),**
- **Le modèle Variable Fee Approach (VFA).**

Dans le but d'améliorer la lisibilité de l'information relative au résultat, IFRS 17 établit une distinction entre les provisions pour services passés et les provisions pour services futurs. Cette distinction est essentielle pour comprendre la lecture des états financiers sous IFRS 17 :

- ***Liability for Incurred Claims* (LIC)**, le passif relatif à la période de **sinistres survenus**,
- ***Liability for Remaning Coverage* (LRC)**, le passif relatif à la période de couverture restante, Elle regroupe les *Fulfilment Cash Flows* émanant de **services futurs** et la CSM restante.

2.1.6.1. Le modèle Building Bloc Approach (BBA)

Le modèle BBA est le modèle général qui permet une approche par blocs. Ce modèle est applicable à tous les contrats sauf à ceux possédants une participation discrétionnaire.

Le passif du modèle BBA est scindé en trois parties :

- La PVFCF,
- Le RA,
- La CSM.

Les trois composantes sont calculées pour le **passif relatif à la couverture restante (LRC)**. Tandis que, pour la partie du **passif relative aux sinistres survenus (LIC)**, la CSM n'est pas calculée, car elle s'écoule entièrement sur la période de couverture du contrat

Passif BBA	
Fonds propres	
LRC	PVFCF
	RA
	CSM
LIC	PVFCF
	RA

Figure 2 : Modèle BBA

2.1.6.2. Le modèle Premium Allocation Approach (PAA)

Le modèle PAA est un modèle simplifié par rapport au modèle général (BBA). Il s'applique à tous les contrats ayant une durée de couverture inférieure à un an.

De la même manière que pour le modèle BBA, les parties LIC et LRC sont différentes. Pour la partie LIC, la PVFCF et le RA sont calculés.

Pour la partie LRC est composée seulement par la **Provision pour Primes Non Acquises (PPNA)**. Cette provision correspond à la part des primes émises pour le contrat se rapportant aux prochains exercices, soit la différence entre la prime émise et la prime acquise sur l'exercice considéré.

Passif PAA	
Fonds propres	
LRC	PPNA
LIC	PVFCF
	RA

Figure 3 : Modèle PAA

2.1.6.3. Le modèle Variable Fee Approach (VFA)

Le modèle VFA s'applique de façon obligatoire pour les contrats distribuant une participation discrétionnaire.

Le modèle VFA est très similaire au modèle BBA. En effet il a une partie LRC où les trois composantes sont calculées (PVFCF, RA et CSM), et une partie LIC où la PVFCF et le RA sont évalués.

Les différences entre les modèles BBA et VFA résident dans la comptabilisation de la CSM.

	BBA	VFA
Changements d'hypothèses financières	Non compensés en CSM	Compensés en CSM
Changements d'hypothèses techniques	Compensés en CSM	
Intérêts de la CSM	Calculés au taux d'origine	Calculés au taux courant
Intérêts des provisions techniques	Calculés au taux courant	
Option OCI	Non compensés en CSM	Compensés en CSM

Figure 4 : Modèle BBA vs modèle VFA

2.1.7. Compte de résultat

En plus de modifier le rythme de la comptabilisation des profits des compagnies d'assurance, la norme IFRS 17 modifiera **la présentation du compte de résultats**. Le compte de résultat d'IFRS 17 est présenté comme suit

<i>Expected insurance claims</i>
<i>Expected insurance administration expenses</i>
<i>Expected management fees and investment expenses</i>
<i>Release Risk Adjustment</i>
<i>Release CSM</i>
<i>Premium variance related to current and past services</i>
<i>Recovery of Acquisition cash-flows</i>
<i>Run-off loss component</i>
Insurance contract revenues
<i>Claims and benefits paid in the period</i>
<i>Change in liability for incurred claims</i>
<i>Amortization of acquisition cash-flows</i>
<i>Attributable administration expenses</i>
<i>Loss component</i>
<i>Loss on onerous contracts</i>
<i>Reversal on onerous contracts</i>
<i>Loss component run-off: expenses</i>
Insurance service expenses
Insurance service result
<i>Expected reinsurance claims</i>
<i>Expected reinsurance attributable expenses</i>
<i>Amortization of risk adjustment</i>
<i>Amortization of CSM</i>
<i>Premium variance on ceded business</i>
Reinsurance expenses from reinsurance contracts held
<i>Claims and benefits received in the period</i>
<i>Change in assets for incurred claims</i>
<i>Change in AIC: change in RIA related to incurred claim</i>
<i>Recoveries on onerous contracts</i>
<i>Reinsurance attributable expenses</i>
Reinsurance revenue from reinsurance contracts held
Reinsurance service result
Insurance service result (net of reinsurance)
<i>Net finance expenses on fulfillment cash flows</i>
<i>Net finance expenses on CSM</i>
Finance result
<i>OCI movement</i>
Total comprehensive income

Figure 5 : Compte de résultat

- « **Insurance contract** » **revenue** est composé des prestations et frais attendus, et du relâchement de la CSM et de l'ajustement pour risque non-financiers. Les prestations et frais attendus sont les prestations et frais qui, selon les estimations du modèle vont se réaliser pendant période de survenance considérée. Enfin, l'insurance revenue est un indicateur équivalent au chiffre d'affaires. Dans le cas des contrats ayant une période de couverture d'un an, il est égal aux primes encaissées durant la période, modulo des écarts d'actualisation.
- « **Insurance service expenses** » est composé des sinistres constatés (LIC), de l'amortissement des flux de trésorerie d'acquisition, des changements dans les flux de trésorerie relatifs à des services passés, des variations dans les flux de trésorerie liés aux contrats considérés comme onéreux et des frais constatés.
- « **Insurance service result** » : se base en partie sur la comparaison des prestations et frais attendus/constatés afin de capter toute perte ou gain technique sur la période. L'**Insurance service result** se calcule comme la différence entre **l'Insurance contract revenue** et **l'Insurance service expenses**.
- « **Amortization of CSM/Risk Adjustment** » traduit la marge (au-delà du Risk Adjustment) attendue et reconnue en résultat sur la période au titre du service rendu. Elle traduit également un amortissement du Risk Adjustment pour le risque écoulé sur la période.
- « **Loss on onerous contract** » : constate les pertes futures liées aux contrats onéreux immédiatement reconnues en charge dans le compte de résultat.

2.1.7.1. Amortissement de la CSM

A chaque nouvel arrêté comptable durant la vie du contrat, la CSM va faire l'objet d'un **calcul par récurrence en deux étapes** (en repartant de la CSM de clôture de l'exercice précédent) :

- La première étape consiste à **réestimer les montants des BE et RA sur la durée de vie résiduelle du contrat à la clôture**. Si un changement de paramètre technique entraîne une hausse des engagements futurs par rapport à ce qui était prévu à l'exercice précédent alors la CSM est ajustée d'autant à la baisse. Ceci traduit ainsi la baisse des profits futurs attendus (ajustement inverse en cas de baisse des engagements futurs). Lorsque les variations de provision sont liées à des effets d'actualisation, alors

les impacts dépendent du modèle d'évaluation : ces variations impactent soit le résultat financier (modèles BBA et PAA), soit ajustent la CSM (modèle VFA),

- La deuxième étape consiste à **déterminer la part de la CSM à amortir dans le compte de résultat de l'année**. La méthode exacte n'est pas prescrite mais le montant alloué doit être cohérent avec la quantité de service rendu sur la période. En effet, à chaque date d'arrêt, une partie de la CSM doit être amortie afin de refléter les services octroyés pour un groupe ou pour un portefeuille de contrats d'assurance. L'amortissement de la CSM se fait en identifiant les **unités de couverture** (Coverage Units) qui dicteront la cadence d'amortissement. Ces unités ont pour objectif de donner une **quantification unitaire de la couverture pourvue par un portefeuille de contrats**. Ils doivent refléter le rythme des prestations et services d'assurance octroyés au titre de ces contrats, ainsi que le nombre de contrats en vigueur attendu dans le portefeuille sur la période. L'intérêt de considérer les unités de couverture est de décrire quantitativement et de manière fidèle **l'exposition de l'assureur** dans le cadre des prestations fournies par les contrats d'assurance.

La CSM représente le **stock de « marges futures estimées »** (au-delà du RA) restant à reconnaître en résultat et est amortie de façon lissée au fil du temps. Ce mécanisme de lissage permet d'éviter une **reconnaissance de la marge incohérente**, temporellement parlant, avec le service rendu aux assurés. Il se peut que ce soit le cas avec des contrats à prime unique où l'ensemble de la marge attendue est reconnu dès le premier exercice comptable.

A noter enfin qu'en cas de groupe de contrats onéreux, la CSM ne peut être négative : dans ce cas, l'intégralité des pertes futures estimées sont reconnues immédiatement dans le compte de résultat via une loss component et la CSM vaut zéro. Il y a ainsi une **dissymétrie** entre le traitement des contrats rentables (marge étalée dans le temps) et des contrats onéreux (pertes constatées immédiatement).

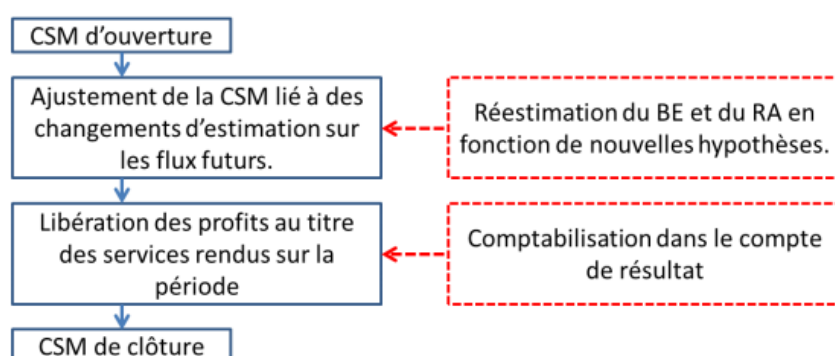


Figure 6 : Ecoulement de la CSM

2.1.7.2. Analysis of movements (AoM)

Une analyse de mouvement (AoM) permet **d'expliquer le passage entre un état d'ouverture et de clôture comptable**, en détaillant les flux ou modifications d'hypothèses justifiant ce passage. Elle est effectuée pour les différents éléments du passifs IFRS 17 à savoir, **la PVFCF, le RA et la CSM**. Elle permet de capter les différents flux qui viennent modifier la valeur initiale d'ouverture d'une provision pour arriver à terme à sa valeur finale de clôture. L'ensemble des analyses de mouvement constitue le *roll forward*. Le compte de résultat et le bilan IFRS 17 s'alimentent en grande partie des différentes AoMs. Des AoMs sont effectuées pour tous les blocs provisionnés en IFRS 17, soit la PVFCF, le RA et la CSM. Des AoMs distinctes sont construites pour les parties LIC et LRC. Comme dit précédemment, il n'y a pas d'AoM de CSM ou de LC sur le LIC. CSM et LC se réfèrent uniquement au passif relatif à la période de couverture restante puisque ce sont respectivement les profits ou les pertes futurs.

2.1.7.3. OCI

L'option **Other Comprehensive Income (OCI)** qui signifie « autres éléments du résultat global », est une option qui s'applique au niveau du portefeuille. Elle permet la reconnaissance en OCI des effets de changements de courbe des taux entre chaque date d'arrêté, afin de limiter la volatilité du résultat.

Par exemple les provisions sont calculées avec deux taux différents, le taux locked-in et le taux courant. On fait ensuite la différence entre la provision au taux locked-in et la provision au taux courant.

Le taux locked-in est le taux initial, c'est le taux d'actualisation défini à la date de comptabilisation initiale. Ce taux est figé, il n'évolue pas avec les conditions du marché.

2. Passage aux clôtures trimestrielles

Bien que la norme IFRS 4 soit encore en vigueur jusqu'au 31 décembre 2022, l'équipe Provisionnement Prévoyance de Generali effectue des exercices parallèles en norme IFRS 17 depuis plusieurs années. Ces exercices parallèles ne concernaient que les clôtures annuelles. Néanmoins, les premiers comptes officiels publiés en IFRS 17 comporteront un pro-format de l'année 2022. Durant cette année charnière, il devient nécessaire de réaliser également des comptes en trimestriel. Les clôtures trimestrielles exigent une adaptation aux données disponibles et une tout autre réflexion. La seconde partie du mémoire est dédiée à lister les modifications induites par le passage au trimestriel, et à l'implémentation pratique de ces changements.

L'objectif de cette partie est de détailler les principales étapes du passage des comptes annuels aux comptes trimestriels.

Pour commencer nous allons exposer les principaux outils utilisés dans le cadre des clôtures et leurs ajustements.

Generali dispose de deux modèles actuariels : FPREV, un modèle en S/P pour les contrats collectifs pour lesquels seules des informations macro sont connues, et un modèle à Etats pour les contrats individuels dont les informations sont disponibles à la maille assuré.

La modélisation des provisions est réalisée à l'aide d'un logiciel de projection déterministe : Prophet. On y injecte l'ensemble des informations de la population assurée (models points), ce qui nous permet de valoriser nos passifs en appliquant à ces model points des hypothèses techniques (SP, mortalité, morbidité, frais...). Les models points peuvent être vus comme des bases de données contrats, indiquant pour chaque groupe d'assurés les caractéristiques permettant la projection des engagements dans le temps. Un model point correspond grossièrement à un produit commercial. La particularité du modèle FPREV réside sur le fait que les calculs sont réalisés pour chacune des lignes des models points, ce qui témoigne d'une granularité de calcul très fine.

De plus, des maquettes Excel répliquant le modèle de prévoyance (FPREV) ont été mises en place. Ces maquettes répliquent le calcul effectué par le modèle et servent à jauger la véracité des résultats issus de Prophet.

Dans un second temps nous traiterons des principales hypothèses nécessaires au calcul du Best Estimate. Ces hypothèses, comme les taux d'écoulement, exigent une adaptation à l'occasion du passage au calcul trimestriel.

2.1. Nature des contrats considérés : la prévoyance

Présenter la nature des contrats étudiés permettra de comprendre le contexte dans lequel les travaux de ce mémoire ont été réalisés.

2.1.1. Définition de prévoyance

La prévoyance est une branche d'assurance qui permet de couvrir les risques liés à la personne.

Elle est définie, par exemple, dans l'article de loi n° 89-1009 du 31 décembre 1989, dite loi EVIN :

« La prévoyance regroupe les opérations ayant 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 ou d'invalidité ou du risque chômage. » Le Code de la Sécurité Sociale (l'article L.931-1) définit les institutions de prévoyance : *« des personnes morales de droit privé ayant un but non lucratif, administrées paritairement par des membres adhérents et des membres participants définis à l'article L. 931-3, selon lequel les membres adhérents d'une institution de prévoyance sont la ou les entreprises ayant adhéré à un règlement de l'institution ou souscrit un contrat auprès de celle-ci. L'article L. 931-3 précise que les adhérents sont considérés comme les entreprises, au sens du présent titre, toute personne physique ou morale qui emploie un ou plusieurs salariés. »*

D'après l'article L.931-1, les institutions de prévoyance ont pour objet :

- *De contracter envers leurs participants des engagements dont l'exécution dépend de la durée de la vie humaine, de s'engager à verser un capital en cas de mariage ou de naissance d'enfants ou de faire appel à l'épargne en vue de la capitalisation et de contracter à cet effet des engagements déterminés ;*
- *De couvrir les risques de dommages corporels liés aux accidents et à la maladie ;*
- *De couvrir le risque chômage.*

Particulièrement, les institutions de prévoyance gèrent des contrats prévoyance à caractère collectif, autrement dit, dans le cadre exclusif de l'entreprise ou de la branche professionnelle.

2.1.2. Garanties de prévoyance

Les garanties de prévoyance les plus courantes sont l'incapacité, l'invalidité, le décès, la rente éducation, la rente de conjoint, les obsèques, ainsi que la santé complémentaire et la dépendance. Certaines garanties sont facultatives.

La prévoyance se distingue en : **prévoyance collective salarié et prévoyance individuelle.**

Les principales garanties présentes sur le marché de la prévoyance collective du salarié sont :

- **ITT (Incapacité Temporaire Totale)**
La garantie consiste au versement d'Indemnités Journalières si l'arrêt de travail intervient avant l'âge de la retraite et si la durée est supérieure à la franchise définie au contrat. La durée maximum d'une ITT est de 1095 jours soit 3 ans. Les assurés d'incapacité peuvent passer en invalidité selon le critère défini.
- **IPP / IPT – Invalidité Permanente Partielle / Totale**
La garantie consiste au versement d'une rente d'invalidité fonction du niveau d'invalidité définie par la Sécurité Sociale. L'invalidité fait soit suite à une période d'incapacité ou directement suite à un accident ou une maladie professionnelle.
- **Décès – Obligatoires**
C'est la garantie de base de tout contrat de prévoyance. La garantie consiste en un versement d'un capital aux bénéficiaires, déterminé en fonction d'un pourcentage du salaire de l'assuré décédé.
- **Décès accidentel, doublement accident**
Ce sont les capitaux annexes au versement de capital décès en cas de décès par accident ou de doublement en cas de décès simultané de l'assuré et de son conjoint.
- **Rente d'éducation**
La garantie consiste au versement d'une rente aux enfants de l'assuré décédé, soit d'un montant fixe ou d'un montant progressif avec l'âge de l'enfant bénéficiaire afin de financer les études de l'enfant. Il existe une limite de versement de la rente liée à l'âge, ou la date de fin d'étude.

- **Rente de conjoint**

Le versement d'une rente se présente sous deux formes :

- Rente temporaire : versement d'une rente définie sur le certificat d'adhésion pendant une durée prédéfinie
- Rente viagère, complétant les droits acquis par l'assuré décédé si le décès est survenu avant sa retraite.

- **Obsèques**

La garantie constitue au versement d'un capital en vue du financement des obsèques. Le souscripteur détermine le niveau de financement et désigne un bénéficiaire. Selon les formules, les contrats d'assurance obsèques permettent de prévoir le financement et éventuellement l'organisation des obsèques, le cas échéant, le contrat combine un contrat d'assurance vie et un contrat de prestations funéraires, ce qui implique obligatoirement l'action conjointe d'un assureur et d'un opérateur funéraire.

- **Santé complémentaire**

Le but de cette garantie est de compléter les prestations des régimes obligatoires d'assurance maladie. Ces contrats d'assurance ont pour objet de garantir la maladie, l'accident et la maternité. Les garanties de remboursement des frais de soins et de biens médicaux varient selon les contrats, de la prise en charge du seul ticket modérateur au remboursement total des frais laissés à la charge de l'assuré.

- **Dépendance**

La garantie dépendance constitue au versement des prestations financières lorsque l'assuré est en état de dépendance. L'état de dépendance est défini par les grilles basés sur des indice physiologiques. Parmi les grilles, la grille AGGIR (Autonomie Gérontologie Groupes Iso-Ressources) permet d'évaluer le degré de dépendance des assurés, en déterminant, leur appartenance à un des 6 groupes de la nomenclature, de GIR 1 à GIR 6. La terminologie dépendance est plus souvent associée à la perte d'autonomie liée au grand âge.

Dans ce mémoire, nous considérerons la garantie incapacité et invalidité des contrats de prévoyance collective.

2.2. Clôture et comptes trimestriels

La clôture correspond à l'achèvement des enregistrements comptables, le rassemblement des pièces justificatives ainsi que l'ensemble des opérations qui permettent d'éditer le bilan de la société. Afin d'éditer ce bilan, l'entreprise doit notamment calculer l'engagement envers ses assurés au moment de la clôture. Un calcul de provisions à la date de clôture est effectué.

Les normes IFRS n'imposent pas de fréquences de publication aux groupes qui les utilisent. Néanmoins, les entreprises qui publient en IFRS publient généralement des comptes en infra-annuel, semestriels voire trimestriels. Les clôtures trimestrielles permettent au groupe une analyse plus régulière et un meilleur pilotage.

2.2.1. Modélisation actuelle du Best Estimate annuel.

2.2.1.1. Prophet

Les compagnies d'assurance, en particulier dans l'assurance-vie ont une nécessité croissante de **projeter les flux futurs**, à moyen comme à long terme, en établissant certaines hypothèses et en se basant sur une modélisation des flux du portefeuille. C'est pour cette raison que les assureurs sont amenés à se doter de **logiciels actuariels** qui peuvent effectuer un **grand nombre de calculs** sur une courte durée. Avec IFRS 17, la maille de calcul et la granularité des résultats exigés rendent l'utilisation de logiciels actuariels indispensables.

Comme évoqué dans la partie introductive d'IFRS 17, une des principales **exigences de cette nouvelle norme** réside dans la maille de calcul très fine des provisions techniques. Les projections de Best Estimate doivent être détaillées par type de flux, par mois de paiement, par année de survenance et par année de souscription (cohorte). Les chroniques de cash flows très détaillées obtenues en sortie de modèle sont ensuite actualisées avec des courbes de taux propres à chaque cohorte. Ces exigences rendent le résultat plus délicat à appréhender et à anticiper du fait de la complexité de la norme et de la volatilité de certains mécanismes.

Prophet est un **logiciel de modélisation actuarielle**, qui a pour but de projeter des cash-flows de contrats d'assurance dans le temps. Ce logiciel était jusqu'alors utilisé pour les calculs dans le cadre du Solvabilité II (SII). Etant donnés les nombreuses similarités entre la projection économique requise par SII et par IFRS 17 sur les contrats de prévoyance, Generali a préféré enrichir Prophet pour ses calculs de Best Estimate IFRS 17, en intégrant par exemple la vision par cohorte.

Prophet s'articule autour de 5 objets principaux (les librairies, les variables, les indicateurs, les Models Point et les produits).

La structure qui permet une projection d'un portefeuille de produits Prophet est représentée ci-dessous :

- **Les librairies** : C'est un ensemble de définitions actuarielles, de variables, et de formules utilisées pour effectuer les calculs nécessaires à la modélisation de produits d'assurance. Il existe une librairie appelée « French » adaptée au marché d'assurance français.
- **Les variables** : Elles peuvent se définir comme les objets à disposition de l'utilisateur pour modéliser ses produits. Elles sont souvent corrélées entre elles. La variable peut être une simple constante comme elle peut être une formule actuarielle.
- **Les indicateurs** : C'est un regroupement de plusieurs variables. En effet, la diversité et le grand nombre de variables existantes rendent la création d'un produit une tâche fastidieuse. On sélectionne alors des indicateurs, ces derniers caractérisent la nature du produit modélisé.
- **Model Point** : C'est un groupe homogène de contrats, où chacune des lignes du model point correspond à un assuré ayant souscrit au produit, on y trouve des informations sur l'assuré (l'âge, le sexe...), le type de garantie, l'année de souscription, etc... Il peut être vu grossièrement comme un produit commercial.
- **Produit Prophet** : Il s'agit d'un regroupement de formules et variables qui imposent les règles de projection des polices. On distingue entre deux types de produits, les produits type modèle qui sont plutôt des produits références, et les sous-produits qui sont des produits qui correspondent à un ensemble homogène des contrats avec exactement la même structure, ces produits découlent des modèles de référence. La distinction se fait en associant des paramètres différents via des tables ou des model points aux produits qui découlent des modèles.
- **L'accumulation** : C'est un regroupement des produits ayant des propriétés similaires. Le but de ce groupement est de faciliter l'analyse et optimiser le temps de calcul.

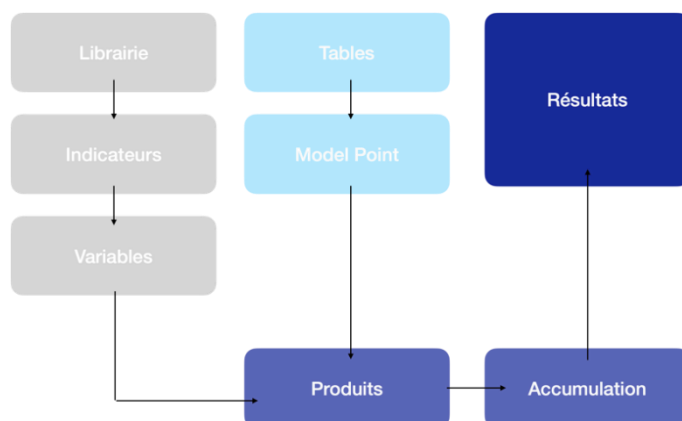


Figure 7 : Schéma du fonctionnement de Prophet

2.2.1.2. Le modèle FPREV

Le modèle FPREV a été développé pour modéliser les contrats collectifs commercialisés ou acceptés par Generali. Sur ces contrats, la donnée n'est pas disponible à une maille individuelle. En effet, les contrats pour lesquels l'information est disponible à une maille individuelle sont projetés dans le modèle à Etats. Le modèle FPREV permet de projeter des garanties décès, frais médicaux (Santé) et Incapacité / Invalidité.

Il peut être utilisé pour n'importe quelle garantie et portefeuille. La modélisation inclut principalement les contrats de prévoyance collective mais aussi quelques contrats de prévoyance individuelle. Ce modèle est utilisé lorsque les données tête par tête requis par le modèle à état ne sont pas disponibles. La particularité du modèle F_PREV est qu'il utilise le ratio sinistre sur prime (Loss Ratio) pour modéliser le résultat technique.

En effet, d'après ce modèle :

$$\text{Sinistres} = \text{Prime} \times \text{LossRatio} \times \text{Taux d'écoulement par année de survenance}$$

Les provisions sont calculées à la date de début de projection, via des flux projetés avec un pas de temps mensuel. Elles sont obtenues par actualisation de ces flux avec une courbe d'actualisation. Dans sa version annuelle pré-travaux, la projection des flux démarrait obligatoirement au 31/12 d'une année donnée.

Il existe deux types de provisions : les **provisions techniques** et les **provisions de frais**.

Les provisions techniques se répartissent entre :

- **Les provisions techniques relatives aux sinistres de survenance future** : elles sont calculées en actualisant les prestations relatives aux survenances futures par un taux technique et sont réparties sur les différentes survenances par un taux d'écoulement de prestations.
- **Les provisions techniques relatives aux sinistres en stock** : elles sont calculées en actualisant l'écoulement des prestations relatives aux sinistres en stock (par année de projection) en utilisant le taux technique.

Les provisions de frais se décomposent en :

- **Provisions de frais relatives aux sinistres de survenance future**, calculées comme un taux des provisions techniques relatives aux sinistres de survenance future.

- **Provisions de frais relatives aux sinistres en stock**, calculées comme un taux des provisions techniques relatives aux sinistres en stock.

En ce qui concerne la **Participation aux Bénéfices** (PB) des contrats de prévoyance, elle est modélisée en **pourcentage des primes**. Ce choix de modélisation est contraint par le fait que le calcul comptable de la PB est effectué sur des mailles plus fines que la maille produits Prophet. On considère que les hypothèses de taux de PB sur primes sont constantes tout au long de la projection. Le montant de la participation est donc calculé en fonction du taux de PB et de la prime. La participation aux bénéfices apparaît dans le résultat avant impôt.

Principe de calcul

BE de primes

Dans le BE de prime on retrouve seulement les charges sinistres relatives aux survenances futures.

Les survenances futures correspondent aux années de survenance postérieures à l'année de clôture (années de survenance > N).

La modélisation de la charge sinistre relative aux survenances futures repose sur les étapes suivantes :

1. Calcul du montant de la charge sinistre ultime pour chaque année de survenance future, sur la base des hypothèses de primes et *loss ratios* en entrée du modèle.
2. Projection des prestations relatives aux charges sinistres de chaque année de survenance, sur la base de la répartition des charges sinistres par type de provision et des taux d'écoulement des prestations relatives aux charges sinistres de survenance future.
3. Calcul, pour chaque année de projection et chaque survenance future, des provisions techniques sur la base de la projection des prestations.
4. Calcul, pour chaque année de projection et chaque survenance future, des provisions de frais.
5. Calcul des intérêts techniques.

Remarque :

Il est à noter que la projection de la charge sinistre est réalisée selon le type de provision : PSAP / PSAP LOI EVIN / PM.

En effet, les taux techniques et les frais de gestion sur sinistre diffèrent en fonction du type de provision : une segmentation de la charge sinistre selon le type de provision est donc nécessaire.

BE de provisions (Charges sinistres relatives aux sinistres en stock)

Les **sinistres en stock** correspondent aux sinistres dont la **date de survenance est antérieure à la date de clôture** (date de survenance $\leq$ 31/12/N).

La **modélisation de la charge sinistre** relative aux sinistres en stock repose sur les étapes suivantes :

- Prise en compte pour chaque année de projection des prestations relatives aux sinistres en stock via la table de paramètres en entrée du modèle.
- Calcul pour chaque année de projection des provisions techniques sur la base de l'écoulement des prestations relatives aux sinistres en stock.
- Calcul pour chaque année de projection des provisions de frais sur la base des taux de frais en entrée du modèle.
- Calcul des intérêts techniques.
- Calcul des boni/mali constatés à chaque année de projection sur la base des montants de boni/mali en entrée du modèle (différence entre les provisions comptables du 4TN et les provisions économiques) et des règles de lissage correspondantes.

Hypothèses nécessaires au modèle FPREV

Les tables d'hypothèses nécessaires à la projection sous FPREV sont les suivantes :

- **Model Points (ou MPF)** : Renseigne la prime à projeter par produit Prophet et par année de souscription.
- **Table Prev** : Donne le taux de chute, le taux S/P et le taux de PB par produit et par année, qui sont appliqués aux primes.
- **Table Futur** : Répartit et écoule la charge selon 3 types de prestations : PSAP, EVIN, PM grâce à des taux de répartition et des taux d'écoulement.
Exemple : 50% presta PSAP, 35% presta EVIN et 15% PM.
- **Table Réassurance** : Donne le réassureur et les taux de cession pour chaque produit.
- **Table Commissions** : Donne le taux de commissions par produit Prophet à appliquer à la prime annuelle.
- **Tables Frais** : Donne le taux de frais par produit Prophet à appliquer à la prime annuelle et le taux de frais de gestion à appliquer aux prestations.
- **Table Actualisation** : Donne les taux d'actualisation annuels. Elle permet l'actualisation du BE.

- **Table Stock** : Donne les charges en stock par produit Prophet et par année de survenance.

Ces hypothèses sont indispensables à la projection des différentes variables nécessaires au calcul du BE : Primes, Prestations, Commissions, Frais de gestion, frais d'acquisition, Frais d'administration et PE/PB.

2.2.1.3. Le modèle à états

Il s'agit d'un modèle basé sur des flux probabilisés à partir des modèles points contenant les différentes informations sur les assurés (âge à l'adhésion, ancienneté, franchises, garanties...). Le modèle à états (MAE) est un modèle semi markovien développé pour modéliser les contrats du portefeuille de garanties emprunteur (F_ETAT_EMP) ou prévoyance (F_ETAT_PREV). La modélisation est effectuée à partir des données du portefeuille, ces dernières doivent être préalablement traitées avant d'être intégrées dans l'outil Prophet. La particularité de ce modèle est qu'il possède trois populations pour chacun de ses produits, on distingue :

- *Les valides* : Il s'agit des assurés qui ne perçoivent pas de prestations à la date de la simulation.
- *Les incapables* : il s'agit des assurés qui perçoivent une indemnité en cas d'incapacité à la date de la simulation.
- *Les invalides* : Il s'agit des assurés qui perçoivent une rente comme une garantie invalidité à la date de la simulation.

Pour chaque population, la projection des cash-flows nécessite les variables suivantes :

- L'état de l'assuré à la date de simulation : valide, incapable, invalide,
- L'âge de l'assuré,
- La durée entre la date de simulation et celle de la souscription du contrat,
- La date d'entrée en incapacité pour les incapables et la date d'entrée en invalidité pour les invalides,
- La franchise et la durée d'incapacité souscrites,
- Le montant des primes,
- Les montants garantis.

Le modèle nécessite, en plus de paramètres généraux ou spécifiques par produits (taux d'actualisation, âges maximums de couverture des garanties, taux de commissions, taux de frais, taux de réassurance...), l'utilisation de lois spécifiques au portefeuille pour déterminer le Best Estimate, on trouve :

- La loi d'entrée en incapacité des valides,
- La loi de maintien en incapacité,
- La loi de passage d'incapacité en invalidité,
- La loi de maintien en invalidité,

- La loi de chute des contrats,
- La loi de mortalité.

Ces lois sont utilisées soit pour définir les effectifs des assurés dans chaque état pour chaque période de projection, soit pour le calcul des provisions en Best Estimate, soit pour projeter les cash-flows, ou même pour calculer le SCR.

A chaque pas de projection, l'état d'un assuré peut changer entre :

- Valide,
- Incapable,
- Invalide,
- Décédé,
- Sorti pour motif d'échéance ou résiliation.

On suppose que ce changement d'état suit la logique suivante :

- Un assuré valide peut rester valide, devenir incapable, décéder ou sortir du portefeuille (Résiliation).
- Un assuré incapable peut rester dans cet état, redevenir valide, décéder, ou devenir invalide.
- Un assuré invalide peut rester dans cet état ou décéder.
- Un assuré décédé, ou qui a résilié son contrat ou que son contrat est arrivé à échéance n'est pas comptabilisé.

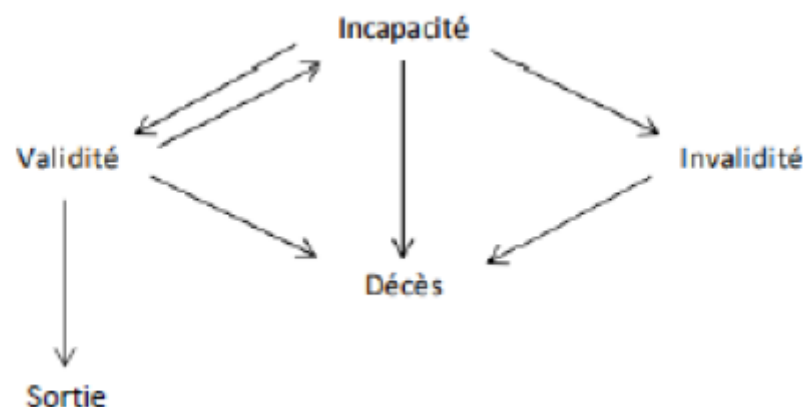


Figure 8 : Schéma du passage d'un état à l'autre

Ce mémoire traitera uniquement du modèle FPREV.

2.2.2. Evolution du modèle FPREV

2.2.2.1. Adaptation des maquettes répliquant le modèle FPREV

Avant de modifier le code source du modèle FPREV, il est préférable d'implémenter les évolutions dans les maquettes répliquantes, plus souples et plus facile à manier. Dans le cadre des BE trimestriels nous avons d'abord effectué les modifications sur les maquettes pour avoir une idée plus précise des changements à faire sur Prophet.

Fonctionnement des maquettes répliquantes

Generali utilise des maquettes Excel répliquantes qui permettent de calquer le modèle Fprev et d'obtenir les Best Estimate par produit Prophet. Elles fonctionnent par paire : une pour le **BE de prime** et une pour le **BE de prov.**

Elles prennent en entrée **des tables d'hypothèses** qui diffèrent selon les BE prime/prov et nous donnent en sortie les Best Estimates.

Ces maquettes sont utilisées à des fins de **contrôle**, sur des échantillons. Elles servent à avoir une première idée des résultats et de référence lors de changements importants. Enfin, ces maquettes sont utiles à la comparaison des résultats qui sortent de Prophet. Elles ne sont néanmoins pas utilisées en production car elles sont plus rigides sur les tables en input, et plus lentes à calculer.

Les maquettes Fprev prennent en input les tables nécessaires au modèle FPREV.

Dans les onglets de calculs, en utilisant les hypothèses, la maquette calcule et projette les différentes variables nécessaires au calcul du BE : Primes, Prestations, Commissions, Frais d'administration...

Le dernier onglet de la maquette nous donne un BE pour chaque association produit et spcode.

2.2.2.2. Adaptation du code Prophet

Pour construire un BE trimestriel, il faut **adapter l'outil qui permet la projection des flux** et donc le calcul du BE : Prophet.

Pour l'ajuster, la modification de la date de début projection ne suffit pas. En effet, le modèle Fprev est construit de manière à projeter les flux sur une année glissante (12mois).

Projection trimestrielle

Le principal changement entre l'annuel et le trimestriel concerne l'horizon de projection des flux. Lors d'un exercice annuel les flux de la première année (N) sont projetés sur l'année complète, soit 12 mois. En revanche, dans le cadre d'un exercice trimestriel les flux de l'année N sont projetés sur les mois restants :

Q1 : 9 mois de projection d'avril à décembre

Q2 : 6 mois de projection de juillet à décembre

Q3 : 3 mois de projection de septembre à décembre

La méthode de calcul sur Excel a été changée, pour que la projection des flux se fasse en fonction du trimestre de lancement.

Annuellement la répartition des flux de première année se fait sur 12 mois, Elle a été modifiée et les flux de premières années sont répartis sur 9, 6, ou 3 mois selon le trimestre de lancement.

Exemple :

Si en entrée de Prophet la date du 31 Mars 2022 (Q1) est renseignée alors la projection se fera du 01 Avril 2022 au 31 mars 2023.

Il a fallu corriger cela pour obtenir une projection du 01 avril 2022 au 31 décembre 2022 (pour le Q1).

Comme pour les maquettes permettant de répliquer le modèle Fprev, il a fallu également **modifier le fonctionnement de la répartition des flux annuels** sur la première année de projection.

Pour se faire, une adaptation de la modélisation et des hypothèses en entrée du modèle ont été nécessaires.

Modifications du code

Dans un premier temps via l'interface Prophet il a fallu accéder à la **librairie « French »** qui contient un grand nombre de **variables** dont parmi elles, les variables qui permettent la modélisation des produits Fprev.

Après l'identification des variables pertinentes, des modifications sur le code ont été faites afin d'obtenir la **durée de projection voulu en fonction du mois de lancement**, mais aussi pour permettre de lire deux tables futur différentes en fonction de l'année de survenance. (cf partie 2-2.3.1)

Les modifications sont validées après une comparaison avec les résultats issus des maquettes répliquantes.

2.2.3. Evolution des hypothèses en entrée de Prophet

La mise en place d'un calcul trimestriel du BE a nécessité de revoir d'une part les méthodes de calcul des hypothèses et d'autre part les processus associés en amont.

2.2.3.1. Adaptation de la table Futur

La table *Futur* est indispensable au calcul de la charge et de l'écoulement du BE prime. Elle permet la projection des prestations relatives aux charges de sinistres futures de chaque année de survenance, sur la base d'une répartition par type de provision et des taux d'écoulement des prestations relatives aux charges sinistres de survenance future.

La projection de la charge sinistre est réalisée selon le type de provision (PSAP / LOI EVIN / PM) car les taux techniques et les frais de gestion sur sinistre diffèrent en fonction du type de provision.

Variables utilisées :

Le calcul des prestations relatives aux sinistres de survenance future repose sur l'utilisation des variables décrites dans le tableau ci-après :

Variables	Variables en entrée ou calculées	Descriptif de la variable
Primes (N + k)	Calculée	Primes relatives à l'année de survenance N+k
Loss_ratio(N + k)	En entrée	Loss-ratios relatifs à l'année de survenance N+k
%Chg_futur(prov)	En entrée	Part des charges sinistres de survenance future à affecter au type de provision « PROV ». Le type de provision « PROV » peut prendre 3 modalités : PSAP, PSAP Loi Evin et PM.
Tx_Ecoultmt_Chg_futur^{PROV}(k – i)	En entrée	Taux d'écoulement après k-i années des prestations relatives à une charge sinistre de survenance future, pour un type de provision « PROV ». Par exemple, taux d'écoulement en année N+k des prestations relatives à la charge sinistre de survenance N+i.

Formule de calcul :

Pour chaque type de provision, les prestations versées en $N + k$ ($k \geq 0$) au titre des sinistres de survenance $N + i$ ($i \leq k$) sont déterminées de la façon suivante :

$$\begin{aligned} Prest_{futur}^{PROV}(N + i, N + k) \\ = -Primes(N + i) \times Loss_ratio(N \\ + i) \times \%Chg_futur(prov) \times Tx_Ecoulmnt_Chg_futur^{PROV}(k - i) \end{aligned}$$

Pour chaque type de provision, les prestations versées en $N + k$ au titre des sinistres de survenance future $\geq N$ sont alors égales à :

$$Prest_futur^{PROV}(N + k) = \sum_{i=1}^k Prest_futur^{PROV}(N + i, N + k)$$

On en déduit les prestations versées en $N + k$ au titre des sinistres de survenance future $\geq N$:

$$\begin{aligned} Prest_{futur(N+k)} \\ = Prest_{futur}^{PSAP}(N + k) + Prest_futur^{LOI_EVIN}(N + k) \\ + Prest_futur^{PM}(N + k) \end{aligned}$$

Cependant dans le cadre d'un calcul de BE trimestriel l'utilisation d'une seule et même table *Futur* pose problème, car une charge de sinistre de survenance N s'écoule différemment d'une charge de sinistre de survenance $>N$ en fonction du trimestre de calcul (sauf au Q4).

Explications :

Cas du BE de prime annuel classique :

Taux d'écoulement	1	2	3	4
Période de projection (en mois)	12	24	36	48

Figure 9 : Période de projection des taux d'écoulement « Table Futur » annuel

Dans le cadre d'un BE annuel on projette les flux sur les 12 mois de la première année de projection, et ainsi de suite pour les années suivantes.

Année Surv	N	N+1	N+2	N+3
N	Taux d'écoulement 1	Taux d'écoulement 2	Taux d'écoulement 3	Taux d'écoulement 4
N+1		Taux d'écoulement 1	Taux d'écoulement 2	Taux d'écoulement 3
N+2			Taux d'écoulement 1	Taux d'écoulement 2

Figure 10 : Répartition des taux d'écoulement en fonction de l'année de projection et de la survenance

Ce tableau nous donne la répartition des taux d'écoulement d'un produit avec une charge sinistre de survenance N et >N.

Ici, aucun problème car les années N, N+1... possèdent le même nombre de mois de projection.

Cas du BE trimestriel (ici Q1) avec une seule table *Futur trimestrielle* :

Taux d'écoulement	1	2	3	4
Période de projection (en mois)	9	21	33	45

Figure 11 : Période de projection des taux d'écoulement « Table Futur » trimestrielle

Dans le cadre d'un BE trimestriel au Q1 on projette les flux sur 9 mois la première année de projection (avril à décembre), puis sur 12 mois les années suivantes.

Année Surv	N(Q1)	N+1	N+2	N+3
N	Taux d'écoulement 1	Taux d'écoulement 2	Taux d'écoulement 3	Taux d'écoulement 4
N+1		Taux d'écoulement 1	Taux d'écoulement 2	Taux d'écoulement 3
N+2			Taux d'écoulement 1	Taux d'écoulement 2

Figure 13 : Répartition des taux d'écoulement en fonction de l'année de projection et de la survenance

Ce tableau nous donne la répartition des taux d'écoulement d'un produit avec une charge sinistre de survenance N et >N.

Nous rencontrons un problème car l'année N n'a pas le même nombre de mois de projections que les années suivantes. Prenons la survenance N+1 à l'année N+1, la période de projection donnée par la Table Futur est de 9 mois. Ce qui est faux, elle devrait être de 12 mois pour les années de projection >N.

Ce problème concerne les contrats multiyear. Un contrat multiyear, également appelé contrat pluriannuel, est un contrat d'assurance ou de réassurance qui couvre une période de plusieurs années. Contrairement aux contrats annuels traditionnels, qui sont renouvelés chaque année, les contrats multiyear sont conçus pour offrir une couverture continue pendant une période de deux, trois, cinq ou même dix ans. Les primes sont généralement fixées pour toute la durée du contrat, ce qui permet aux assurés de bénéficier d'une certaine stabilité en termes de coûts et d'éviter les fluctuations annuelles. Les contrats multiyear sont souvent utilisés pour les risques à long terme tels que l'assurance vie, l'assurance maladie ou l'assurance invalidité.

Adaptation :

Pour pallier ce problème nous avons décidé d'introduire une seconde *Table Futur*.

La première sera destinée aux charges sinistres de survenance N et la seconde aux charges sinistre de survenance >N.

Taux d'écoulement N	1	2	3	4
Période de projection (en mois)	9	21	33	45
Taux d'écoulement >N	1	2	3	4
Période de projection (en mois)	12	24	36	48

Figure 14 : Période de projection des taux d'écoulement « Table Futur N » et « Table Futur >N »

Avec l'ajout d'une Table Futur >N, les taux d'écoulement relatifs aux survenances >N correspondent bien à la bonne période de projection.

Année	N(Q1)	N+1	N+2	N+3
Surv				
N	Taux d'écoulement N 1	Taux d'écoulement N 2	Taux d'écoulement N 3	Taux d'écoulement N 4
N+1		Taux d'écoulement >N 1	Taux d'écoulement >N 2	Taux d'écoulement >N 3
N+2			Taux d'écoulement >N 1	Taux d'écoulement >N 2

Figure 15 : Répartition des taux d'écoulement en fonction de l'année de projection et de la survenance

Comme on peut le voir ci-dessus, les taux d'écoulements attribués aux survenances >N sont bien déterminés avec une période de projection de 12mois.

2.2.3.2. Adaptation des taux d'écoulements

La seule modification du code qui sous-tend la modélisation dans Prophet n'est pas suffisante. Il faut également modifier les tables qu'on renseigne en entrée du modèle. Les tables d'hypothèses utilisées par Prophet étaient jusqu'alors pensées et construites en vue d'une projection annuelle. La plupart des tables ont pu être recyclées, mais nous avons dû modifier le processus de calcul qui sous-tend certaines tables, notamment celle concernant les taux d'écoulement

Les taux d'écoulement sont utilisés pour **écouler les prestations** relatives aux sinistres de survenance future et aux sinistres en stock.

Ces taux sont annuels et sont étalés sur une ou plusieurs années jusqu'à obtenir 100%, pour écouler la totalité de la prestation.

Les taux d'écoulement varient aussi selon le type de prestations : PSAP, PM, EVIN et SPE.

Méthode de calcul des taux d'écoulement trimestriels.

L'objectif est de mettre en œuvre une méthode de calcul des taux d'écoulement pour les trimestres intermédiaires reposant sur les taux d'écoulement d'une année complète N-1 (dit *Full Year N-1*, ou *FYN-1*).

Cela doit être fait tout en limitant la volatilité induite par un calcul de taux d'écoulement, et en assurant une cohérence entre le FY N-1 et les trimestres intermédiaires suivants.

Étape 1 : calcul d'un taux trimestriel brut sur la base de l'historique de sinistres.

Le taux trimestriel brut se calcule sur la base des données historiques des prestations spécifiques à chaque périmètre (méthode de calcul détaillée dans le cas pratique ci-après).

Les **taux trimestriels bruts** calculés sont répartis selon 4 survenances :

Surv 1T : taux pour le premier trimestre

Surv 2T : taux pour le second trimestre

Surv 3T : taux pour le troisième trimestre

Surv 4T : taux pour le quatrième trimestre

Étape 2 : adaptation du taux trimestriel brut au taux d'écoulement FYN-1

Dans le but de garder une cohérence avec les taux d'écoulement de l'ouverture, le taux annuel obtenu en sommant les taux trimestriels est **adapté au taux annuel de l'année N-1**.

Cela permettra une meilleure **comparaison entre l'ouverture et la clôture**.

Surv 1T	Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8	
Surv 2T		Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8
Surv 3T			Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7 Tx_Trim8
Surv 4T				Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6 Tx_Trim7 Tx_Trim8
	Tx_1_Futur_FYN-1 (hors actu et frais)				Tx_2_Futur_FYN-1 (hors actu et frais)				Tx_3_Futur_FYN-1 (hors actu et frais)

Pour se faire, nous avons effectué un prorata pour ramener les taux trimestriels aux taux annuels, en conservant les mêmes proportions :

$$\frac{T_x \text{ trim} \times T_x \text{ annuel } FY_{n-1}}{\sum T_x \text{ trim de l'année}}$$

Étape 3 : calcul des taux d'écoulement à retenir pour le calcul des BE trimestriels

Surv 1T	Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8	
Surv 2T		Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8
Surv 3T			Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7 Tx_Trim8
Surv 4T				Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6 Tx_Trim7 Tx_Trim8
	Tx_Stock_survN_1TN_1				Tx_Stock_survN_1TN_2				

Figure 16 : Taux d'écoulement pour sinistres en stock de l'année N 1TN (premier trimestre de l'année N)

Surv 1T	Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8	
Surv 2T		Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8
Surv 3T			Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7 Tx_Trim8
Surv 4T				Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6 Tx_Trim7 Tx_Trim8
	Tx_Futur_survN_1TN_1				Tx_Futur_survN_1TN_2				Tx_Futur_survN_1TN_3

Figure 17 : Taux d'écoulement pour sinistres de survenance future de l'année 1TN

Surv 1T	Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8			
Surv 2T		Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8		
Surv 3T		Tx_Trim1		Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8	
Surv 4T		Tx_Trim1			Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8
		Tx_Stock_survN_2TN_1			Tx_Stock_survN_2TN_2				Tx_Stock_survN_2TN_3		

Surv 1T	Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8			
Surv 2T		Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8		
Surv 3T			Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8	
Surv 4T				Tx_Trim1	Tx_Trim2	Tx_Trim3	Tx_Trim4	Tx_Trim5	Tx_Trim6	Tx_Trim7	Tx_Trim8
		Tx_Futur_survN_2TN_1			Tx_Futur_survN_2TN_2				Tx_Futur_survN_2TN_3		

Pour les trimestres restants, la méthode utilisée est la même que celle ci-dessus.

Définition de l'incapacité et de l'invalidité

L'assuré social âgé de moins de 62 ans victime d'une réduction, supposée définitive, des deux tiers de sa capacité de ressources financières, c'est-à-dire hors d'état de se procurer un salaire supérieur au tiers de la rémunération normale de la profession qu'il exerçait est considéré comme étant **en état d'incapacité permanente (ou usuellement invalidité)**

- Les invalides de 1^{ère} catégorie : capables d'exercer une activité rémunérée
- Les invalides de 2^e catégorie : absolument incapables d'exercer une profession quelconque

- Les invalides de 3^e catégorie : dans l'obligation d'avoir recours à l'assistance d'une tierce personne pour effectuer les actes ordinaires de la vie.

Il est usuel de parler de risque arrêt de travail pour faire référence à ces deux risques, car il contraint d'arrêter partiellement ou définitivement l'exercice d'une activité professionnelle

Cas pratique

Etape 1 : Taux trimestriels bruts

Triangle d'écoulement des prestations trimestriels

Les prestations incapacité-invalidité sont issues d'un collecteur de données à la maille produit, année de survenance et mois et année de règlement. Les données concernent l'ensemble des prestations incapacité / invalidité versées depuis 2000 pour les survenances de 1940 à 2021. On peut donc construire un triangle d'écoulement des prestations trimestriels avec le mois et l'année de règlement.

2012 1T2012	8 158,59	826 500,62	2 009 557,62	2 481 431,54	2 263 675,09	1 217 590,40	1 232 637,37	1 001 076,80	1 117 579,50	743 241,08	676 897,24	561 409,50
2012 2T2012		836 208,07	1 868 365,10	2 375 440,55	1 287 572,10	1 319 603,57	850 159,41	850 275,51	925 552,39	508 587,85	470 377,15	484 603,79
2012 3T2012	35 967,68	926 201,95	2 154 463,80	1 760 591,23	2 066 864,12	1 128 724,69	949 240,26	745 616,19	536 322,77	854 334,55	580 384,65	415 129,41
2012 4T2012	48 592,85	1 270 845,97	1 921 987,01	2 290 743,82	1 633 951,66	1 600 250,98	891 956,79	749 847,08	727 403,53	643 920,35	584 217,37	529 096,58
2013 1T2013	43 079,28	899 030,62	2 214 513,05	2 396 558,34	2 226 545,72	1 152 899,78	929 703,50	1 025 903,89	814 938,36	774 480,57	541 613,96	770 854,37
2013 2T2013	92 127,24	1 108 024,72	1 968 977,75	2 238 798,46	1 601 022,72	1 295 480,41	1 122 289,70	1 108 702,24	699 766,12	584 266,49	579 098,64	490 095,33
2013 3T2013	46 571,71	1 256 839,59	2 337 658,37	2 199 657,42	1 628 949,02	1 218 173,93	1 128 803,86	968 189,21	751 472,82	837 053,87	704 172,69	699 250,34
2013 4T2013	37 122,84	1 552 001,58	2 613 498,53	2 619 974,69	1 808 343,23	1 291 059,65	1 282 551,63	843 114,56	910 802,91	776 848,91	1 251 181,69	582 004,78
2014 1T2014	27 046,16	1 106 593,18	2 660 350,03	2 923 837,42	2 158 996,38	1 336 296,51	1 334 330,62	1 364 913,35	835 507,21	942 577,87	579 274,18	521 349,59
2014 2T2014	42 180,73	1 131 467,33	2 439 570,52	2 421 734,02	1 592 112,36	1 366 017,47	1 152 718,92	896 466,66	839 825,64	602 995,33	597 616,49	615 783,19
2014 3T2014	7 689,41	717 505,54	1 941 968,05	2 281 698,35	1 702 477,70	1 491 128,01	873 559,79	1 105 066,26	746 602,23	664 777,43	799 666,54	521 295,42
2014 4T2014	4 320,82	835 218,38	2 400 938,22	2 133 793,54	1 793 754,10	1 449 797,26	1 123 127,97	703 965,01	663 704,70	690 806,75	594 919,75	477 173,63
2015 1T2015	1 776,28	670 211,33	2 356 933,85	3 187 066,98	2 348 329,09	2 134 528,21	1 234 151,66	1 046 815,95	981 844,18	810 045,47	649 599,80	650 078,34
2015 2T2015	898,80	669 786,71	2 151 147,45	2 765 978,15	2 335 087,37	1 577 554,99	1 249 251,75	1 289 971,79	934 646,69	661 071,50	732 781,46	617 967,05
2015 3T2015	43 904,84	515 885,33	2 087 979,80	3 167 396,35	1 870 978,55	1 563 277,65	1 412 351,94	1 524 945,21	904 139,78	871 409,11	744 653,69	634 042,61
2015 4T2015	3 365,64	575 525,16	2 617 917,58	2 432 297,93	1 883 653,76	2 078 987,69	1 460 642,11	1 432 036,40	1 204 032,89	768 327,21	535 389,04	584 746,10
2016 1T2016	810,00	678 127,19	2 356 025,15	2 961 873,01	3 008 367,40	2 462 806,70	1 262 698,28	1 248 017,07	1 271 035,30	880 143,55	936 624,24	863 914,97
2016 2T2016	258,87	653 694,56	2 058 862,73	3 221 522,27	2 746 212,09	1 273 370,26	1 469 044,74	1 280 985,08	799 590,62	1 029 056,30	775 750,36	801 337,19
2016 3T2016	741,98	475 132,64	2 163 218,51	2 765 030,32	1 743 326,57	1 756 994,15	1 464 258,61	907 837,68	1 043 433,23	917 739,73	631 018,64	699 627,39
2016 4T2016	2 548,58	737 016,87	2 652 241,88	2 095 040,96	2 136 075,93	1 749 829,31	1 075 608,03	1 014 699,29	847 798,07	747 121,17	786 966,16	678 315,89
2017 1T2017	1 785,92	800 158,52	2 402 789,45	3 884 125,99	3 315 226,52	2 049 246,30	2 047 578,57	1 622 306,48	1 314 196,75	1 418 588,89	984 195,95	877 718,78
2017 2T2017	1 427,82	809 225,18	2 632 131,89	3 783 841,09	2 313 002,77	2 314 980,23	1 485 207,65	1 214 344,94	1 044 150,23	970 430,21	811 102,19	910 847,79
2017 3T2017	7 065,84	448 221,35	2 421 054,10	2 834 042,65	2 687 391,99	2 221 654,46	1 405 901,33	1 346 452,65	1 159 537,31	1 421 067,23	979 760,63	799 415,30
2017 4T2017	482,96	712 633,65	2 416 617,74	3 458 947,73	2 769 134,17	1 872 526,91	1 313 858,42	1 233 296,63	976 343,63	862 542,97	660 998,00	699 758,69
2018 1T2018	27 275,72	528 959,41	3 111 019,26	4 073 417,86	3 202 958,97	2 465 791,14	1 860 905,85	1 407 729,24	1 536 475,04	785 187,59	809 373,35	707 042,38
2018 2T2018	22 776,22	758 457,26	2 987 412,31	3 980 837,11	3 218 383,79	2 427 102,78	1 909 747,58	1 643 536,01	1 135 404,35	1 194 784,75	899 295,80	
2018 3T2018	11 681,90	644 880,75	2 361 999,66	3 956 417,90	3 014 457,85	2 377 841,91	1 920 050,25	1 344 015,79	1 234 712,11	909 465,58		
2018 4T2018	1 201,98	838 704,11	2 266 568,24	3 624 519,44	2 851 373,68	2 387 767,94	1 706 604,63	1 518 070,04	1 057 173,88			

Figure 20 : Triangle d'écoulement des prestations trimestriels

Détermination des coefficients Chain Ladder

On applique la méthode classique Chain ladder pour chaque trimestre de survenance (1T,2T,3T et 4T).

On obtient des coefficients de développement pour chaque trimestre de survenance.

Trimestre paiement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1T	33,22	3,12	1,19	0,87	0,70	0,81	0,83	0,87	0,79	0,95	0,91
2T	38,15	2,86	1,18	0,74	0,78	0,84	0,89	0,75	0,94	0,96	0,95
3T	36,54	2,89	1,13	0,79	0,80	0,86	0,79	0,87	0,98	0,86	0,84
4T	28,11	2,50	1,04	0,82	0,81	0,72	0,90	0,90	0,87	0,88	0,91
All	33,16	2,84	1,14	0,81	0,77	0,81	0,85	0,85	0,89	0,92	0,90

Figure 21 : Coefficient Chain Ladder

Triangle projeté

En déroulant la méthode du Chain Ladder on obtient le triangle des prestations trimestriels projeté.

2011 4T2011	101 149,73	1 195 715,16	1 667 574,33	2 178 005,22	1 630 425,89	1 448 756,42	827 982,07
2012 1T2012	8 158,59	826 500,62	2 009 557,62	2 481 431,54	2 263 675,09	1 217 590,40	1 232 637,37
2012 2T2012	0,00	836 208,07	1 868 365,10	2 375 440,55	1 287 572,10	1 319 603,57	850 159,41
2012 3T2012	35 967,68	926 201,95	2 154 463,80	1 760 591,23	2 066 864,12	1 128 724,69	949 240,26
2012 4T2012	48 592,85	1 270 845,97	1 921 987,01	2 290 743,82	1 633 951,66	1 600 250,98	891 956,79
2013 1T2013	43 079,28	899 030,62	2 214 513,05	2 396 558,34	2 226 545,72	1 152 899,78	929 703,50
2013 2T2013	92 127,24	1 108 024,72	1 968 977,75	2 238 798,46	1 601 022,72	1 295 480,41	1 122 289,70
2013 3T2013	46 571,71	1 256 839,59	2 337 658,37	2 199 657,42	1 628 949,02	1 218 173,93	1 128 803,86
2013 4T2013	37 122,84	1 552 001,58	2 613 498,53	2 619 974,69	1 808 343,23	1 291 059,65	1 282 551,63
2014 1T2014	30 376,80	1 242 866,41	2 986 335,87	3 279 130,94	2 424 621,82	1 496 054,58	1 491 235,18
2014 2T2014	47 375,15	1 270 770,20	2 738 951,06	2 721 447,97	1 787 805,18	1 529 748,97	1 286 484,19
2014 3T2014	8 636,34	805 659,55	2 184 527,37	2 563 610,55	1 910 758,64	1 671 137,14	979 222,08
2014 4T2014	4 852,92	939 480,26	2 701 632,93	2 399 755,84	2 013 159,70	1 634 262,43	1 259 584,67
2015 1T2015	1 952,45	761 812,09	2 681 049,75	3 620 709,15	2 655 857,24	2 415 096,33	1 387 201,77
2015 2T2015	898,80	761 145,11	2 445 175,26	3 136 244,07	2 643 477,09	1 772 890,28	1 404 635,05
2015 3T2015	49 951,62	586 852,25	2 370 108,66	3 591 781,84	2 118 233,80	1 756 501,40	1 598 844,22
2015 4T2015	3 829,17	651 258,01	2 970 361,36	2 754 239,22	2 128 389,43	2 363 893,79	1 648 369,04
2016 1T2016	919,23	768 962,74	2 670 177,21	3 357 897,63	3 405 405,89	2 782 093,20	1 413 558,13
2016 2T2016	293,78	741 249,86	2 334 964,78	3 655 333,50	3 114 208,98	1 435 723,31	1 656 158,79
2016 3T2016	842,03	537 906,30	2 455 761,24	3 139 088,18	1 970 718,92	1 986 600,88	1 640 457,34
2016 4T2016	2 892,25	837 622,78	3 012 217,12	2 377 554,52	2 421 539,87	1 964 454,54	1 195 129,54
2017 1T2017	2 045,42	916 423,31	2 750 919,53	4 444 653,47	3 764 704,70	2 315 956,04	2 305 598,42
2017 2T2017	1 635,28	926 807,37	3 013 054,27	4 296 471,46	2 620 769,63	2 624 425,00	1 678 273,57
2017 3T2017	8 092,52	513 348,89	2 752 264,31	3 214 896,89	3 044 627,13	2 509 237,59	1 569 906,73
2017 4T2017	553,14	810 346,89	2 745 934,00	3 931 753,26	3 143 589,83	2 103 836,10	1 473 605,54
2018 1T2018	31 067,48	610 788,57	3 603 208,59	4 716 450,53	3 625 498,88	2 788 267,05	2 088 764,81
2018 2T2018	26 395,49	876 858,83	3 460 765,87	4 512 491,13	3 645 449,53	2 746 371,18	2 143 973,16
2018 3T2018	13 432,82	747 145,14	2 678 725,09	4 486 898,61	3 415 320,14	2 691 372,83	2 181 844,78
2018 4T2018	1 392,98	950 799,84	3 703 767,05	4 106 374,54	3 229 210,00	2 731 161,77	1 937 608,62
2019 1T2019	5 069,20	781 938,42	4 457 025,47	5 406 267,93	4 742 343,35	2 945 762,43	2 657 567,58
2019 2T2019	0,00	853 488,35	4 250 070,21	5 608 411,47	3 641 655,11	3 221 964,52	2 379 784,99
2019 3T2019	2 223,03	896 725,64	4 318 389,31	4 199 959,56	3 610 831,05	2 576 868,19	2 206 003,29
2019 4T2019	34 513,99	1 627 723,87	4 735 415,26	4 928 075,44	3 878 482,37	3 188 144,54	2 286 592,37
2020 1T2020	12 181,69	1 139 525,14	5 617 698,44	6 412 412,80	5 580 903,89	3 924 016,97	3 151 555,62
2020 2T2020	7 200,35	286 413,85	3 182 179,12	3 744 708,40	2 760 660,10	2 148 617,50	1 787 468,28
2020 3T2020	-24 311,99	1 066 511,93	3 111 824,53	3 558 142,28	2 793 692,68	2 245 635,02	1 895 776,11
2020 4T2020	11 818,36	456 868,45	1 290 843,58	1 338 613,47	1 089 717,24	896 765,27	628 034,47

Figure 21 : Triangle des prestations trimestriels projeté

On cherche maintenant, à partir de ce triangle projeté, à déduire l'écoulement des prestations par trimestre de survenance.

Pour ça on utilisera les prestations des années 2015 à 2019.

On va déterminer le taux d'écoulement des prestations de l'année 2015 à l'année 2019 comprise. Pour cela, on prendra le quotient de la somme des prestations payées pour le trimestre de développement j et de la somme des prestations réglés sur l'ensemble des trimestres de développement.

Exemple pour la première année de développement :

1T 2015 à 4T 2019	
Somme des prestations de tous les trimestres de développement	811 020 551,65
Somme des prestations du premier trimestre de développement	188 000,68
Taux d'écoulement première année	0,023%

En appliquant la même méthode sur les autres années on obtient les taux trimestriels brut pour la garantie Incap/Inval.

		1	2	3	4	5	6	>=7
Tx trimestre brut	100,00%	0,023%	1,99%	7,82%	9,80%	7,75%	6,03%	66,59%

La somme de tous ces taux d'écoulement doit être égale à 100%, pour écouler la totalité des prestations.

		1	2	3	4	5	6	>=7
T1	25,00%	0,006%	0,50%	1,95%	2,45%	1,94%	1,51%	16,65%
T2	25,00%		0,006%	0,50%	1,95%	2,45%	1,94%	18,15%
T3	25,00%			0,006%	0,50%	1,95%	2,45%	20,09%
T4	25,00%				0,006%	0,50%	1,95%	22,54%

Dans le tableau ci-dessus on répartit les taux trimestriels bruts par survenance.

$$0.023\% = 4 \times 0,006\%$$

Etape 2 : Adaptation au taux du T4 de l'année N-1.

		1	2	3	4	5	6	>=7
Taux annuel brut	100,00%	7,88%	27,27%	13,66%	7,77%	5,25%	4,48%	33,69%

Ici on somme les taux trimestriels répartis par survenance pour obtenir les taux annuels. Donc pour la première année on somme les taux trimestriels des 4 premiers trimestres.

		1	2	3	4	5	6	>=7
Taux annuel brut N-1	100,00%	8,05%	27,33%	13,48%	7,42%	5,16%	4,63%	33,93%

On a ci-dessus les taux annuels bruts au T4 2021.

		1	2	3	4	5	6	>=7
Tx trimestriel obtenu	100,00%	0,02%	2,04%	7,99%	10,02%	7,65%	5,96%	66,33%

En faisant converger les taux trimestriels bruts Incap/Inval vers les taux T4 2021 on obtient les taux trimestriels ci-dessus.

Ce graphique compare les taux trimestriels bruts et les nouveaux taux trimestriels obtenu après adaptation aux taux annuels 2021.

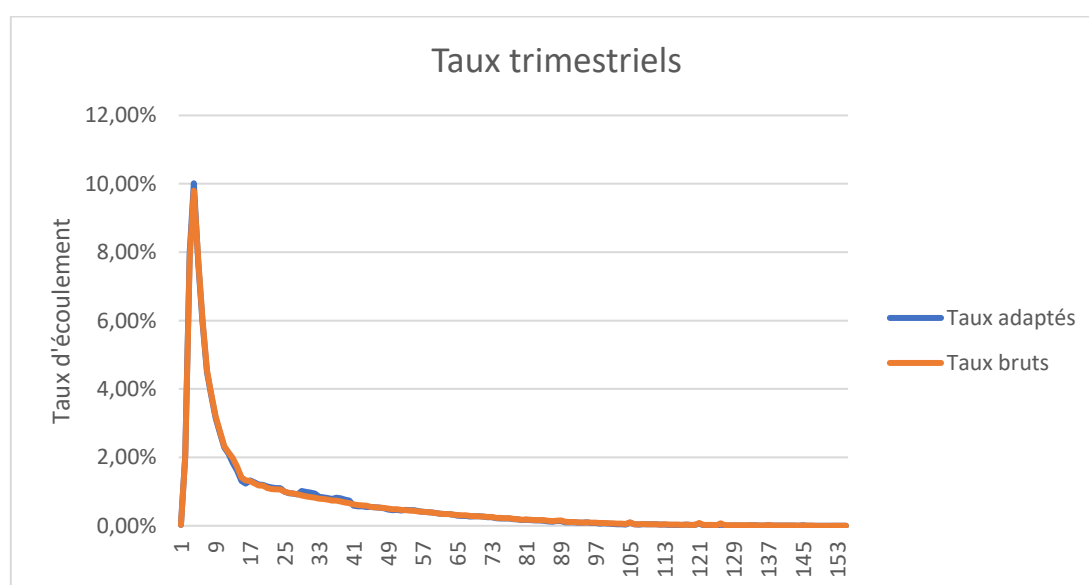


Figure 22 : Comparaison des taux trimestriels brut et des nouveaux taux trimestriels obtenus après adaptation aux taux annuels 2021

Les courbes sont sensiblement identiques. Cela confirme que les taux trimestriels calculés ont bien été adaptés aux taux annuels 2021.

Etape 3 : Taux d'écoulement à retenir pour le calcul du BE trimestriel

Pour les sinistres en stock :

		2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Stock Survenance 2022 / BE T1	100,00%	20,05%	21,92%	10,29%	5,99%	5,00%	4,47%	3,80%	3,93%
Stock Survenance 2022 / BE T2	100,00%	14,16%	25,28%	11,26%	6,50%	5,06%	4,57%	3,93%	3,95%
Stock Survenance 2022 / BE T3	100,00%	6,96%	28,36%	12,67%	7,20%	5,27%	4,76%	4,15%	4,06%

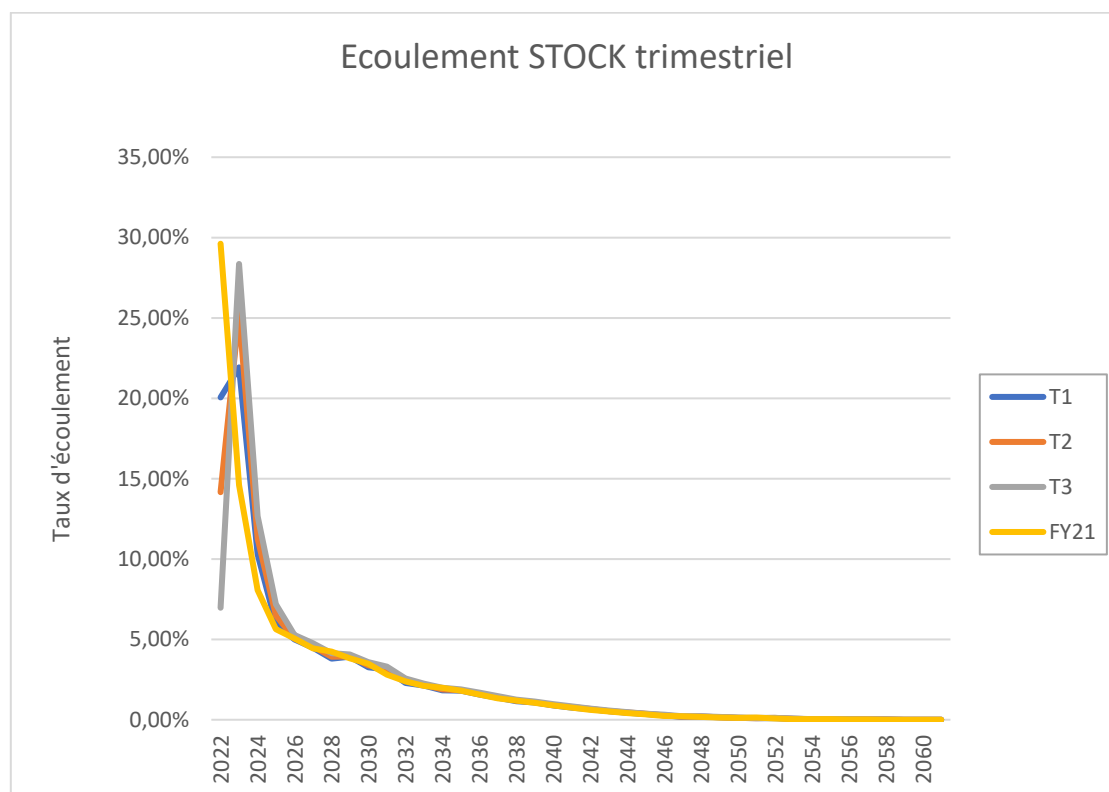


Figure 23 : Graphique de l'écoulement STOCK trimestriel

Les courbes trimestrielles des taux d'écoulement pour les sinistres en stock des survenances T1, T2, T3 ont la même tendance. Elles s'écoulent de la même manière que la courbe de l'année 2021.

Ce graphique confirme bien la cohérence que l'on cherchait à faire apparaître entre les trimestres intermédiaires 2022 et l'année 2021.

Pour les sinistres de survenance future :

		2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Futur Survenance 2022 / BE T1	100,00%	4,04%	29,14%	14,54%	7,90%	5,22%	4,68%	4,15%	3,86%
Futur Survenance 2022 / BE T2	100,00%	1,04%	29,65%	15,81%	8,41%	5,31%	4,74%	4,24%	3,84%
Futur Survenance 2022 / BE T3	100,00%	0,02%	27,69%	17,42%	8,97%	5,49%	4,81%	4,32%	3,82%

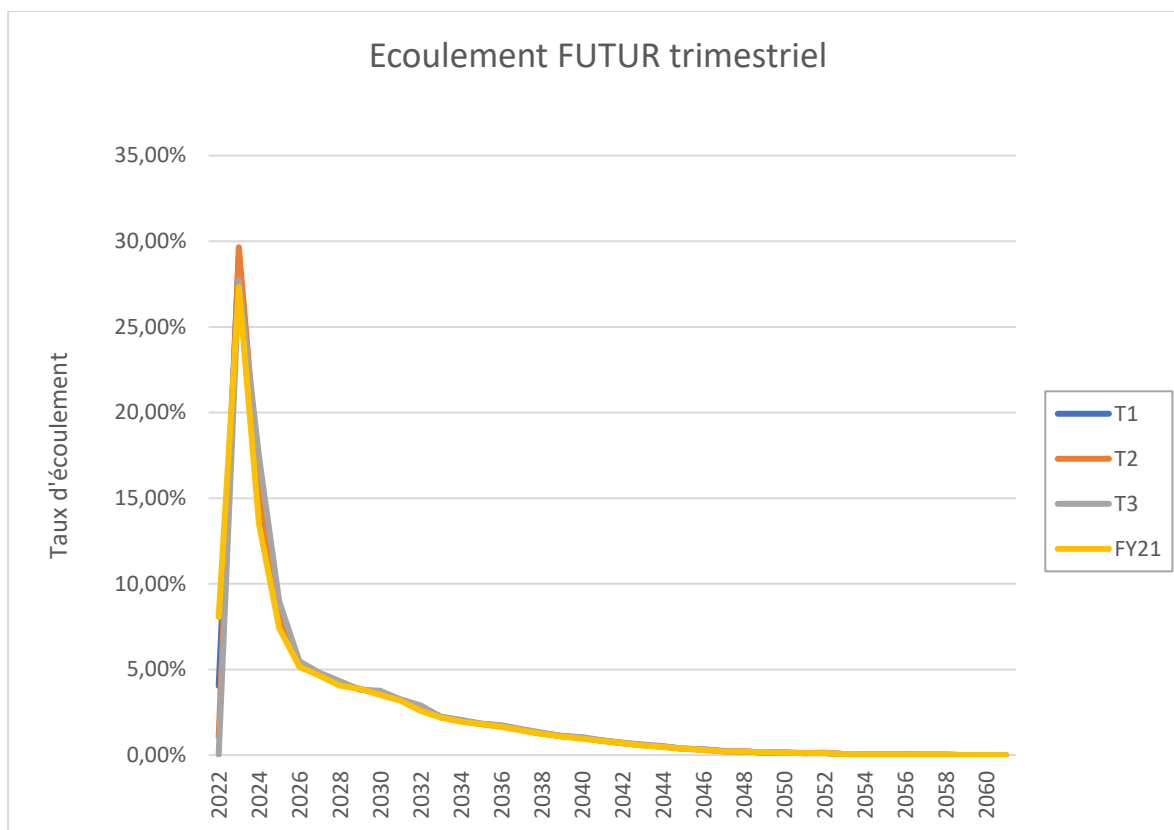


Figure 24 : Graphique Ecoulement FUTUR trimestriel

Les courbes trimestrielles des taux d'écoulement pour les sinistres futurs des survenances T1, T2, T3 sont sensiblement identiques. Elles s'écoulent de la même manière que la courbe de l'année 2021.

Ce graphique confirme bien la cohérence que l'on cherchait à faire apparaître entre les trimestres intermédiaires 2022 et l'année 2021.

3. Amélioration du provisionnement IFRS 17

La partie précédente du mémoire a cherché à assurer un passage des comptes annuels vers les comptes trimestriels. L'objectif de cette dernière partie était opérationnel : pouvoir faire des comptes en vision trimestriels qui soient justes, sincères et auditable. Calculer une provision dont le montant soit juste et s'écoule correctement dans les modèles actuariels.

Néanmoins, aujourd'hui, sous la norme IFRS 4, les acteurs de la prévoyance santé ont la possibilité de piloter la gestion des provisions, pour anticiper par exemple un environnement incertain dans les années futures. En assurance, afin de garantir une stabilité dans les résultats sur plusieurs années, quels que soient les risques, des marges de prudence sont incluses lors du calcul des provisions. Ces marges permettent de lisser les résultats, et d'assurer une continuité de la rentabilité de l'activité d'assureur. Si ce pilotage est simple en IFRS 4, via l'application d'une surcote de marges dans les provisions, il devient nettement plus complexe en IFRS 17, où les provisions sont censées être « Best Estimate », épurées de toute marge.

Les provisions techniques comptables (vision IFRS 4) contiennent un certain nombre de marges que ne contiennent pas les provisions techniques économiques utilisées pour IFRS17.

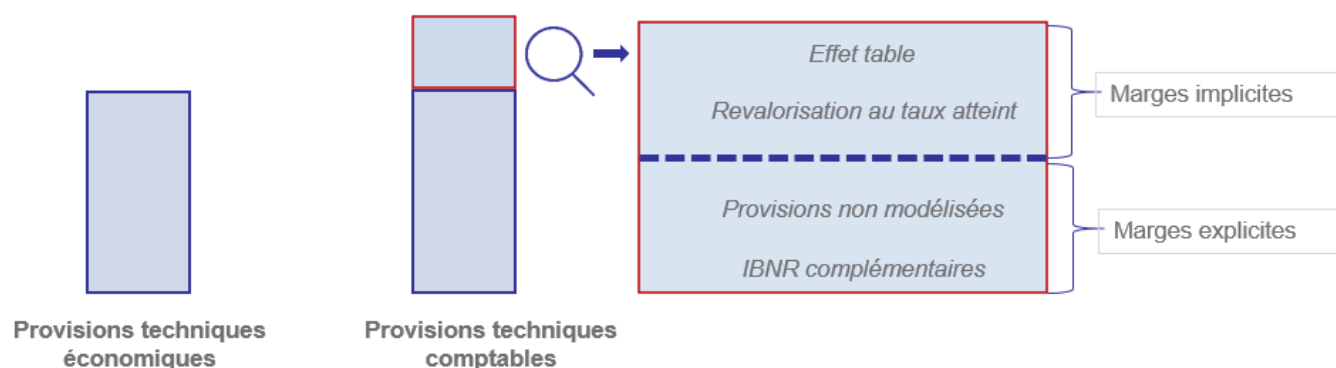


Figure 25 : Schéma Provisions techniques économiques et provisions techniques comptables.

Les différentes marges :

IBNR complémentaires : Les PT comptables incluent des IBNR complémentaires, qui permettent un certain pilotage du résultat, que ne contiennent pas les PT économiques.

Effet table : Les PT comptables sont calculées avec des tables réglementaires alors que les PT économiques sont calculées avec des tables d'expérience.

Revalorisation : Les PT comptables sont revalorisées au niveau atteint alors que les PT économiques prennent en compte les revalorisations futures.

Provisions non modélisées : Provision pour Risque Croissant, Garantie Perte Emploi non contractuelle ...

Dans cette troisième et dernière partie, nous cherchons donc à aller au-delà du simple établissement des comptes. En IFRS 17, quels leviers de pilotage sont possibles, notamment pour anticiper des incertitudes politiques, sociales ou sanitaires ? La récente pandémie de Covid 19, ou la difficile mise en place de la réforme des retraites nous montrent la nécessité de chercher des solutions de manœuvre. Ces solutions devront être établies en accord avec les commissaires aux comptes.

Cette dernière partie, nous commencerons par présenter le provisionnement de la garantie incapacité / invalidité, puis nous explorerons des méthodes déterministes et stochastiques pour déterminer des provisions incluant des marges de prudence.

3.1. Provisionnement de la garantie incapacité et invalidité

3.1.1. Provisionnement

Différents éléments font que l'assureur peut ne pas connaître directement le coût final d'un sinistre au moment de la déclaration du sinistre : l'estimation de la charge ultime peut évoluer dans le temps, le dossier du sinistre peut être rouvert, l'expertise du coût du sinistre peut durer longtemps, la durée de versement d'une prestation peut être incertaine... Tous ces éléments peuvent entraîner plusieurs flux de règlements et rendent incertain le coût total du sinistre et le calcul des provisions. Les provisions représentent l'espérance de la fraction du coût total qu'il reste à régler au moment de l'inventaire à laquelle s'ajoute une marge pour risque. Les incertitudes dans le calcul des provisions proviennent de la non-connaissance du montant final payé, et des dates de paiement. D'autres éléments extérieurs ont également une influence sur le montant final provisionné : des changements de politique de souscription, des modifications de la gestion des sinistres, l'inflation, des évolutions réglementaires... Selon la description de la vie d'un sinistre et la date d'inventaire, on peut proposer de différencier trois catégories de sinistres, qui vont nécessiter des approches différentes du fait d'une information disponible spécifique à chaque catégorie :

- Les sinistres survenus et déclarés : la date de déclaration est antérieure à la date d'inventaire.
- Les sinistres survenus mais non déclarés : la date de d'inventaire est entre la date de survenance et la date de déclaration (IBNR : Incurred But Not Reported).

- Les sinistres non encore survenus : la date d'inventaire est antérieure à la date de survenance, l'assureur ayant par ailleurs déjà encaissé la prime pour la période correspondante.

3.1.2. Les différentes provisions à calculer

Les provisions représentent une part importante du passif au bilan de l'assureur. Elles sont la contrepartie en capital des engagements de prestations futures envers les assurés. On peut mesurer l'activité d'un assureur avec son chiffre d'affaires mais aussi avec le volume de provisions au bilan (particulièrement pour les branches longues comme l'incapacité et l'invalidité). Les prestations futures ont un caractère aléatoire et il n'existe pas une méthode universelle de détermination du montant des provisions. On peut définir formellement les provisions comme la somme des espérances des coûts futurs et d'une marge de prudence. La marge peut être incluse ou non dans le montant de provisions et permet de couvrir les engagements envers les assurés, les années comprenant des sinistres extrêmes. Les provisions sont calculées brutes de réassurance et nettes de recours (Art. R. 331-1 du Code des Assurances).

Les provisions sur les sinistres comportent les montants à mettre en réserve pour couvrir les prestations mais également tous les éléments qui sont liés aux sinistres comme les frais de gestion, les sinistres exceptionnels et les recours. Les provisions sont calculées au moins à chaque inventaire. L'ensemble des provisions que doit calculer un assureur dans son bilan sont décrites dans le Code des Assurances (R 331-6 du Code des Assurances.).

Dans la suite de ce mémoire, nous allons nous intéresser principalement aux Provisions pour Sinistres à Payer (PSAP). La PSAP est la provision principale d'un assureur, elle représente le montant des dépenses nécessaires (frais et montants payés à l'assuré) aux règlements complets des sinistres connus et restant à payer à la date de clôture.

La PSAP correspond à la différence entre le montant ultime calculé par année de survenance moins le montant de prestations déjà réglées.

$$PSAP = Charge\ Ultime - Prestations\ réglées$$

Si on exprime les prestations par année de survenance en fonction des années de développement on a :

		Délai de règlement							
Année d'origine	0	1	...	j	...	$n-i$	...	$n-1$	n
0	C_{00}	C_{01}	...	C_{0j}	...	...	...	$C_{0,n-1}$	C_{0n}
1	C_{10}	C_{11}	...	C_{1j}	...	...	...	$C_{1,n-1}$	
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$		$\vdots$			
i	...	...	...	C_{ij}	...	$C_{i,n-i}$			
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$					
$\vdots$	...	...	...	$C_{n-j,j}$					
$\vdots$									
$n-1$	$C_{n-1,0}$	$C_{n-1,1}$							
n	$C_{n,0}$								

La dernière diagonale comprend tous les règlements cumulés déjà payés à la date d'arrêt comptable.

$i \backslash j$	0	1	...	j	...	$n-1$	n
0	$C_{0,0}$	$C_{0,1}$	...	$C_{0,j}$	...	$C_{0,n-1}$	$C_{0,n}$
1	$C_{1,0}$	$C_{1,1}$	...	$C_{0,0}$	...	$C_{1,n-1}$	$C_{1,n-1}^*$
$\vdots$	...	...	...	...	...	...	...
i	$C_{i,0}$	$C_{i,1}$	...	$C_{i,j}$	$C_{i,j+1}^*$	...	$C_{i,n}^*$
$\vdots$	...	...	...	...	...	...	...
$n-1$	$C_{n-1,0}$	$C_{n-1,1}$	$C_{n-1,2}^*$	...	...	...	$C_{n-1,n}^*$
n	$C_{n,0}$	$C_{n,1}^*$	...	...	...	...	$C_{n,n}^*$

La dernière colonne correspond à la charge ultime pour chaque année de survenance.

Enfin le montant des PSAP peut être dissocié entre le montant pour les sinistres connus et le montant pour les IBNR.

Les IBNR correspondent aux sinistres qui sont déjà survenus, mais dont lesquels l'assureur n'a pas encore connaissance.

$$PSAP = Provisions\ pour\ sinistres\ connus + IBNR$$

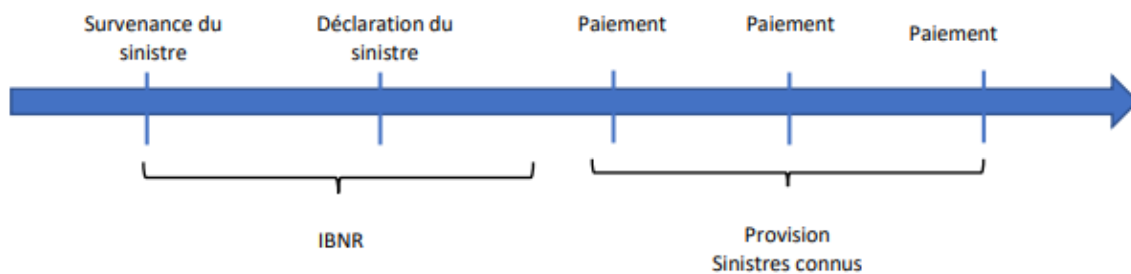


Figure 26 : Schéma des différentes provisions de sinistres

3.2. Méthodes déterministes

Les méthodes déterministes reposent sur la stabilité des cadences de règlements et du délai entre la survenance du sinistre et le début du règlement quel que soit l'année de survenance. Ces méthodes utilisent les cadences de règlements passés pour estimer la charge ultime des sinistres. Ces méthodes sont difficilement applicables en cas de changement de réglementation, de modification des garanties des contrats et plus généralement en cas d'un changement de gestion des sinistres.

3.2.1. Chain Ladder

3.2.1.1. Principe

La Chain Ladder (CL) est la méthode de provisionnement la plus connue et la répandue sur le marché de l'assurance non-vie. Elle permet d'estimer les sinistres survenus mais non encore déclarés et de projeter des valeurs observées jusqu'à la fin de tous mouvements des sinistres, c'est-à-dire jusqu'à l'ultime. L'idée de base repose sur l'usage de facteurs de développement déjà définis et ce, dans le but de prédire les données futures manquantes en ne se référant qu'à celles déjà observées. L'hypothèse principale de cette méthode est que les modèles d'évolution des pertes historiques sont indicatifs des modèles d'évolution des pertes futures. In fine, les provisions de sinistres sont déduites des ultimes et des valeurs observées.

La méthode Chain Ladder présente de nombreux atouts :

- Elle est facilement paramétrable. Elle permet de respecter les hypothèses sous-jacentes à la méthode dans de nombreux cas de figure
- Elle permet d'obtenir des résultats par année de rattachement (survenance, souscription) nécessaires pour remplir les états réglementaires et répondre aux contraintes fiscales
- Elle est très largement utilisée à l'international, les groupes multinationaux peuvent ainsi facilement comparer les calculs d'une filiale à une autre

- Elle peut s'appliquer à de nombreux types de données : règlements, charges sinistres, recours, nombres de sinistres, coûts moyens de sinistre, etc. Dans tous ces cas, l'objectif est de déterminer les valeurs ultimes à partir des valeurs observées.

3.2.1.2. Méthode

Le Chain Ladder repose sur l'utilisation de triangles de développement. Ces triangles reflètent la dynamique des sinistres et les données qui y sont incorporées peuvent être de différentes natures : paiements, charges, nombre de sinistres...

Soit :

- $i \in [0, n]$ L'année de survenance du sinistre
- $j \in [0, n]$ L'année de développement du sinistre
- $Y_{i,j,k}$ Les paiements réglés durant l'année de développement j pour le k -ième sinistre survenu l'année i
- $X_{i,j} = \sum Y_{i,j,k}$ Le cumul des paiements réglés durant l'année de développement j pour les sinistres survenus l'année i .

On considère que l'année n désigne la dernière année d'observation. Ainsi, pour un sinistre survenu en année i , on observe le développement jusqu'en année $j = n - i$. On obtient ainsi un triangle de développement :

Année d'origine	Délai de règlement								
	0	1	...	j	...	$n - i$	...	$n - 1$	n
0	x_{00}	x_{01}	...	x_{0j}	...	...	...	$x_{0,n-1}$	x_{0n}
1	x_{10}	x_{11}	...	x_{1j}	...	...	...	$x_{1,n-1}$	
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$		$\vdots$			
i	...	...	...	x_{ij}	...	$x_{i,n-i}$			
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$					
$\vdots$	...	...	...	$x_{n-j,j}$					
$\vdots$									
$n - 1$	$x_{n-1,0}$	$x_{n-1,1}$							
n	$x_{n,0}$								

Figure 27 : Triangle de développement théorique

Soit $C_{i,j}$ les paiements cumulés :

$$C_{i,j} = \sum_i^j X_{i,j}$$

Ce montant correspond à la somme des paiements cumulés entre l'année de survenance i et l'année de développement j .

On obtient le triangle des paiements cumulés :

Année d'origine	Délai de règlement								
	0	1	...	j	...	$n-i$	...	$n-1$	n
0	C_{00}	C_{01}	...	C_{0j}	...	...	...	$C_{0,n-1}$	C_{0n}
1	C_{10}	C_{11}	...	C_{1j}	...	...	...	$C_{1,n-1}$	
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$		$\vdots$			
i	...	...	...	C_{ij}	...	$C_{i,n-i}$			
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$					
$\vdots$	...	...	...	$C_{n-j,j}$					
$\vdots$									
$n-1$	$C_{n-1,0}$	$C_{n-1,1}$							
n	$C_{n,0}$								

Figure 28 : Triangle cumulé théorique

Soit λ_j le coefficient de développement :

$$\lambda_j = \frac{\sum_{i=0}^{n-j-1} C_{i,j+1}}{\sum_{i=0}^{n-j-1} C_{i,j}} \quad j = 0, \dots, n-1$$

Ce coefficient de développement est un coefficient de passage, d'une année à l'autre, commun pour les années de survenance, et dont l'estimation est donnée par la formule ci-dessus.

À partir des coefficients de développement, nous pouvons compléter la partie inférieure du triangle en se servant de l'expression suivante :

$$\hat{C}_{i,j} = \prod_{k=j-1}^{n-i} \lambda_k \times C_{i,n-i}$$

On peut donc compléter le triangle grâce aux $\hat{C}_{i,j}$.

On obtient ainsi les réserves à l'ultime pour l'année de survenance i :

$$R_i = \hat{C}_{i,n} - C_{i,n-1}$$

On obtient finalement le triangle complété des paiements cumulés et les provisions estimées en colonne R_i :

$i \backslash j$	0	1	...	j	...	$n-1$	n	R_i^*
0	$C_{0,0}$	$C_{0,1}$	...	$C_{0,j}$	...	$C_{0,n-1}$	$C_{0,n}$	0
1	$C_{1,0}$	$C_{1,1}$	...	$C_{1,j}$	...	$C_{1,n-1}$	$C_{1,n}^*$	$C_{1,n}^* - C_{1,n-1}$
$\vdots$	...	...	...	...	...	...	...	...
i	$C_{i,0}$	$C_{i,1}$	...	$C_{i,j}$	$C_{i,j+1}^*$	...	$C_{i,n}^*$	$C_{i,n}^* - C_{i,j}$
$\vdots$	...	...	...	...	...	...	...	...
$n-1$	$C_{n-1,0}$	$C_{n-1,1}$	$C_{n-1,2}^*$	...	...	...	$C_{n-1,n}^*$	$C_{n-1,n}^* - C_{n-1,1}$
n	$C_{n,0}$	$C_{n,1}^*$	...	...	...	...	$C_{n,n}^*$	$C_{n,n}^* - C_{n,0}$

Figure 29 : Triangle projeté théorique et provisions estimées

3.2.1.3. Les hypothèses du modèle

(H1) : Les années de survenance sont indépendantes entre elles :

$$\forall i \neq k, \quad 0 \leq i, k \leq n \quad [C_{i,1} \dots C_{i,n}] \text{ et } [C_{k,1} \dots C_{k,n}] \text{ sont indépendants}$$

(H2) : Les années de développement sont les variables explicatives du comportement des sinistres :

$$\exists \lambda_1 \dots \lambda_{n-1} > 0, \quad 0 \leq i \leq n, \quad 0 \leq j \leq n-1, \quad C_{i,j+1} = C_{i,j} \times \lambda_j$$

La validation des hypothèses ci-dessus est présentée en [Annexe 1](#) et [Annexe 2](#).

3.2.2. Construction du triangle de prestations Incapacité/Invalidité

Nous allons décrire la méthode utilisée pour l'estimations des provisions économiques pour la garantie incapacité-invalidité (arrêt de travail) chez Generali aujourd'hui. Il s'agit pour l'instant de répliquer le calcul de la provision sans marge, en vision « *Best Estimate* », ou économique, effectué par l'entreprise.

3.2.2.1. Périmètre

Le portefeuille considéré pour les calculs est composé de contrats de prévoyance collective. Ces portefeuilles concernent les petites, moyennes et grandes entreprises. Le collectif se décline en 3 portefeuilles distincts :

- >300 : plus de 300 salariés
- 20-300 : entre 20 et 300 salariés
- Standard et 1-20 : moins de 20 salariés

3.2.2.2. Présentation de la méthode

La méthode retenue pour le calcul des provisions économiques sur le périmètre salarié, risque incapacité-invalidité est une méthode de triangulation appliquée aux prestations réglées.

La projection s'effectue sur un triangle des prestations incapacité / invalidité non cumulées par année de survenance et année de déroulé. Les prestations incapacité-invalidité sont issues d'un collecteur de données comptables (AVTColl) à la maille produit, année de survenance et date de règlement. Ces données concernent l'ensemble des prestations incapacité / invalidité versées depuis 2000 pour les survenances de 2000 à 2021.

Deux triangles sont faits à ce jour chez Generali, un à l'aide des données des produits >300 et 20/300 et un autre avec les prestations du Standard et 1/20. Dans ce mémoire, nous nous limiterons au périmètre des produits >300 et 20/300, qui est le plus volumineux et le plus stable.

3.2.2.3. Retraitement des données

Les données extraites et décrites précédemment ont fait l'objet de retraitements. En effet elles ne sont pas exploitables tel quel pour calculer des provisions économiques. Ces retraitements servent à obtenir un triangle historique de prestations stable, ils sont détaillés dans cette partie.

- **Entrées de portefeuille**

Une entrée de portefeuille correspond à la reprise par Generali de sinistres dont la survenance est antérieure à la date d'effet du contrat, suite à un transfert des provisions constituées par le précédent assureur.

Afin de ne pas biaiser la projection des prestations, les prestations relatives aux sinistres ayant fait l'objet d'une entrée de portefeuille sont exclues du triangle historique de prestations.

Les sinistres relatifs à une entrée de portefeuille ne font donc pas l'objet d'un calcul de provision économique : nous retenons pour ces sinistres les provisions comptables déterminées dans le cadre de l'arrêté des comptes du 4T2021.

- **Sorties de portefeuille**

Une sortie de portefeuille correspond à la reprise par un nouvel assureur des sinistres en cours indemnisés par Generali, suite à la résiliation d'un contrat : Generali procède alors à la clôture des dossiers sinistres et au transfert au nouvel assureur des provisions constituées.

Il est à noter que les montants des transferts de provisions sont comptabilisés en tant que prestations dans les systèmes de gestion.

Afin de ne pas biaiser la projection des prestations, les prestations relatives aux contrats ayant fait l'objet d'une sortie de portefeuille sont exclues du triangle historique de prestations.

- **Prestations liées à la Réforme des Retraites**

Avant promulgation de la loi du 9 Novembre 2010 portant réforme des retraites, les prestations invalidité relatives aux gammes >300 et 20/300 étaient versées au plus tard jusqu'au 60^{ème} anniversaire du salarié, date à laquelle la pension de retraite prenait le relais.

Suite à l'augmentation de l'âge légal de départ à la retraite, la durée d'indemnisation de l'invalidité est allongée : le versement des prestations invalidité peut être porté jusqu'au 62^{ème} anniversaire du salarié, en fonction de son année de naissance.

Afin de travailler sur un triangle historique homogène, les prestations relatives à la réforme des retraites ont été exclues du triangle historique de prestations.

Les **prestations relatives à la réforme des retraites** ont été déterminées de la façon suivante :

- Identification des prestations invalidité versées au titre d'une période postérieure à la date de promulgation de la loi (date de début de la période

indemnisée $\geq$ 09/11/2010) et après le 60^{ème} anniversaire du salarié (date de début de la période indemnisée $\geq$ date de naissance du salarié + 60 ans).

- Ces prestations sont ensuite déduites du triangle pour ne garder finalement que des prestations payées jusqu'au 60^{ème} anniversaire de la personne.

Les prestations payées au-delà du 60^{ème} anniversaire de l'assuré seront par la suite rajoutées à la charge ultime projetée à l'aide du triangle.

Concernant les **provisions relatives à la réforme des retraites** qui ne sont donc pas projetées dans le triangle, nous les obtenons de la façon suivante :

- Calcul de la provision invalidité et invalidité en attente avec les tables corrigées du BCAC 2013, avec un âge de fin de garantie fixé à 60 ans ;
- Calcul de la provision invalidité et invalidité en attente avec les tables du BCAC 2013, avec un âge de fin de garantie similaire à celui du calcul de provisions retenu lors du 4T2021
- Par différence entre les deux provisions calculées précédemment, on obtient les provisions relatives à la réforme des retraites à laquelle nous avons appliqué les coefficients de gestion aux deux dernières survenances afin de ne pas les surévaluer (afin de ne pas prendre en compte les dossiers ouverts à tort et qui ne donneront pas lieu à des paiements).
- Pour la survenance 2020, nous avons appliqué un abattement supplémentaire lié aux impacts COVID qui correspond à la part d'impacts COVID dans les prestations 2020 (cf. paragraphe Impacts COVID 19 pour le détail du calcul de ces impacts).

Ce tableau détaille le calcul réalisé pour obtenir les provisions relatives à la réforme des retraites qui ne sont pas incluses dans le triangle à injecter dans la charge ultime.

	Provisions y c réforme de retraite et age contractuel	Prov avant 60 ans	Provisions au dela de 60 ans	Coeff de gestion	Provisions au dela de 60 ans à injecter dans l'ultime
2000	19 454 936	13 161 029	6 293 908	100%	6 293 908
2001	7 901 946	5 805 155	2 096 791	100%	2 096 791
2002	7 329 441	5 325 104	2 004 337	100%	2 004 337
2003	7 252 562	4 846 645	2 405 917	100%	2 405 917
2004	9 485 040	7 045 461	2 439 579	100%	2 439 579
2005	10 939 411	8 077 881	2 861 530	100%	2 861 530
2006	15 420 213	11 215 606	4 204 607	100%	4 204 607
2007	15 670 001	11 895 178	3 774 823	100%	3 774 823
2008	20 090 291	15 459 523	4 630 768	100%	4 630 768
2009	23 890 289	18 691 919	5 198 369	100%	5 198 369
2010	26 709 573	20 805 747	5 903 826	100%	5 903 826
2011	32 607 825	25 358 937	7 248 888	100%	7 248 888
2012	39 137 822	30 667 415	8 470 406	100%	8 470 406
2013	43 578 497	34 384 936	9 193 561	100%	9 193 561
2014	56 051 723	44 563 985	11 487 738	100%	11 487 738
2015	68 094 137	53 315 051	14 779 085	100%	14 779 085
2016	88 282 763	67 256 142	21 026 620	100%	21 026 620
2017	118 459 223	95 288 674	23 170 548	100%	23 170 548
2018	150 061 573	121 323 213	28 738 360	71%	20 504 361
2019	141 619 456	114 982 565	26 636 891	73%	19 397 988
Total	902 036 721	709 470 167	192 566 554		177 093 651

Figure 30 : Provisions réforme des retraites à injecter in fine

- **Capitaux Invalidité**

Certains contrats prévoient le versement d'un capital et non d'une rente en cas d'invalidité.

Afin de ne pas biaiser le calcul des facteurs de développement, les prestations relatives à des capitaux invalidité sont exclues du triangle historique de prestations.

- **Impacts COVID 19**

Afin de pouvoir projeter l'année de survenance 2020, avec le contexte de la crise sanitaire COVID 19, nous avons considéré que les sinistres issus au COVID 19 seraient à 100% des incapacités donnant lieu à des prestations incapacité pour une durée limitée et sans suite d'invalidité. En partant de ce principe nous avons recalculé les nouvelles prestations 2020 en gardant le maximum des prestations sur les trois dernières années survenances (22 premiers mois comptables de chaque survenance). Nous les corrigeons ensuite de l'évolution du CA. Les prestations ainsi obtenues seront projetées à l'aide du triangle.

Une fois la charge ultime définie, nous rajoutons les prestations liées au COVID 19 (la différence entre les prestations constatées pour la survenance 2020 et les prestations recalculées et projetées dans le triangle pour la survenance 2020).

Mois de règlement	2017	2018	2019	2020	Ecart à injecter après projection retenu
1	-	-	36	-	-
2	2 045	55 734	5 033	6 450	-
3	126 089	138 552	87 852	194 543	50 239
4	167 635	276 827	209 544	620 149	331 830
5	624 405	198 879	499 793	774 667	124 340
6	1 271 876	1 063 870	1 709 796	3 039 443	1 258 665
7	986 302	1 878 580	2 277 959	3 182 517	809 989
8	1 485 707	1 549 624	1 322 250	1 895 705	281 749
9	1 832 384	2 981 922	2 910 082	4 095 061	989 344
10	3 826 457	3 427 864	4 818 024	4 581 242	-
11	2 341 474	2 517 658	2 846 954	3 323 477	358 333
12	5 342 031	4 476 423	6 744 964	8 930 226	1 905 245
13	3 544 877	4 035 257	5 932 095	4 790 876	-
14	3 071 674	3 326 470	3 620 010	4 351 168	580 874
15	4 830 044	5 680 346	7 107 670	7 824 130	421 386
16	3 441 287	5 206 910	5 762 850	6 327 270	325 176
17	2 736 333	3 740 165	2 658 336	4 400 662	505 225
18	4 832 537	5 331 253	6 851 348	6 517 415	-
19	4 256 396	4 329 175	5 291 381	4 240 399	-
20	3 015 516	2 729 779	2 357 630	1 179 220	-
21	3 902 130	3 662 703	4 040 994	7 015 674	-
22	3 510 387	4 254 091	4 156 224	4 777 422	-
TOTAL	55 147 587	60 862 082	71 210 824	8206771559%	7 942 394

Figure 31 : Prestations liées au COVID19

3.2.2.4. Construction du triangle

Chaque année de développement du triangle correspond aux prestations arrêtées à fin octobre de chaque année :

- 0 -> 30/10/N
- 1 -> 30/10/N+1
- 2 -> 30/10/N+2
- ...

Le déroulé s'arrêtera en 22^{ème} année ; 99,99% des prestations étant versées

	0	1	2	3	4	5	6
2000	7 270 739	17 501 293	10 123 018	6 874 744	4 823 495	4 150 328	3 696 591
2001	6 134 477	20 384 133	11 923 527	8 084 838	5 770 822	5 218 504	4 655 752
2002	6 815 490	22 055 335	11 935 265	7 935 990	6 093 694	4 750 835	4 063 922
2003	6 692 832	20 018 231	11 256 581	7 640 976	5 927 374	4 876 194	4 453 170
2004	4 889 098	17 821 745	10 725 217	6 927 912	5 692 725	5 147 097	4 224 285
2005	5 169 054	17 098 899	9 948 664	7 356 030	5 912 286	5 244 039	4 426 384
2006	5 632 386	17 807 951	11 553 448	8 329 518	6 056 311	4 895 777	4 644 041
2007	5 543 027	20 105 099	11 648 776	7 620 116	5 864 382	4 941 808	4 680 461
2008	6 315 484	23 255 988	12 321 598	8 042 913	6 086 303	5 546 591	4 861 463
2009	7 884 914	22 376 968	11 071 820	7 184 675	5 369 240	4 946 658	3 958 637
2010	7 709 651	22 217 369	13 196 436	8 199 299	5 991 185	5 021 715	4 436 381
2011	7 371 604	23 562 695	12 542 521	8 282 524	5 736 592	4 599 990	3 927 318
2012	7 776 432	26 106 214	13 364 468	7 878 489	5 994 221	4 485 740	4 546 927
2013	8 174 180	28 648 623	13 830 914	9 865 093	6 191 284	5 406 086	5 306 658
2014	9 678 198	26 823 920	14 587 794	8 913 690	6 154 863	5 582 497	4 784 759
2015	7 481 015	31 739 619	18 207 285	9 282 177	7 106 073	5 589 952	5 139 855
2016	7 497 316	32 844 236	17 761 998	10 725 239	7 646 940	6 695 178	
2017	8 940 725	38 806 818	20 476 575	11 774 363	7 284 154		
2018	9 992 196	43 373 042	21 417 918	11 237 130			
2019	12 018 142	49 910 834	26 124 457				
2020	12 703 422	52 964 516					
2021	16 175 930						

Figure 32 : Triangle décumulé des prestations incapacité et invalidité

Pour des raisons de lisibilité seul les 6 premières années de développement sont affichées
Voir [Annexe 4](#) pour le triangle complet.

On appliquera la méthode Chain Ladder à ce triangle de prestations incapacité/invalidité.

3.2.3. Application Chain Ladder

3.2.3.1. Application

Triangle cumulé

A partir du triangle de prestations décumulées, on construit un triangle de liquidation cumulé. La dernière diagonale contient toutes les données cumulées vues à la date d'arrêté. L'objectif est d'estimer les montants situés à droite de cette diagonale, les cases laissées vides sur le tableau ci-dessous.

	0	1	2	3	4	5	6
2000	7 270 739	24 772 032	34 895 050	41 769 793	46 593 289	50 743 617	54 440 208
2001	6 134 477	26 518 610	38 442 137	46 526 976	52 297 798	57 516 302	62 172 054
2002	6 815 490	28 870 825	40 806 091	48 742 081	54 835 775	59 586 610	63 650 532
2003	6 692 832	26 711 063	37 967 644	45 608 619	51 535 993	56 412 188	60 865 358
2004	4 889 098	22 710 842	33 436 059	40 363 970	46 056 695	51 203 792	55 428 078
2005	5 169 054	22 267 953	32 216 617	39 572 647	45 484 933	50 728 972	55 155 356
2006	5 632 386	23 440 338	34 993 786	43 323 304	49 379 615	54 275 392	58 919 434
2007	5 543 027	25 648 126	37 296 902	44 917 018	50 781 399	55 723 207	60 403 668
2008	6 315 484	29 571 471	41 893 070	49 935 983	56 022 285	61 568 877	66 430 340
2009	7 884 914	30 261 882	41 333 702	48 518 377	53 887 617	58 834 275	62 792 913
2010	7 709 651	29 927 020	43 123 456	51 322 755	57 313 940	62 335 656	66 772 037
2011	7 371 604	30 934 299	43 476 820	51 759 343	57 495 936	62 095 925	66 023 244
2012	7 776 432	33 882 646	47 247 114	55 125 603	61 119 824	65 605 564	70 152 491
2013	8 174 180	36 822 803	50 653 717	60 518 810	66 710 093	72 116 180	77 422 837
2014	9 678 198	36 502 118	51 089 911	60 003 602	66 158 464	71 740 961	76 525 720
2015	7 481 015	39 220 633	57 427 919	66 710 096	73 816 169	79 406 121	84 545 975
2016	7 497 316	40 341 552	58 103 550	68 828 790	76 475 730	83 170 908	-
2017	8 940 725	47 747 544	68 224 119	79 998 482	87 282 636	-	-
2018	9 992 196	53 365 239	74 783 157	86 020 286	-	-	-
2019	12 018 142	61 928 976	88 053 433	-	-	-	-
2020	12 703 422	65 667 938	-	-	-	-	-
2021	16 175 930	-	-	-	-	-	-

Figure 33 : Triangle cumulé des prestations incapacité et invalidité

Voir [Annexe 5](#) pour le triangle complet.

Calcul des coefficients de développement

L'étape suivante consiste à calculer les cadences de règlement, qui sont les coefficients de passage d'une année à l'autre, à partir du triangle de données cumulées.

Année de developpement	Coefficient de développement
1	4,559
2	1,423
3	1,187
4	1,116
5	1,090
6	1,074
7	1,061
8	1,051
9	1,043
10	1,036
11	1,031
12	1,027
13	1,023
14	1,020
15	1,017
16	1,015
17	1,013
18	1,012
19	1,008
20	1,009
21	1,007

Figure 34 : Coefficients de développement CL

Estimation du triangle inférieur

	0	1	2	3	4	5	6
2000	7 270 739	24 772 032	34 895 050	41 769 793	46 593 289	50 743 617	54 440 208
2001	6 134 477	26 518 610	38 442 137	46 526 976	52 297 798	57 516 302	62 172 054
2002	6 815 490	28 870 825	40 806 091	48 742 081	54 835 775	59 586 610	63 650 532
2003	6 692 832	26 711 063	37 967 644	45 608 619	51 535 993	56 412 188	60 865 358
2004	4 889 098	22 710 842	33 436 059	40 363 970	46 056 695	51 203 792	55 428 078
2005	5 169 054	22 267 953	32 216 617	39 572 647	45 484 933	50 728 972	55 155 356
2006	5 632 386	23 440 338	34 993 786	43 323 304	49 379 615	54 275 392	58 919 434
2007	5 543 027	25 648 126	37 296 902	44 917 018	50 781 399	55 723 207	60 403 668
2008	6 315 484	29 571 471	41 893 070	49 935 983	56 022 285	61 568 877	66 430 340
2009	7 884 914	30 261 882	41 333 702	48 518 377	53 887 617	58 834 275	62 792 913
2010	7 709 651	29 927 020	43 123 456	51 322 755	57 313 940	62 335 656	66 772 037
2011	7 371 604	30 934 299	43 476 820	51 759 343	57 495 936	62 095 925	66 023 244
2012	7 776 432	33 882 646	47 247 114	55 125 603	61 119 824	65 605 564	70 152 491
2013	8 174 180	36 822 803	50 653 717	60 518 810	66 710 093	72 116 180	77 422 837
2014	9 678 198	36 502 118	51 089 911	60 003 602	66 158 464	71 740 961	76 525 720
2015	7 481 015	39 220 633	57 427 919	66 710 096	73 816 169	79 406 121	84 545 975
2016	7 497 316	40 341 552	58 103 550	68 828 790	76 475 730	83 170 908	89 328 511
2017	8 940 725	47 747 544	68 224 119	79 998 482	87 282 636	95 152 719	102 197 403
2018	9 992 196	53 365 239	74 783 157	86 020 286	96 021 484	104 679 530	112 429 536
2019	12 018 142	61 928 976	88 053 433	104 514 338	116 665 758	127 185 252	136 601 482
2020	12 703 422	65 667 938	93 445 146	110 913 991	123 809 469	134 973 097	144 965 903
2021	16 175 930	73 742 811	104 935 650	124 552 555	139 033 729	151 570 094	162 791 669

Figure 35 : Triangle projeté CL

Voir [Annexe 6](#) pour le triangle complet.

3.2.3.2. Résultats

Avec la méthode Chain Ladder classique nous obtenons les résultats suivants :

Charge Ultime	2 582 773 751
Provisions estimées	836 058 649

Figure 36 : Résultats Chain Ladder

3.2.3.3. Marge de prudence IFRS 17

La méthode Chain Ladder repose en grande partie sur le choix des coefficients de développement. A méthode équivalente, deux experts pourront donc obtenir des résultats différents en fonction de leur vision des coefficients. Ces coefficients peuvent être calculés différemment et être ajustés en fonction du niveau de prudence souhaité.

Nous allons déterminer un triangle des facteurs de passage et calculer plusieurs exemples de coefficients de développement.

Le facteur de passage est calculé par la formule suivante :

$$\lambda_{i,j} = \frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}}$$

	N+1/N	N+2/N+1	N+3/N+2	N+4/N+3	N+5/N+4	N+6/N+5	N+7/N+6
2000	3,407	1,409	1,197	1,115	1,089	1,073	1,056
2001	4,323	1,450	1,210	1,124	1,100	1,081	1,067
2002	4,236	1,413	1,194	1,125	1,087	1,068	1,054
2003	3,991	1,421	1,201	1,130	1,095	1,079	1,061
2004	4,645	1,472	1,207	1,141	1,112	1,082	1,065
2005	4,308	1,447	1,228	1,149	1,115	1,087	1,072
2006	4,162	1,493	1,238	1,140	1,099	1,086	1,066
2007	4,627	1,454	1,204	1,131	1,097	1,084	1,066
2008	4,682	1,417	1,192	1,122	1,099	1,079	1,064
2009	3,838	1,366	1,174	1,111	1,092	1,067	1,061
2010	3,882	1,441	1,190	1,117	1,088	1,071	1,062
2011	4,196	1,405	1,191	1,111	1,080	1,063	1,056
2012	4,357	1,394	1,167	1,109	1,073	1,069	1,055
2013	4,505	1,376	1,195	1,102	1,081	1,074	1,050
2014	3,772	1,400	1,174	1,103	1,084	1,067	1,060
2015	5,243	1,464	1,162	1,107	1,076	1,065	
2016	5,381	1,440	1,185	1,111	1,088		
2017	5,340	1,429	1,173	1,091			
2018	5,341	1,401	1,150				
2019	5,153	1,422					
2020	5,169						

Figure 37 : Facteurs de passage

Voir [Annexe 7](#) pour le triangle complet.

Avec ces facteurs de passage nous pouvons déterminer des coefficients de développement avec différentes méthodes de calculs. Elles sont présentées dans le tableau suivant :

	1	2	3	4	5	6	7
Coeff Chain Ladder classique	4,559	1,423	1,187	1,116	1,090	1,074	1,061
Moyenne de tous les coeff	4,503	1,426	1,191	1,119	1,091	1,075	1,061
Moyenne pondérée	4,638	1,424	1,187	1,116	1,090	1,074	1,061
Moyenne 3 ans	5,221	1,417	1,169	1,103	1,083	1,068	1,055
Moyenne deux ans	5,161	1,412	1,161	1,101	1,082	1,066	1,055
Médiane de tous les coeff	4,357	1,422	1,192	1,116	1,089	1,073	1,061
Médiane 5 ans	5,255	1,425	1,167	1,105	1,083	1,068	1,056
Coefficient N-1	5,169	1,422	1,150	1,091	1,088	1,065	1,060

Figure 38 : Coefficients de développement

Voir [Annexe 8](#) pour le tableau complet

Le choix des coefficients de développement est validé par l'actuaire dans le but de donner la meilleure estimation des provisions. Dans le cadre de ce mémoire, notre objectif est d'intégrer une marge de prudence dans les provisions. Nous décidons, pour chaque année de développement, de choisir le coefficient le plus élevé parmi ceux calculés.

Ce tableau récapitule les coefficients de développement retenus par année de développement.

Année de développement	Coefficient de développement
1	5,255
2	1,426
3	1,192
4	1,119
5	1,091
6	1,075
7	1,061
8	1,051
9	1,044
10	1,037
11	1,031
12	1,027
13	1,024
14	1,020
15	1,018
16	1,016
17	1,013
18	1,014
19	1,008
20	1,009
21	1,007

Figure 39 : Coefficients de développement retenus

Résultats avec marge de prudence :

Charge Ultime	2 642 066 581
Provisions estimées	895 351 478

Figure 40 : Résultats Chain Ladder avec marge de prudence

Cette nouvelle provision contient une marge de **7%** soit **59 292 829€**. La méthode de Chain Ladder n'est en revanche pas très souple pour inclure de la marge : la marge est incluse de manière indistinguée entre les différentes survenances, et on ne peut pas savoir en lecture directe quel est le niveau de marge associé au calcul.

3.2.4. Méthode déterministe alternative: Bornhuetter-Fergusson

3.2.4.1. Principe

Une autre méthode classique de provisionnement est la méthode de Bornhuetter-Ferguson, développée en 1972. Sa particularité est d'estimer l'ultime et les provisions en y intégrant une information exogène au triangle de paiements. En effet, la méthode Bornhuetter-Ferguson requiert un avis d'expert dans le but de déterminer le loss ratio qui correspond au quotient entre le coût des sinistres et les primes reçues par l'assureur. Il s'agit d'un choix délicat car il n'existe pas de "choix parfait de ratio" et que le résultat de la méthode est sensible au choix effectué. L'association du loss ratio et du montant de prime perçu nous donnera une charge ultime qu'on appellera « ultime à priori ». Pour finir nous utilisons les coefficients de développement issus du Chain Ladder pour déterminer le montant de provisions.

3.2.4.2. Méthode

La méthode de Bornhuetter-Ferguson peut être résumée comme suit :

- Obtention d'une estimation initiale de la charge ultime U_i pour chaque année de survenance.
- Estimation de la proportion de sinistres payés et restant à payer, en utilisant par exemple, la méthode de Chain Ladder.
- Application de la proportion précédente à l'estimation initiale de l'ultime pour obtenir une estimation des réserves.

Dans un premier temps, nous allons donner une estimation de la charge ultime à priori.

Soit : P_i le volume de primes pour l'année i

SP_i le ratio S/P (sinistres sur primes) espéré ou attendu pour l'année i

$$U_i = P_i \times SP_i$$

U_i est la charge ultime à priori de l'année i .

Déterminons la proportion de charge ultime pour chaque année.

Soit Z_k un estimateur de la proportion de sinistres payés à la date k .

$$Z_k = \frac{1}{\prod_n^k \lambda_k}$$
$$Z_1 = \frac{1}{\lambda_n \times \dots \times \lambda_1}$$
$$Z_{n-k} = \frac{1}{\lambda_n \times \dots \times \lambda_{n-k}}$$
$$Z_n = \frac{1}{\lambda_n}$$

Avec λ_k les coefficients de développement de la méthode Chain Ladder.

Z_k représente alors la proportion de sinistres payés à la date k et $1 - Z_k$ la proportion qu'il reste à payer.

Le montant de réserves de l'année i , R_i , est donné par :

$$R_i = U_i \times (1 - Z_{n+1-i})$$

3.2.4.3. Application

Repartons du triangle des prestations cumulées utilisé dans la méthode Chain Ladder.

Ajoutons les volumes de primes et les loss ratios aux données dans le cadre de la méthode Bornhuetter-Fergusson.

	P_i	SP_i	U_i
2000	69 553 026	116%	80 492 874
2001	66 704 132	112%	74 863 478
2002	69 331 579	112%	77 972 640
2003	69 179 437	116%	79 904 821
2004	68 246 449	171%	116 685 307
2005	74 303 532	78%	58 043 894
2006	82 644 863	76%	62 669 112
2007	84 145 021	113%	94 997 074
2008	90 720 644	123%	111 839 147
2009	87 755 906	120%	104 958 175
2010	93 787 676	132%	123 663 633
2011	103 296 350	91%	94 507 021
2012	107 165 648	108%	115 423 899
2013	104 757 065	115%	120 617 489
2014	105 314 849	110%	115 568 071
2015	109 538 380	138%	150 805 433
2016	120 346 391	120%	144 135 754
2017	139 118 314	120%	166 794 908
2018	147 992 367	103%	152 351 031
2019	160 698 625	116%	186 236 359
2020	167 370 011	125%	209 580 776
2021	189 882 516	121%	229 844 578

Figure 41 : Primes, Loss ratios et Charge ultime à priori

Les primes et les loss ratios sont issus des données réelles de Generali pour la garantie Incapacité-Invalidité. Ces données connues sont représentées dans les deux premières colonnes du tableau ci-dessus. Grâce à ces données, nous pouvons déterminer la charge de sinistre attendu U_i représentée dans la troisième colonne du tableau.

Nous calculons les estimateurs de la proportion des sinistres payés Z_k et les montants de provisions R_i

	Z_k	R_i
2000	1,00	-
2001	0,99	544 057
2002	0,98	1 223 335
2003	0,98	1 907 602
2004	0,96	4 095 775
2005	0,95	2 733 051
2006	0,94	3 834 680
2007	0,92	7 337 062
2008	0,90	10 685 514
2009	0,88	12 185 326
2010	0,86	17 231 423
2011	0,84	15 580 141
2012	0,81	22 407 886
2013	0,77	27 466 920
2014	0,74	30 616 869
2015	0,69	46 288 361
2016	0,65	51 127 110
2017	0,59	68 066 751
2018	0,53	71 565 031
2019	0,45	103 035 924
2020	0,31	143 783 305
2021	0,07	214 016 011

Figure 42 : Estimateurs de la proportion des sinistres payés Z_k et les montants de provision R_i

3.2.4.4. Résultats

Avec la méthode Bornhuetter-Fergusson classique nous obtenons les résultats suivants :

Charge Ultime	2 671 955 473
Provisions estimées	855 732 132

Figure 43 : Résultats avec la méthode Bornhuetter-Fergusson

3.2.4.5. Avantages et inconvénients

La méthode de Bornhuetter–Ferguson est spécifiquement souhaitable pour les triangles présentant des paiements instables. Un des avantages de cette méthode en introduisant des données extérieures est de ne pas se cantonner simplement aux données brutes d'évolution de la charge cumulée des montants de sinistres. Cependant, un inconvénient majeur est la dépendance très forte vis-à-vis de la justesse des données extérieures. Enfin, comme pour la méthode Chain Ladder, un historique long est nécessaire.

3.2.4.6. Marge de prudence IFRS 17

La méthode Bornhuetter-Fergusson repose en grande partie sur le choix des loss ratios, ces ratios peuvent donc être ajustés dans le but d'intégrer une marge à la charge ultime calculée. Etant donné que les loss ratios sont définis par année de survenance, il est donc possible d'intégrer une marge par année de survenance en étant plus ou moins prudent sur le choix des loss ratios.

Ainsi, un bon exemple récent qui justifierait d'utiliser la méthode Bornhuetter-Fergusson est le phénomène d'absentéisme au travail, qui devient prépondérant ces dernières années. Si on veut anticiper une dérive de sinistralité liée à ce phénomène, il pourrait être plus juste de n'ajuster que les survenances les plus récentes, sans ajuster les survenances antérieures.

On décide de dégrader les loss ratios des 10 dernières années de 5 points. Les années antérieures restent inchangées.

Charge Ultime	2 757 329 085
Provisions estimées	897 801 314

Cette nouvelle provision contient une marge de **5%** soit **42 069 182€**.

3.2.5. Synthèse

Année de survenance	Chain Ladder	Bornhutter-Fergusson
2000	-	-
2001	675 465	572 017
2002	1 395 910	1 283 560
2003	2 121 772	1 948 830
2004	2 839 102	2 826 714
2005	3 917 601	4 128 409
2006	5 265 000	5 967 239
2007	6 731 615	7 668 711
2008	9 257 416	10 227 976
2009	10 493 650	12 022 069
2010	13 403 872	15 420 801
2011	15 486 704	20 094 365
2012	19 390 299	24 549 505
2013	25 044 440	28 149 132
2014	29 236 448	32 922 631
2015	37 443 593	39 673 740
2016	45 719 278	50 372 627
2017	60 175 797	66 991 322
2018	76 201 872	82 030 770
2019	109 045 905	104 910 357
2020	143 500 244	135 492 941
2021	218 712 665	208 631 071
Total	836 058 649	855 884 787
Ecart avec Chain Ladder		2,4%

Figure 44 : Tableau récapitulatif des provisions pour les méthodes déterministes

Nous remarquons que les estimations des provisions sont très similaires entre les deux méthodes bien que le Chain Ladder n'utilise pas d'historique de primes et de loss ratios. Cela confirme la robustesse de ce dernier.

Pour déterminer une vraie vision « *Best Estimate* » à partir de ces provisions il faut actualiser les flux de prestations avec une courbe des taux sans risque EIOPA. Pour l'extension aux modèles stochastiques nous retiendrons la méthode Chain Ladder comme référence. En effet le triangle des paiements étudié présente des paiements stables et ne nécessite donc pas l'utilisation de la méthode Bornhuetter-Fergusson.

3.3. Méthodes stochastiques

Une méthode stochastique est une méthode qui cherche à intégrer spécifiquement l'aléa en dépassant la simple approche moyenne/variance.

Les méthodes stochastiques sont utilisées dans le provisionnement pour tenir compte de l'incertitude inhérente aux prévisions de sinistres. Cela permet de prendre en compte les risques de manière plus réaliste et de fournir des estimations de provisions qui reflètent l'incertitude du futur. Les résultats obtenus à partir des méthodes stochastiques sont souvent présentés sous la forme d'une distribution de probabilité des provisions plutôt qu'une simple estimation ponctuelle, permettant ainsi une meilleure compréhension des risques associés aux portefeuilles d'assurance. En outre, les méthodes stochastiques permettent de tester la sensibilité des provisions aux changements de variables telles que les taux d'intérêt, les tendances de sinistralité ou les hypothèses économiques, ce qui facilite la prise de décision et l'ajustement des stratégies. Dans notre cas, les méthodes stochastiques permettent également d'intégrer des marges de prudence dans les provisions de manière plus précise.

Nous utiliserons les méthodes stochastiques Mack et Bootstrap pour calculer les provisions et chercher à y inclure des marges de prudence.

3.3.1. Mack

La méthode de Mack est basée sur la méthode Chain ladder, qui est une méthode déterministe. Cependant, la méthode de Mack utilise des techniques stochastiques pour estimer les marges d'erreur. Elle suppose que les incertitudes dans les prévisions sont dues à des erreurs aléatoires plutôt qu'à des variations systématiques. Elle permet également de prendre en compte les incertitudes sur les données historiques utilisées pour les prévisions.

3.3.1.1. Principe

Thomas Mack a proposé une méthode paramétrique qui correspond à la version stochastique de la méthode de Chain Ladder. Elle fournit une estimation de la moyenne et de l'écart-type de la variable aléatoire R qui représente la provision technique à constituer, ce qui va nous permettre de la modéliser à l'aide d'une loi normale ou log-normale.

3.3.1.2. Méthode

Les méthodes stochastiques ont été introduites pour pouvoir mesurer la volatilité des réserves.

La méthode de Mack est une méthode faisant intervenir la notion d'incertitude dans la méthode déterministe de Chain Ladder et s'appuie sur trois hypothèses :

H₁ : Les années de survenance des sinistres sont indépendantes les unes des autres, ce qui se traduit par le fait que $C_{i,j}$ et $C_{i,k}$ sont indépendants

H₂ : $\forall i = 1, \forall j, E[C_{i,j} \mid C_{i,1}, \dots, C_{i,j}] = \lambda_j C_{i,j}$

H₃ : $\forall i = 1, \forall j, Var[C_{i,j} \mid C_{i,1}, \dots, C_{i,j}] = \sigma_j^2 C_{i,j}$

La validation des hypothèses ci-dessus est présentée en [Annexe 1](#), [Annexe 2](#) et [Annexe 3](#).

Rappel :

$$\hat{\lambda}_j = \frac{\sum_{i=0}^{n-j-1} C_{i,j+1}}{\sum_{i=0}^{n-j-1} C_{i,j}} \quad j = 0, \dots, n-1$$

$$\hat{C}_{i,j} = (\hat{\lambda}_{n-i+1} \times \dots \times \hat{\lambda}_{j-1}) \times C_{i,n-i+1}$$

$$\hat{R}_i = \hat{C}_{i,n} - C_{i,n-i+1}$$

La méthode de Chain Ladder fournit un estimateur $\hat{R}$ de la provision totale R .

$$\hat{R} = \sum_{i=2}^n \hat{R}_i$$

On cherche maintenant à déterminer l'écart-type, c'est-à-dire l'erreur de prévision. L'incertitude liée à cette estimation se mesure classiquement par la Mean Square Error (erreur quadratique moyenne) :

$$MSE(R) = E[(\hat{R} - R)^2]$$

R ne peut être obtenue qu'en réalisant une prédiction sur les données passées, on utilise alors le Mean Square Error Prediction (MSEP) :

$$MSEP(\hat{R}) = E[(\hat{R} - R)^2 \mid D],$$

où

$$D = C_{i,j} \quad i \in \{1, \dots, n\}, j \in \{1, \dots, n - i + 1\}$$

Avec les hypothèses H1, H2 et H3 on peut estimer le $MSEP(\hat{R})$:

$$\widehat{MSEP}(\hat{R}) = \sum_{i=2}^n \left[\widehat{MSEP}(\hat{R}_i) + \widehat{C}_{i,n} \left(\sum_{l=i+1}^n \widehat{C}_{l,n} \sum_{j=n-i+1}^{n-1} \frac{2\hat{\sigma}_j^2}{\hat{\lambda}_j^2 \sum_{k=1}^{n-j} C_{k,j}} \right) \right]$$

Avec :

$$\widehat{MSEP}(\hat{R}_i) = \hat{C}_{i,n}^2 \sum_{j=n-i+1}^{n-1} \frac{\hat{\sigma}_j^2}{\hat{\lambda}_j^2} \left(\frac{1}{\widehat{C}_{i,j}} + \frac{1}{\sum_{k=1}^{n-j} C_{k,j}} \right)$$

$$\hat{\sigma}_j^2 = \frac{1}{n-j-1} \sum_{i=1}^{n-j} C_{i,j} \left(\frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}} - \lambda_j \right)^2, \quad j = 1, \dots, n-2$$

$$\widehat{\sigma_{n-1}}^2 = \min \left(\frac{\widehat{\sigma_{n-2}}^2}{\widehat{\sigma_{n-3}}^2}, \min(\widehat{\sigma_{n-3}}^2, \widehat{\sigma_{n-2}}^2) \right)$$

$\widehat{MSEP}(\hat{R})$ est la variance totale, elle estime l'écart moyen entre le « vrai » montant total de la provision R et son estimateur sans biais $\hat{R}$.

L'estimation de l'écart type est donc :

$$\text{Pour } R : \widehat{se}(\hat{R}) = \sqrt{\widehat{MSEP}(\hat{R})}$$

$$\text{Pour } R_i : \widehat{se}(\hat{R}_i) = \sqrt{\widehat{MSEP}(\hat{R}_i)}$$

Le modèle de Mack est un modèle non paramétrique, il ne fait pas d'hypothèse sur la loi des composantes du triangle. Cependant, en faisant l'hypothèse que R suit une loi normale ou log-normale, on peut calculer un quantile pour la provision totale, en

estimant l'espérance de R par $\hat{R}$ et en prenant comme variance l'estimateur de la volatilité $\widehat{MSEP}(\hat{R})$.

Loi normale

Intervalle de confiance au niveau $1-\alpha$ pour R_i , la provision au titre de l'année de survenance i :

$$[\hat{R}_i - q_{1-\alpha/2} \times \widehat{se}(\hat{R}_i); \hat{R}_i + q_{1-\alpha/2} \times \widehat{se}(\hat{R}_i)]$$

Intervalle de confiance au niveau $1-\alpha$ pour R, le montant total de la provision :

$$[\hat{R} - q_{1-\alpha/2} \times \widehat{se}(\hat{R}); \hat{R} + q_{1-\alpha/2} \times \widehat{se}(\hat{R})]$$

où $q_{1-\alpha/2}$ est le quantile d'ordre $1 - \frac{\alpha}{2}$ de la loi normale standard.

Loi log-normale

Une variable aléatoire Y suit une loi log-normale de paramètres μ et σ^2 si et seulement si $X = \ln(Y)$ suit une loi normale $N(\mu, \sigma^2)$ avec :

$$E(Y) = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) \text{ et } Var(Y) = (\exp(\sigma^2) - 1)\exp(2\mu + \sigma^2)$$

Nous déterminons donc :

$$\hat{R}_i = \exp\left(\mu_i + \frac{\sigma_i^2}{2}\right) \text{ et } \widehat{MSEP}(\hat{R}_i) = (\exp(\sigma_i^2) - 1)\exp(2\mu_i + \sigma_i^2)$$

On en déduit que

$$\sigma_i^2 = \ln\left(\frac{\widehat{MSEP}(\hat{R}_i)}{\hat{R}_i^2} + 1\right) \text{ et } \mu_i = \ln(\hat{R}_i) - \frac{\sigma_i^2}{2}$$

Intervalle de confiance au niveau $1-\alpha$ pour R_i , la provision au titre de l'année de survenance i :

$$[\exp(\mu_i - q_{1-\alpha/2} \times \sigma_i); \exp(\mu_i + q_{1-\alpha/2} \times \sigma_i)]$$

De la même manière, un intervalle de confiance au niveau $1-\alpha$ pour R, le montant total de la provision est donné par :

$$[\exp(\mu - q_{1-\alpha/2} \times \sigma); \exp(\mu + q_{1-\alpha/2} \times \sigma)]$$

avec

$$\sigma^2 = \ln \left(\frac{\widehat{MSEP}(\hat{R})}{\hat{R}^2} + 1 \right) \text{ et } \mu = \ln(\hat{R}) - \frac{\sigma^2}{2}$$

Choix de la loi

De manière générale, on modélise les risques courts comme la branche santé par une loi normale, et les risques longs comme la branche Incapacité/Invalidité par une loi log-normale car celle-ci possède une queue de distribution plus importante. Cependant l'écart entre les deux modélisations est faible, ce qui sera confirmé dans l'application numérique qui va suivre, et une utilisation erronée de la loi log-normale n'entraînerait donc pas un sur-provisionnement conséquent.

3.3.1.3. Indicateur de risque

Les méthodes stochastiques permettent de calculer un montant de provision avec une marge de risque, auquel on soustrait la provision en « Best Estimate » afin de déterminer cette marge.

Value at Risk

La Value at Risk (VaR) au niveau α d'un échantillon X , notée $VaR(X, \alpha)$ se définit comme le quantile d'ordre α :

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

où F_X est la fonction de répartition de X . Si F_X est croissante la VaR est définie par :

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

On a donc :

$$P[X \leq VaR(X, \alpha)] = \alpha$$

On conclut qu'en provisionnant à hauteur de la VaR, l'assureur a une probabilité α que la charge des sinistres soit inférieure à la provision, c'est-à-dire une probabilité α de ne pas subir de perte.

Un inconvénient de la VaR, est qu'elle n'est pas sous-additive, donc la relation $VaR(X + Y, \alpha) = VaR(X, \alpha) + VaR(Y, \alpha)$ n'est pas vérifiée pour toutes les

distributions. On ne peut donc pas calculer une VaR totale en sommant les VaR de plusieurs branches

3.3.1.4. Application

La méthode de Mack est basée sur la méthode du Chain Ladder, le montant des provisions est donc identique. Cependant, la méthode de Mack utilise des distributions de probabilité pour modéliser l'incertitude associée aux données de paiement des sinistres et aux projections de paiement des sinistres futures. Cela permet de prendre en compte la volatilité des paiements de sinistres et d'estimer la marge de prudence nécessaire. En comparaison, la méthode du Chain Ladder se base sur des hypothèses simplifiées et ne prend pas en compte l'incertitude associée aux données de paiement des sinistres et aux projections de paiement des sinistres futures.

Année de survenance	Provisions
2000	-
2001	675 465
2002	1 395 910
2003	2 121 772
2004	2 839 102
2005	3 917 601
2006	5 265 000
2007	6 731 615
2008	9 257 416
2009	10 493 650
2010	13 403 872
2011	15 486 704
2012	19 390 299
2013	25 044 440
2014	29 236 448
2015	37 443 593
2016	45 719 278
2017	60 175 797
2018	76 201 872
2019	109 045 905
2020	143 500 244
2021	218 712 665
Total	836 058 649

Provisions Chain Ladder

Nous calculons la variance $\widehat{MSEP}(\hat{R})$ et l'écart type $\widehat{se}(\hat{R})$.

Année de survenance	Provisions	Variance $\widehat{MSEP}(\hat{R})$	Ecart-type $\widehat{se}(\hat{R})$	Volatilité
2000	-	-	-	0%
2001	675 465	2 926 526 267	54 097	8%
2002	1 395 910	15 659 504 077	125 138	9%
2003	2 121 772	17 346 862 467	131 707	6%
2004	2 839 102	40 357 245 817	200 891	7%
2005	3 917 601	59 460 908 544	243 846	6%
2006	5 265 000	87 555 534 930	295 898	6%
2007	6 731 615	131 246 797 535	362 280	5%
2008	9 257 416	186 414 108 096	431 757	5%
2009	10 493 650	237 745 544 940	487 592	5%
2010	13 403 872	360 998 122 044	600 831	4%
2011	15 486 704	430 147 227 211	655 856	4%
2012	19 390 299	535 243 558 974	731 603	4%
2013	25 044 440	729 247 681 574	853 960	3%
2014	29 236 448	966 418 449 762	983 066	3%
2015	37 443 593	1 458 133 739 282	1 207 532	3%
2016	45 719 278	2 248 022 281 287	1 499 341	3%
2017	60 175 797	4 256 403 134 666	2 063 105	3%
2018	76 201 872	7 984 759 380 594	2 825 732	4%
2019	109 045 905	17 533 082 825 955	4 187 252	4%
2020	143 500 244	29 921 315 890 955	5 470 038	4%
2021	218 712 665	560 087 196 328 164	23 666 161	11%
Total	836 058 649	678 251 277 470 875	26 043 258	3%

Figure 45 : Variance, écart type et volatilité pour chaque montant de provisions estimés

L'erreur quadratique moyenne est de 3%, donc l'incertitude de l'estimation du montant total des provisions avec la méthode de Mack est de 3%.

Nous déterminons un intervalle de confiance avec un niveau de confiance de 75% pour chaque montant de provisions estimé.

Année de survenance	Provisions	Ecart-type $\widehat{se}(\hat{R})$	Volatilité	Intervalle de confiance 75%			
				Normale		Log-normale	
				Borne Inf	Borne Sup	Borne Inf	Borne Sup
2000	-	-	0%	-	-	-	-
2001	675 465	54 097	8%	613 235	737 696	614 139	738 180
2002	1 395 910	125 138	9%	1 251 958	1 539 862	1 254 361	1 541 048
2003	2 121 772	131 707	6%	1 970 262	2 273 282	1 971 886	2 274 288
2004	2 839 102	200 891	7%	2 608 007	3 070 197	2 610 900	3 071 869
2005	3 917 601	243 846	6%	3 637 093	4 198 109	3 640 108	4 199 977
2006	5 265 000	295 898	6%	4 924 614	5 605 386	4 927 859	5 607 495
2007	6 731 615	362 280	5%	6 314 866	7 148 363	6 318 644	7 150 865
2008	9 257 416	431 757	5%	8 760 744	9 754 087	8 764 561	9 756 762
2009	10 493 650	487 592	5%	9 932 749	11 054 550	9 937 041	11 057 562
2010	13 403 872	600 831	4%	12 712 706	14 095 038	12 717 783	14 098 646
2011	15 486 704	655 856	4%	14 732 241	16 241 168	14 737 435	16 244 932
2012	19 390 299	731 603	4%	18 548 700	20 231 899	18 553 787	20 235 719
2013	25 044 440	853 960	3%	24 062 088	26 026 793	24 067 392	26 030 888
2014	29 236 448	983 066	3%	28 105 578	30 367 317	28 111 590	30 371 976
2015	37 443 593	1 207 532	3%	36 054 509	38 832 676	36 061 560	38 838 199
2016	45 719 278	1 499 341	3%	43 994 513	47 444 044	44 003 431	47 451 000
2017	60 175 797	2 063 105	3%	57 802 505	62 549 089	57 815 397	62 559 029
2018	76 201 872	2 825 732	4%	72 951 293	79 452 450	72 970 565	79 466 994
2019	109 045 905	4 187 252	4%	104 229 102	113 862 708	104 258 799	113 884 893
2020	143 500 244	5 470 038	4%	137 207 789	149 792 699	137 246 267	149 821 505
2021	218 712 665	23 666 161	11%	191 488 311	245 937 019	192 063 325	246 177 267
Total	836 058 649	26 043 258	3%	806 099 803	866 017 494	806 246 156	866 133 086

Figure 46 : Intervalle de confiance 75% pour les montants de provision estimés (Mack)

Les intervalles de confiance calculés avec des lois normales et log-normales sont sensiblement identiques.

Nous déterminons un intervalle de confiance avec un niveau de confiance de 95% pour chaque montant de provisions estimés.

Année de survenance	Provisions	Ecart-type $\widehat{se}(\hat{R})$	Volatilité	Intervalle de confiance 95%			
				Normale		Log-normale	
				Borne Inf	Borne Sup	Borne Inf	Borne Sup
2000	-	-	0%	-	-	-	-
2001	675 465	54 097	8%	569 437	781 494	575 641	787 549
2002	1 395 910	125 138	9%	1 150 644	1 641 176	1 166 716	1 656 813
2003	2 121 772	131 707	6%	1 863 630	2 379 914	1 875 326	2 391 391
2004	2 839 102	200 891	7%	2 445 363	3 232 841	2 465 709	3 252 754
2005	3 917 601	243 846	6%	3 439 672	4 395 531	3 461 384	4 416 836
2006	5 265 000	295 898	6%	4 685 051	5 844 949	4 708 830	5 868 326
2007	6 731 615	362 280	5%	6 021 559	7 441 670	6 049 433	7 469 092
2008	9 257 416	431 757	5%	8 411 188	10 103 644	8 439 958	10 132 010
2009	10 493 650	487 592	5%	9 537 988	11 449 312	9 570 357	11 481 228
2010	13 403 872	600 831	4%	12 226 264	14 581 479	12 264 738	14 619 433
2011	15 486 704	655 856	4%	14 201 250	16 772 159	14 240 918	16 811 320
2012	19 390 299	731 603	4%	17 956 383	20 824 216	17 995 788	20 863 172
2013	25 044 440	853 960	3%	23 370 710	26 718 171	23 412 261	26 759 295
2014	29 236 448	983 066	3%	27 309 674	31 163 221	27 356 841	31 209 910
2015	37 443 593	1 207 532	3%	35 076 873	39 810 312	35 132 432	39 865 330
2016	45 719 278	1 499 341	3%	42 780 625	48 657 932	42 850 780	48 727 393
2017	60 175 797	2 063 105	3%	56 132 185	64 219 409	56 233 122	64 319 302
2018	76 201 872	2 825 732	4%	70 663 539	81 740 204	70 813 112	81 888 104
2019	109 045 905	4 187 252	4%	100 839 041	117 252 769	101 068 583	117 479 653
2020	143 500 244	5 470 038	4%	132 779 167	154 221 322	133 076 833	154 515 566
2021	218 712 665	23 666 161	11%	172 327 841	265 097 489	175 998 292	268 648 201
Total	836 058 649	26 043 258	3%	785 014 801	887 102 496	786 172 072	888 248 890

Figure 47 : Intervalle de confiance 95% pour les montants de provision estimés (Mack)

Ces résultats montrent que, pour le risque incapacité-invalidité, les modélisations par une loi normale et par une loi log normale fournissent des résultats très similaires. Par mesure de prudence, on calculera la marge de risque à l'aide des deux modélisations, et on retiendra la plus élevée.

Probabilité	VaR sur la provision totale	
	Normale	Log-normale
50,00%	836 058 649	835 653 320
75,00%	853 624 559	853 392 109
95,00%	878 895 996	879 574 850
99,00%	896 644 326	898 441 944
99,50%	903 141 635	905 449 551

Figure 48 : VaR de la provision totale Mack à différents quantiles

3.3.1.5. Marge de prudence IFRS 17

La méthode de Mack est une méthode paramétrique, cette méthode permet de déterminer la variabilité de la charge ultime en supposant que la charge ultime suit une loi. Elle permet donc l'utilisation de la Value at Risk.

La Value at Risk peut être utilisée pour inclure une marge de prudence dans les provisions, cette méthode est beaucoup plus précise car la marge de prudence est contrôlée, en fixant le quantile voulu en paramètre du calcul de la VaR. La marge de prudence est donc égale à la différence entre le quantile et l'espérance utilisée dans les calculs.

Par exemple, provisionner à hauteur d'une VaR de 95%, signifie que la provision est suffisante pour couvrir les règlements futurs dans 95% des cas et insuffisante dans 5% des cas. Avec la VaR 95%, nous intégrons une marge de prudence de :

$$879\,574\,850 - 836\,058\,649 = \mathbf{43\,516\,201\ (4,95\%)}$$

Avec la méthode de Mack, via la VaR, il est possible de traduire par un paramètre le niveau de prudence qu'on veut inclure dans les provisions. Un bon exemple d'utilisation de cette méthode pourrait être l'inclusion d'une marge de prudence pour anticiper les impacts de la réforme des retraites.

En effet la réforme des retraites qui prévoit entre autres de relever l'âge de départ à la retraite de 62 à 64 ans, risque d'avoir un impact non négligeable sur les provisions estimées. La réforme des retraites en France prévoit une modification importante du système de retraite existant, qui va avoir un impact sur l'ensemble du marché de l'assurance. En particulier, la réforme va engendrer une modification de la garantie incapacité-invalidité en assurance, car la nouvelle formule de calcul des retraites va entraîner une diminution de la part des pensions versées par l'Etat, et une augmentation de la part des pensions versées par les assureurs. Les assureurs vont donc devoir provisionner davantage de fonds pour faire face à ces nouvelles obligations, ce qui implique une révision de leurs modèles de provisionnement pour tenir compte des marges de prudence nécessaires à la gestion de ces risques. En particulier, les méthodes stochastiques de provisionnement vont jouer un rôle important dans la gestion de ces risques, car elles permettent de prendre en compte les fluctuations des marchés financiers et des taux d'intérêt, qui peuvent avoir un impact significatif sur les fonds nécessaires pour faire face aux obligations de la garantie incapacité-invalidité en assurance. En conclusion, la réforme des retraites si elle est votée va avoir un impact important sur le marché de l'assurance, et va nécessiter une adaptation des modèles de provisionnement pour faire face aux nouvelles obligations liées à la garantie incapacité-invalidité.

Dans ce contexte, l'utilisation de marges de prudence dans les modèles stochastiques peut aider à assurer que les provisions restent suffisantes même dans des scénarios de marché défavorables.

3.3.2. Bootstrap

3.3.2.1. Principe

Le bootstrap est une théorie assez récente. La méthode consiste à fabriquer de l'information à partir de rien. Elle permet de fournir des réponses là où d'autres méthodes ne sont pas applicables (manque d'informations, calculs impossibles, ...). Elle se base sur le principe du rééchantillonnage.

Soit $X = (X_1, \dots, X_n)$ un échantillon initial de variables aléatoires réelles indépendantes et identiquement distribuées. On note θ la variable aléatoire dont on veut déterminer un intervalle de confiance, et $\hat{\theta} = f(X_1, \dots, X_n)$ l'estimation de θ à partir de l'échantillon initial.

A partir de cet échantillon initial, on construit un échantillon bootstrap. On effectue un tirage au sort avec remise de n éléments parmi les n variables de l'échantillon initial, où chaque réalisation a la même probabilité de tirage, qui est donc $\frac{1}{n}$. Cet échantillon bootstrap généré est noté $X^* = (X_1^*, \dots, X_n^*)$. On peut alors estimer une nouvelle fois θ , mais cette fois à partir de l'échantillon bootstrap : $\hat{\theta}^* = f(X_1^*, \dots, X_n^*)$.

On renouvelle cette procédure B fois afin d'obtenir B échantillons bootstrap, $X^{*(k)} = (X_1^{*(k)}, \dots, X_n^{*(k)})$ pour $k \in \{1, \dots, B\}$, à partir desquels on estime B fois la variable θ : $\widehat{\theta^{*(k)}} = f(X_1^{*(k)}, \dots, X_n^{*(k)})$ pour $k \in \{1, \dots, B\}$.

À partir de ces B observations, pour B suffisamment grand, on est en mesure d'estimer la distribution empirique suivie par la variable aléatoire θ , ainsi que sa moyenne empirique et son écart-type empirique.

Moyenne empirique :

$$\bar{\theta}^* = \frac{1}{B} \sum_{k=1}^B \widehat{\theta^{*(k)}}$$

Ecart-type :

$$\widehat{\sigma}_{\theta}^* = \sqrt{\frac{1}{B-1} \sum_{k=1}^B (\widehat{\theta}^{*(k)} - \overline{\theta}^*)^2}$$

Si la distribution empirique peut être approximée grâce à une loi connue, on peut fournir un intervalle de confiance pour la variable θ à un certain niveau de confiance $1-\alpha$.

3.3.2.2. Méthode

On souhaite obtenir un intervalle de confiance pour la variable aléatoire R qui modélise le montant de la provision technique. Pour cela, on se base sur les règlements des années précédentes. Cependant, on ne peut pas utiliser directement le triangle des règlements cumulés car ces variables ne sont pas indépendantes. En effet, excepté ceux de la première colonne, les montants cumulés dépendent des observations précédentes. Afin de contourner ce problème de non-indépendance, le rééchantillonnage ne s'effectuera pas sur les règlements cumulés mais sur des résidus, qui seront définis plus tard, calculés à partir de ces observations.

Voici la procédure à suivre :

1. À partir du triangle des règlements cumulés, on calcule les coefficients de développement de la même manière que dans la méthode de Chain Ladder :

$$\widehat{\lambda}_j = \frac{\sum_{i=0}^{n-j-1} C_{i,j+1}}{\sum_{i=0}^{n-j-1} C_{i,j}} \quad j = 0, \dots, n-1$$

2. Grâce à ces coefficients et à la diagonale du triangle des règlements cumulés, c'est-à-dire les dernières valeurs observées, on calcule un nouveau triangle, que l'on appelle triangle prédit des règlements cumulés et que l'on note $(D_{i,j})$, en procédant par récursion arrière :

$$D_{i,n-i+1} = C_{i,n-i+1} \quad i \in \{1, \dots, n\}$$

$$D_{i,j} = \frac{1}{\widehat{\lambda}_j} \times D_{i,j+1} = \frac{1}{\prod_{k=j}^{n-i} \widehat{\lambda}_k} \times C_{i,n-i+1} \quad i \in \{1, \dots, n-1\}, j \in \{1, \dots, n-i\}$$

3. On décumule le triangle des règlements cumulés ($C_{i,j}$) et le triangle prédit des règlements cumulés ($D_{i,j}$) afin d'obtenir le triangle des règlements non cumulés ($Y_{i,j}$) et le triangle prédit des règlements non-cumulés, noté ($Z_{i,j}$) :

$$Y_{i,1} = C_{i,1} \text{ et } Z_{i,1} = D_{i,1} \quad i \in \{1, \dots, n\}$$

$$Y_{i,j} = C_{i,j} - C_{i,j-1} \text{ et } Z_{i,j} = D_{i,j} - D_{i,j-1} \quad i \in \{1, \dots, n-1\}, j \in \{2, \dots, n-i+1\}$$

4. À l'aide de ces deux nouveaux triangles, on calcule le triangle des résidus de Pearson, noté ($r_{i,j}$) :

$$r_{i,j} = \frac{Y_{i,j} - C_{i,j}}{\sqrt{Z_{i,j}}} \quad i \in \{1, \dots, n-1\}, j \in \{1, \dots, n-i\}$$

Ces résidus sont indépendants et identiquement distribués, excepté les deux situés aux extrémités de la diagonale qui sont nuls par construction, et devront donc être exclus du rééchantillonnage.

5. Ces résidus sont ensuite rééchantillonnés aléatoirement avec remise pour former un triangle des résidus « bootstrap » que l'on note ($r_{i,j}^*$). On effectue ensuite le chemin inverse : on calcule le triangle des règlements non-cumulés « bootstrap » ($Y_{i,j}^*$) :

$$Y_{i,j}^* = Z_{i,j} + r_{i,j}^* \times \sqrt{Z_{i,j}} \quad i \in \{1, \dots, n-1\}, j \in \{1, \dots, n-i\}$$

grâce auquel on détermine le triangle des règlements cumulés « bootstrap » ($C_{i,j}^*$) :

$$C_{i,j}^* = \sum_{k=1}^j Y_{i,k}^* \quad i \in \{1, \dots, n-1\}, j \in \{1, \dots, n-i\}$$

Ce triangle nous permet alors de calculer un montant de provision $\widehat{R}^*$ « bootstrap » à l'aide de la méthode de Chain Ladder.

On réitère B fois cette dernière étape, afin d'obtenir un échantillon de B observations de la variable R . On peut alors calculer sa moyenne et son écart-type empirique :

Moyenne empirique :

$$\bar{R} = \frac{1}{B} \sum_{k=1}^B \widehat{R^{*(k)}}$$

Ecart-type :

$$\widehat{\sigma}_R = \sqrt{\frac{1}{B-1} \sum_{k=1}^B (\widehat{R^{*(k)}} - \bar{R})^2}$$

Pour un nombre d'itérations suffisamment grand (1 000, 10 000, voire 100 000), l'échantillon suit une loi normale. On peut ainsi déterminer la Value at Risk, la Tail Value at Risk, ainsi qu'un intervalle de confiance au niveau $1-\alpha$ pour la variable aléatoire R :

$$\left[\bar{R} - q_{1-\frac{\alpha}{2}} \times \widehat{\sigma}_R; \bar{R} + q_{1-\frac{\alpha}{2}} \times \widehat{\sigma}_R \right]$$

où $q_{1-\frac{\alpha}{2}}$ est le quantile d'ordre $1 - \frac{\alpha}{2}$ de la loi normale standard.

3.3.2.3. Application

En repartant de notre triangle des paiements cumulés, nous estimons le triangle des règlements cumulés prédit suivant :

	0	1	2	3	4	5	6
2000	5 188 756	23 654 494	33 660 227	39 952 745	44 597 874	48 619 166	52 218 713
2001	6 400 830	29 180 096	41 523 131	49 285 558	55 015 771	59 976 422	64 416 809
2002	6 127 194	27 932 643	39 748 011	47 178 593	52 663 839	57 412 422	61 662 982
2003	6 120 561	27 902 406	39 704 985	47 127 523	52 606 831	57 350 274	61 596 233
2004	5 570 170	25 393 285	36 134 518	42 889 585	47 876 167	52 193 056	56 057 197
2005	5 729 759	26 120 816	37 169 790	44 118 394	49 247 844	53 688 414	57 663 265
2006	5 925 570	27 013 483	38 440 051	45 626 120	50 930 867	55 523 192	59 633 881
2007	6 002 258	27 363 085	38 937 533	46 216 602	51 590 002	56 241 759	60 405 648
2008	6 672 607	30 419 072	43 286 187	51 378 203	57 351 719	62 522 997	67 151 922
2009	6 224 623	28 376 802	40 380 047	47 928 783	53 501 251	58 325 341	62 643 489
2010	6 624 582	30 200 135	42 974 641	51 008 417	56 938 939	62 072 998	66 668 606
2011	6 469 326	29 492 356	41 967 474	49 812 968	55 604 501	60 618 237	65 106 141
2012	6 878 389	31 357 189	44 621 123	52 962 696	59 120 434	64 451 193	69 222 872
2013	7 573 890	34 527 840	49 132 943	58 317 965	65 098 337	70 968 111	76 222 273
2014	7 599 920	34 646 506	49 301 804	58 518 394	65 322 068	71 212 015	76 484 236
2015	8 400 982	38 298 384	54 498 409	64 686 463	72 207 271	78 718 042	84 545 975
2016	8 876 202	40 464 819	57 581 235	68 345 600	76 291 840	83 170 908	
2017	10 154 930	46 294 284	65 876 534	78 191 640	87 282 636		
2018	11 171 655	50 929 326	72 472 176	86 020 286			
2019	13 573 520	61 878 948	88 053 433				
2020	14 404 658	65 667 938					
2021	16 175 930						

Figure 49 : Triangle cumulé prédit (Bootstrap)

Voir [Annexe 8](#) pour le triangle complet.

Ensuite, ce triangle est décumulé, pour obtenir le triangle des règlements prédit suivant :

	0	1	2	3	4	5	6
2000	5 188 756	18 465 738	10 005 733	6 292 518	4 645 129	4 021 292	3 599 547
2001	6 400 830	22 779 266	12 343 034	7 762 427	5 730 214	4 960 651	4 440 387
2002	6 127 194	21 805 449	11 815 368	7 430 582	5 485 246	4 748 583	4 250 560
2003	6 120 561	21 781 845	11 802 578	7 422 538	5 479 308	4 743 442	4 245 959
2004	5 570 170	19 823 115	10 741 232	6 755 067	4 986 582	4 316 889	3 864 141
2005	5 729 759	20 391 057	11 048 974	6 948 604	5 129 450	4 440 570	3 974 851
2006	5 925 570	21 087 913	11 426 568	7 186 069	5 304 747	4 592 324	4 110 690
2007	6 002 258	21 360 827	11 574 448	7 279 069	5 373 400	4 651 757	4 163 889
2008	6 672 607	23 746 465	12 867 115	8 092 016	5 973 516	5 171 278	4 628 924
2009	6 224 623	22 152 179	12 003 245	7 548 736	5 572 467	4 824 090	4 318 148
2010	6 624 582	23 575 553	12 774 506	8 033 775	5 930 523	5 134 059	4 595 608
2011	6 469 326	23 023 030	12 475 119	7 845 493	5 791 533	5 013 736	4 487 904
2012	6 878 389	24 478 801	13 263 934	8 341 572	6 157 738	5 330 759	4 771 679
2013	7 573 890	26 953 950	14 605 103	9 185 022	6 780 372	5 869 774	5 254 163
2014	7 599 920	27 046 586	14 655 298	9 216 589	6 803 675	5 889 947	5 272 220
2015	8 400 982	29 897 402	16 200 024	10 188 054	7 520 809	6 510 771	5 827 933
2016	8 876 202	31 588 617	17 116 416	10 764 365	7 946 240	6 879 067	
2017	10 154 930	36 139 353	19 582 250	12 315 106	9 090 996		
2018	11 171 655	39 757 671	21 542 850	13 548 110			
2019	13 573 520	48 305 428	26 174 485				
2020	14 404 658	51 263 279					
2021	16 175 930						

Figure 50 : Triangle décumulé prédit (Bootstrap)

Voir [Annexe 9](#) pour le triangle complet.

A partir des triangles des règlements réglés et estimés nous obtenons le triangle des résidus suivant :

	0	1	2	3	4	5	6
2000	914 -	224	37	232	83	64	51
2001	- 105 -	502 -	119	116	17	116	102
2002	278	54	35	185	260	1 -	91
2003	231 -	378 -	159	80	191	61	101
2004	- 289 -	450 -	5	67	316	400	183
2005	- 234 -	729 -	331	155	346	381	226
2006	- 120 -	714	38	427	326	142	263
2007	- 187 -	272	22	126	212	134	253
2008	- 138 -	101 -	152 -	17	46	165	108
2009	665	48 -	269 -	133 -	86	56 -	173
2010	422 -	280	118	58	25 -	50 -	74
2011	355	112	19	156 -	23 -	185 -	265
2012	342	329	28 -	160 -	66 -	366 -	103
2013	218	326 -	203	224 -	226 -	191	23
2014	754 -	43 -	18 -	100 -	249 -	127 -	212
2015	- 317	337	499 -	284 -	151 -	361 -	285
2016	- 463	223	156 -	12 -	106 -	70	
2017	- 381	444	202 -	154 -	599		
2018	- 353	573 -	27 -	628			
2019	- 422	231 -	10				
2020	- 448	238					
2021	-						

Figure 51 : Triangle des résidus de Pearson

Voir [Annexe 10](#) pour le triangle complet.

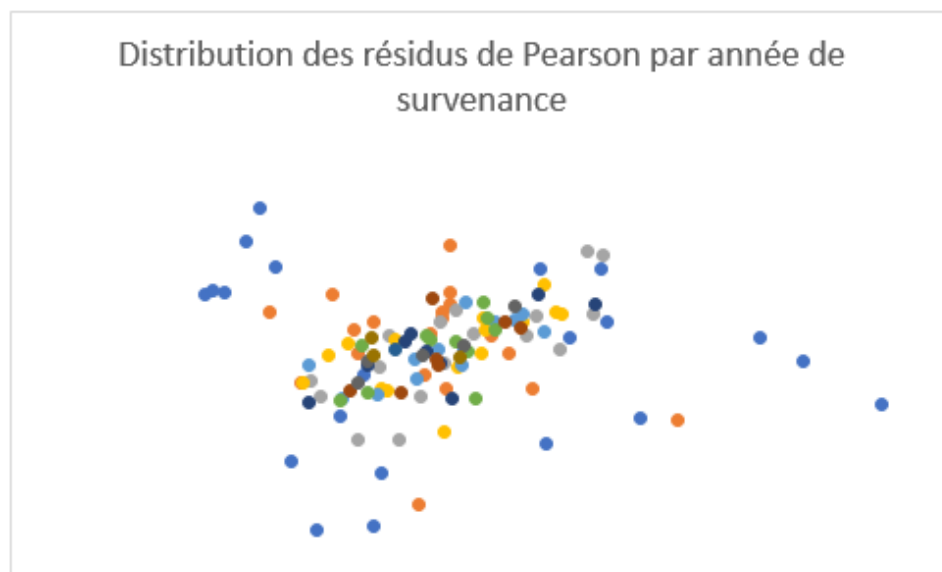


Figure 52 : Distribution des résidus de Pearson par année de survenance

Ces résidus sont bien aléatoires, on peut donc appliquer l'algorithme du Bootstrap sur ces résidus.

Nous choisissons d'effectuer 50 000 itérations, dont nous avons déduit le montant de la provision pour chaque itération. Ceci nous permet d'obtenir 50 000 observations de la variable aléatoire du montant des provisions.

La distribution de la provision est représentée par le graphique suivant :

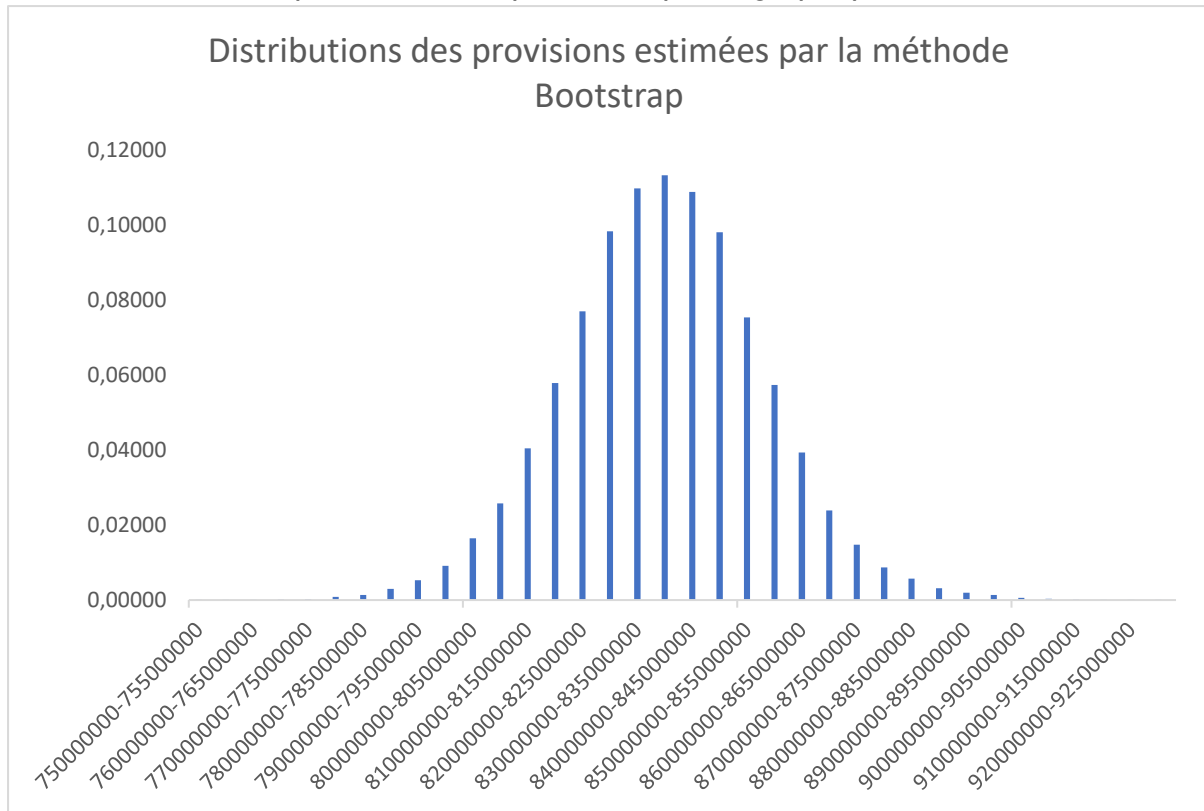


Figure 53 : Distribution des provisions estimées par la méthode Bootstrap

moyenne	écart-type
837 439 610	18 172 675

Figure 54 : Moyenne et écart type de la méthode Bootstrap

L'incertitude de l'estimation du montant moyen des provisions avec la méthode de Bootstrap est de **2,2%**.

D'après le graphique les provisions estimées suivent une loi normale, nous allons donc calculer un intervalle de confiance à 95%.

Intervalle de confiance	807 548 221	867 331 000
--------------------------------	-------------	-------------

Figure 55 : Intervalle de confiance à 95% selon la méthode Bootstrap

VaR sur la provision totale	
Probabilité	Bootstrap
50,00%	837 439 610
75,00%	849 696 893
95,00%	867 331 000
99,00%	879 715 573
99,50%	884 249 318

Figure 56 : VaR de la provision totale Bootstrap à différents quantiles

3.3.2.4. Marge de prudence IFRS 17

La provision moyenne estimée par les simulations Bootstrap est très similaire à l'estimation de la provision avec la méthode de Mack (Chain Ladder), ce qui confirme encore une fois la qualité des données de départ.

La marge de prudence issue de la méthode Bootstrap peut être utilisée lorsque les données ne sont pas fiables ou insuffisantes.

3.3.3. Synthèse

Provision totale		
	Mack	Bootstrap
Total	836 058 649	837 439 610
Ecart avec Mack		0,17%

Figure 57 : Tableau récapitulatif des provisions pour les méthodes stochastiques

Les résultats de charge à l'ultime entre la méthode Mack et Bootstrap sont très similaires, en effet l'écart est inférieur à 1%.

VaR sur la provision totale					
Probabilité	Bootstrap	Normale (Mack)	Log-normale (Mack)	Ecart Bootstrap/Normale	Log-normale (Mack)
50,00%	837 439 610	836 058 649	835 653 320	0,17%	0,21%
75,00%	849 696 893	853 624 559	853 392 109	-0,46%	-0,43%
95,00%	867 331 000	878 895 996	879 574 850	-1,32%	-1,39%
99,00%	879 715 573	896 644 326	898 441 944	-1,89%	-2,08%
99,50%	884 249 318	903 141 635	905 449 551	-2,09%	-2,34%

Figure 58 : Tableau récapitulatif des provisions estimées par niveau de VaR pour les méthodes stochastiques

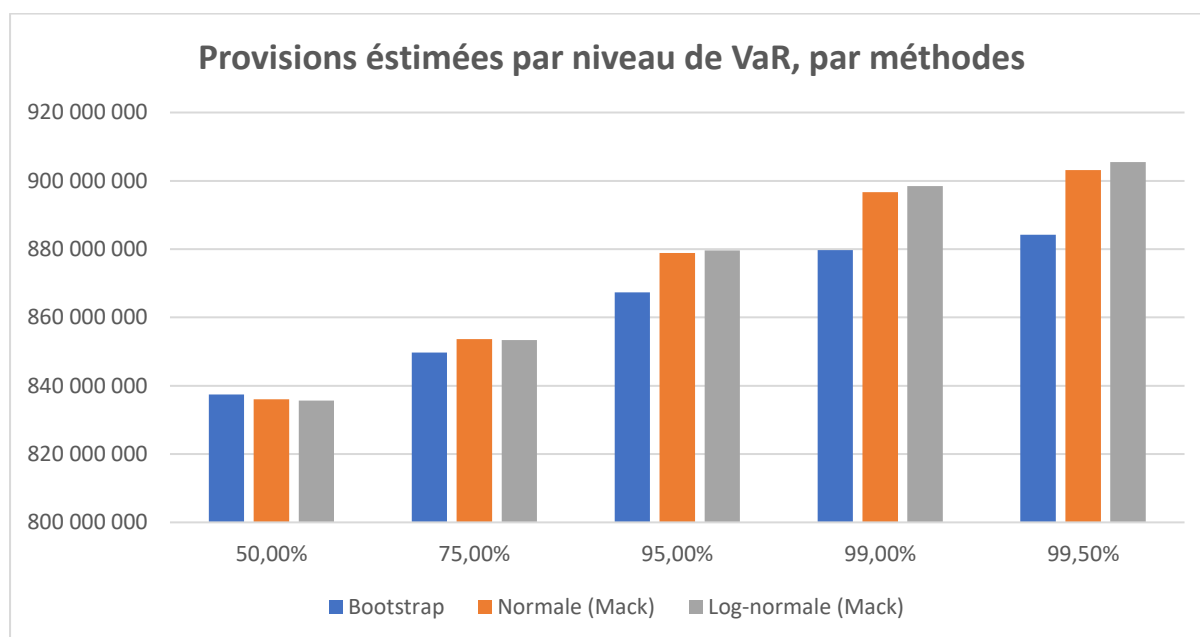


Figure 59 : Provisions estimées par niveau de VaR, par méthodes

Nous remarquons que plus le quantile est élevé plus l'écart entre les provisions Bootstrap et Mack augmente.

La méthode de Mack se base sur les résultats du Chain Ladder, qui est très robuste comme nous l'avons vu dans la partie dédiée. De plus, les données utilisées sont fiables et abondantes donc l'utilisation d'un grand nombre de simulation via la méthode Bootstrap n'est pas de rigueur.

De ce fait nous choisirons d'utiliser la méthode de Mack pour inclure des marges de prudence IFRS 17.

Conclusion

A la veille de la mise en place de la norme IFRS 17, l'objectif majeur pour les assureurs est d'optimiser leurs indicateurs de performance en choisissant avec soin leurs options de calcul, tout en respectant les exigences de la norme. Les nouveaux principes de valorisation prescrits par la norme IFRS 17 ont d'importants impacts sur les assureurs, aussi bien d'un point de vue organisationnel qu'opérationnel.

Dans ce contexte et pour répondre aux exigences de publication du groupe, il a fallu assurer le passage de comptes annuels vers des comptes trimestriels. Bien que cela puisse présenter des défis opérationnels, cela offre également des avantages tels qu'une meilleure visibilité sur les performances de l'entreprise et une réactivité accrue face aux changements du marché.

Dans ce mémoire nous avons détaillé les principales étapes nécessaires pour passer des comptes annuels aux comptes trimestriels en conformité avec la norme IFRS 17. Nous avons fait évoluer l'outil Prophet qui calcule les projections des flux chez Generali, ainsi que les inputs nécessaires au bon fonctionnement de ce dernier.

Cet outil permet désormais de projeter les flux sur 12, 9, 6, ou 3 mois en fonction du trimestre de clôture. Par ailleurs, nous avons également modifié les tables qu'on renseigne en entrée du modèle. Les tables d'hypothèses utilisées par Prophet étaient jusqu'alors pensées et construites en vue d'une projection annuelle. La plupart des tables ont pu être recyclées, mais nous avons dû modifier le processus de calcul qui sous-tend certaines tables, notamment celle concernant les taux d'écoulement.

Ces différents changements opérationnels et techniques nous ont permis d'aborder la transition vers le trimestriel avec succès. L'entreprise dispose d'une analyse plus régulière et un meilleur pilotage de l'activité.

L'autre enjeu de ce mémoire était de trouver des leviers de pilotage en IFRS 17 pour anticiper des incertitudes politiques, sociales ou sanitaires. La récente pandémie de Covid 19, ou la difficile mise en place de la réforme des retraites nous montrent la nécessité de chercher des solutions de manœuvre.

Si ce pilotage est simple en IFRS 4, via l'application d'une surcouverte de marge discrétionnaire dans les provisions, il devient nettement plus complexe en IFRS 17, où les provisions sont censées être « Best Estimate », épurées de toute marge.

Dans ce mémoire nous nous sommes concentrés sur la garantie incapacité/invalidité. Cette garantie est l'une des garanties les plus importantes en termes de chiffre d'affaires pour les assureurs en prévoyance santé. Elle permet de garantir le versement d'un revenu de remplacement en cas d'incapacité ou d'invalidité de l'assuré. Ensuite, cette garantie est très sensible aux changements de réglementation, en particulier avec l'arrivée de la norme IFRS 17. Enfin, cette garantie est complexe en termes de modélisation des flux de trésorerie futurs, ce qui en fait un bon exemple pour illustrer les enjeux liés à l'intégration de marge de prudence dans les provisions.

Nous avons exploré des méthodes déterministes et stochastiques pour déterminer des provisions IFRS 17 incluant des marges de prudence en accord avec les commissaires aux comptes.

Les méthodes de provisionnement évoluent beaucoup et offrent aujourd'hui une panoplie de possibilités à l'actuaire. Certaines méthodes laissent une certaine part au jugement d'expert de l'actuaire, c'est le cas des méthodes Chain Ladder et Bornhuetter-Fergusson. En effet la méthode Chain Ladder repose en grande partie sur le choix des coefficients de développement et la méthode Bornhuetter-Fergusson quant à elle s'appuie en majeure partie sur le choix des loss ratios. Ces deux paramètres peuvent être calculés différemment et être ajustés pour intégrer une marge de prudence. Cependant, en pratique, il est difficile de cibler une marge de prudence précise à intégrer dans les provisions avec ces deux méthodes.

Les méthodes stochastiques nous permettent d'avoir une idée du niveau de risque pris en constituant les provisions grâce à la *Value at Risk*. Il est donc possible de traduire par un paramètre le niveau de prudence qu'on veut inclure dans les provisions. La méthode de Mack se base sur les résultats du Chain Ladder, qui est très robuste comme nous l'avons vu dans la partie dédiée. De ce fait la méthode de Mack nous paraît être bien indiquée pour inclure des marges de prudence IFRS 17.

L'inclusion d'une marge prudence peut être capitale pour anticiper les impacts de la réforme des retraites. En effet, la réforme des retraites envisagée en France, qui prévoit un relèvement de l'âge de départ à la retraite, risque d'avoir un impact non négligeable sur les provisions estimées. Cet impact ne pourra être inclus dans les provisions « *Best Estimate* » que quand il sera chiffré et avéré. Mais les assureurs pourraient dès maintenant inclure une marge supplémentaire dans leurs comptes au titre de l'impact de la réforme des retraites pour couvrir une plus forte incertitude future.

Les méthodes stochastiques de provisionnement joueront un rôle important dans la gestion de ces risques, car elles prennent en compte les fluctuations des marchés financiers et des taux d'intérêt. En conclusion, l'utilisation de marges de prudence dans les modèles stochastiques peut aider à assurer que les provisions restent suffisantes même dans des scénarios de marché défavorables.

Bibliographie

- Alliage – *Le provisionnement : la méthode Chain Ladder*. (2021) <https://www.alliage-ad.com/actuariat/le-provisionnement-la-methode-chain-ladder/>
- CHARPENTIER Arthur et DENUIT Michel – « Mathématiques de l'Assurance Non-Vie-Tarifification et provisionnement », Economica - (2005)
- CROGUENNEC J. (2009) *Méthodes de calcul des provisions techniques en prévoyance arrêt de travail, cas particulier de la fonction publique*. Mémoire d'actuariat, Institut des actuaires
- Documents interne Generali.
- KIM C. (2012) *Méthodes stochastiques du calcul des provisions techniques en prévoyance*. Mémoire d'actuariat, Institut des actuaires
- KPMG - "Interim reporting choices under IFRS17" - 2021
- KPMG, "IFRS 17 implementation - The challenge of quarterly reporting", 2018.
- L'Argus de l'assurance – *Réforme des retraites : l'impact sur la prévoyance*. (2023) <https://www.argusdelassurance.com/epargne/reforme-des-retraites-l-impact-sur-la-prevoyance.210026>
- LEMAIRE J. () *Impacts du provisionnement en norme actuelle et en norme Solvabilité II*. Mémoire d'actuariat, Institut des actuaires
- MACK Thomas – "Distribution-free calculation of the standard error of Chain Ladder reserve estimates" – (1993)
- MICHAUD C. (2012) *La mesure du risque de provisionnement à horizon un an en assurance non-vie. Prise en compte du jugement d'expert et de données exogènes*. Mémoire d'actuariat, Institut des actuaires

Table des figures

Figure 1 : Pays appliquant les normes IFRS	33
Figure 2 : Modèle BBA	40
Figure 3 : Modèle PAA	40
Figure 4 : Modèle BBA vs modèle VFA	41
Figure 5 : Compte de résultat.....	42
Figure 6 : Ecoulement de la CSM	44
Figure 7 : Schéma du fonctionnement de Prophet	51
Figure 8 : Schéma du passage d'un état à l'autre	56
Figure 9 : Période de projection des taux d'écoulement « Table Futur » annuel.....	60
Figure 10 : Répartition des taux d'écoulement en fonction de l'année de projection et de la survenance	61
Figure 11 : Période de projection des taux d'écoulement « Table Futur » trimestrielle	61
Figure 13 : Répartition des taux d'écoulement en fonction de l'année de projection et de la survenance	62
Figure 14 : Période de projection des taux d'écoulement « Table Futur N » et « Table Futur >N »	63
Figure 15 : Répartition des taux d'écoulement en fonction de l'année de projection et de la survenance	63
Figure 16 : Taux d'écoulement pour sinistres en stock de l'année N 1TN (premier trimestre de l'année N)	65
Figure 17 : Taux d'écoulement pour sinistres de survenance future de l'année 1TN	65
Figure 18 : Taux d'écoulement pour sinistres en stock de l'année N 2TN (deuxième trimestre de l'année N)	66
Figure 19 : Taux d'écoulement pour sinistres de survenance future de l'année 2TN	66
Figure 20 : Triangle d'écoulement des prestations trimestriels	67
Figure 21 : Coefficient Chain Ladder	68
Figure 21 : Triangle des prestations trimestriels projeté	68
Figure 22 : Comparaison des taux trimestriels brut et des nouveaux taux trimestriels obtenus après adaptation aux taux annuels 2021	70
Figure 23 : Graphique de l'écoulement STOCK trimestriel.....	71
Figure 24 : Graphique Ecoulement FUTUR trimestriel	72

Figure 25 : Schéma Provisions techniques économiques et provisions techniques comptables.....	73
Figure 26 : Schéma des différentes provisions de sinistres	77
Figure 27 : Triangle de développement théorique	78
Figure 28 : Triangle cumulé théorique.....	79
Figure 29 : Triangle projeté théorique et provisions estimées	80
Figure 30 : Provisions réforme des retraites à injecter in fine.....	84
Figure 31 : Prestations liées au COVID19.....	85
Figure 32 : Triangle décumulé des prestations incapacité et invalidité	86
Figure 33 : Triangle cumulé des prestations incapacité et invalidité	87
Figure 34 : Coefficients de développement CL	88
Figure 35 : Triangle projeté CL.....	89
Figure 36 : Résultats Chain Ladder.....	89
Figure 37 : Facteurs de passage.....	90
Figure 38 : Coefficients de développement	91
Figure 39 : Coefficients de développement retenus	91
Figure 40 : Résultats Chain Ladder avec marge de prudence	92
Figure 41 : Primes, Loss ratios et Charge ultime à priori.....	94
Figure 42 : Estimateurs de la proportion des sinistres payés Z_k , les montants de provision R_i et la charge connu $C_{i,n}$	95
Figure 43 : Résultats avec la méthode Bornhuetter-Fergusson	95
Figure 44 : Tableau récapitulatif des provisions pour les méthodes déterministes ..	97
Figure 45 : Variance, écart type et volatilité pour chaque montant de provisions estimés.....	104
Figure 46 : Intervalle de confiance 75% pour les montants de provision estimés (Mack)	105
Figure 47 : Intervalle de confiance 95% pour les montants de provision estimés (Mack)	106
Figure 48 : VaR de la provision totale Mack à différents quantiles.....	106
Figure 49 : Triangle cumulé prédit (Bootstrap)	112
Figure 50 : Triangle décumulé prédit (Bootstrap)	112
Figure 51 : Triangle des résidus de Pearson.....	113
Figure 52 : Distribution des résidus de Pearson par année de survenance	113

Figure 53 : Distribution des provisions estimées par la méthode Bootstrap	114
Figure 54 : Moyenne et écart type de la méthode Bootstrap.....	114
Figure 55 : Intervalle de confiance à 95% selon la méthode Bootstrap.....	115
Figure 56 : VaR de la provision totale Bootstrap à différents quantiles	115
Figure 57 : Tableau récapitulatif des provisions pour les méthodes stochastiques	115
Figure 58 : Tableau récapitulatif des provisions estimées par niveau de VaR pour les méthodes stochastiques.....	116
Figure 59 : Provisions estimées par niveau de VaR, par méthodes.....	116

Annexe

Annexe 1 : Validation de l'hypothèse (H1) Chain Ladder/Mack

Nous cherchons à valider l'hypothèse suivante :

(H1) : Les années de survenance sont indépendantes entre elles :

$$\forall i \neq k, \quad 0 \leq i, k \leq n \quad [C_{i,1} \dots C_{i,n}] \text{ et } [C_{k,1} \dots C_{k,n}] \text{ sont indépendants}$$

Ce test proposé par Thomas Mack permet de tester l'indépendance des années de survenance qui peut être remise en cause dû à des effets dit « calendaires ». Ces effets peuvent intervenir par exemple à cause de changements dans la gestion des sinistres ou de l'inflation.

Nous calculons les facteurs de développement individuel $f_{i,j}$ et nous définissons les éléments d'une diagonale D_j par :

$$f_{i,j} = \frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}}$$
$$D_j = [D_{j,1}, D_{j,2}, \dots, D_{j,n}]$$

Avec : $1 \leq i, j \leq n$

Pour chaque colonne du triangle des facteurs de développement individuels, nous comparons ses éléments à la médiane de cette même colonne que nous notons :

$$med_j = \text{médiane}(f_{1,j}, \dots, f_{n-j,j})$$

Nous construisons ensuite un triangle qui est constitué de valeurs suivantes :

Pour un j fixé :

- Si $f_{i,j} < med_j$, alors nous attribuons la valeur -1
- Si $f_{i,j} = med_j$, alors nous attribuons la valeur 0
- Si $f_{i,j} > med_j$, alors nous attribuons la valeur 1

Pour chaque diagonale, nous notons P_j le nombre de « -1 » et G_j le nombre de « 1 ».

Soit $Z_j = \min(P_j; G_j)$, dans l'hypothèse d'absence d'effet calendaire la variable Z_j suit une loi binomiale $\mathcal{B}(n_j; p)$, avec $n_j = P_j + G_j$ et $p = 0,05$.

Thomas Mack a démontré que :

$$E(Z_j) = \frac{n_j}{2} - \left(\frac{n_j - 1}{2} \right) \frac{n_j}{2^{n_j}}$$

$$V(Z_j) = \frac{n_j(n_j - 1)}{2} - \left(\frac{n_j - 1}{2} \right) \frac{n_j(n_j - 1)}{2^{n_j}} + E(Z_j) - E(Z_j)^2$$

Soit la variable aléatoire :

$$Z = \sum_{k=2}^n Z_k$$

Tel que :

$$E(Z) = \sum_{k=2}^n E(Z_k) \quad \text{et} \quad V(Z) = \sum_{k=2}^n V(Z_k)$$

La somme de variables aléatoires binomiales converge vers une variable aléatoire normale, nous supposons que la variable suit une loi normale. Nous pouvons donc construire un intervalle de confiance à 95 % permettant de tester notre hypothèse principale.

Un intervalle de confiance à 95% est donné par :

$$\left[E(Z) - 1,96 \sqrt{V(Z)} ; E(Z) + 1,96 \sqrt{V(Z)} \right]$$

Si Z appartient à cet intervalle nous pouvons conclure que les années de survénances sont indépendantes.

Application :

k	P_j	G_j	Z_j	n_j	$E(Z_j)$	$V(Z_j)$
2	2	0	0	2	0,50	0,25
3	1	2	1	3	0,75	0,19
4	2	1	1	3	0,75	0,19
5	0	1	0	1	0,00	0,00
6	1	4	1	5	1,56	0,37
7	1	4	1	5	1,56	0,37
8	0	5	0	5	1,56	0,37
9	1	7	3	8	2,91	0,80
10	3	5	3	8	2,91	0,80
11	2	4	2	6	2,06	0,62
12	4	5	4	9	3,27	0,74
13	2	5	2	7	2,41	0,55
14	2	6	2	8	2,91	0,80
15	5	1	2	6	2,06	0,62
16	4	2	2	6	2,06	0,62
17	4	3	3	7	2,41	0,55
18	4	3	3	7	2,41	0,55
19	3	2	2	5	1,56	0,37
20	8	1	2	9	3,27	0,74
21	7	1	1	8	2,91	0,80
TOTAL	56	62	35	118	40	10

Niveau de confiance	0,95
Z	35
Zone de non rejet	[33,52 ; 46,12]
Résultat	Non rejetée

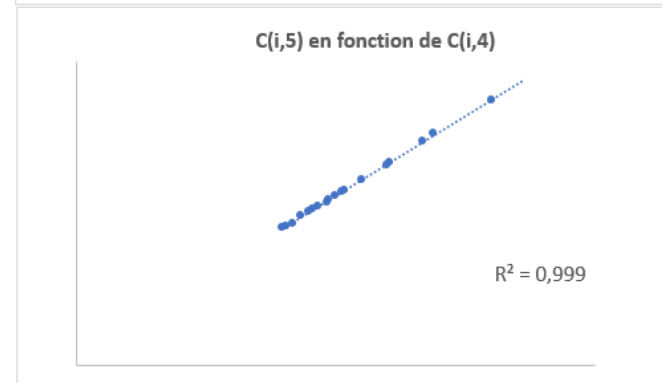
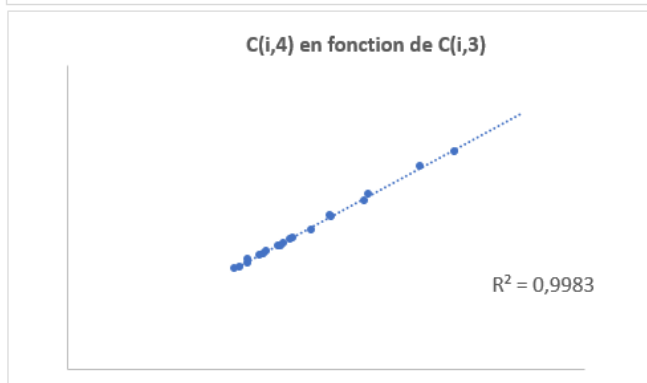
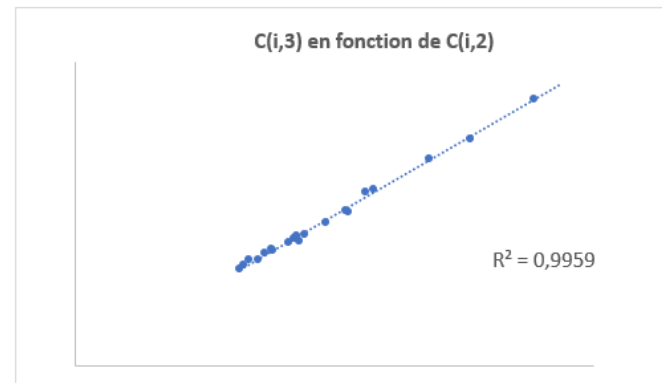
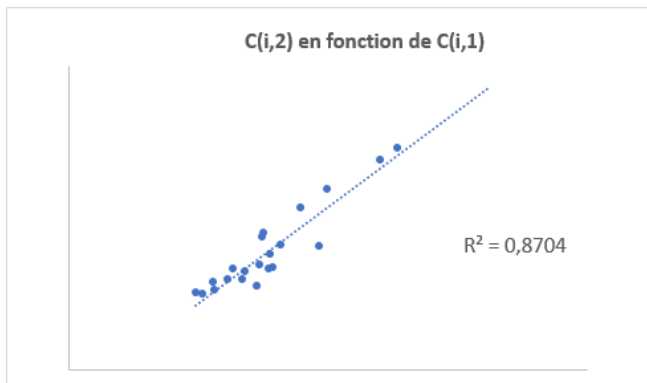
La valeur obtenue pour la variable Z est de 35. Elle appartient donc à la zone de non-rejet que nous avons déterminée, l'hypothèse (H1) est donc validée.

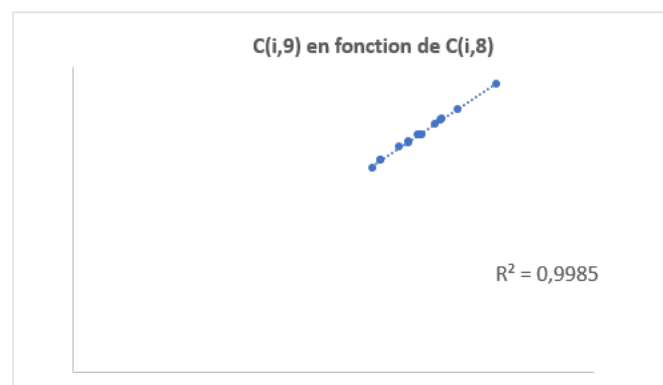
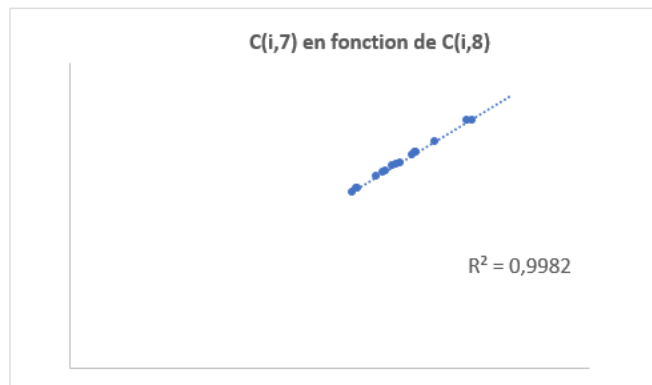
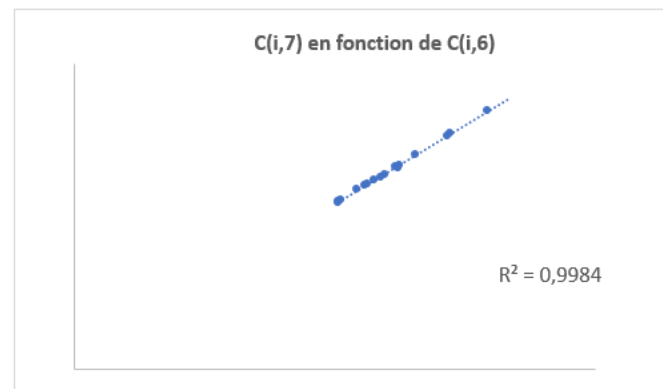
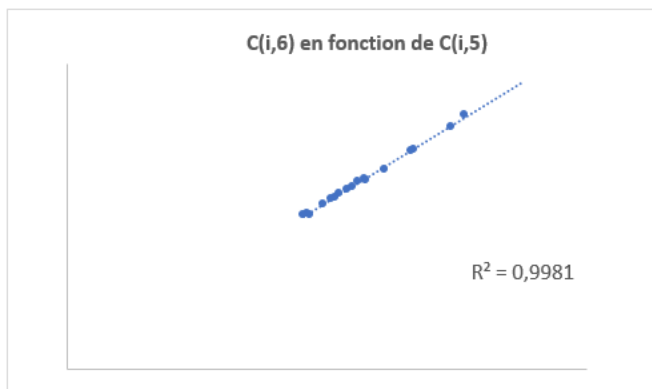
Annexe 2 : Validation de l'hypothèse (H2) Chain Ladder/Mack

Nous cherchons à valider l'hypothèse suivante :

(H2) : Les années de développement sont les variables explicatives du comportement des sinistres :

$$\exists \lambda_1 \dots \lambda_{n-1} > 0, \quad 0 \leq i \leq n, \quad 0 \leq j \leq n-1, \quad C_{i,j+1} = C_{i,j} \times \lambda_j$$





D'après les droites de régression précédentes nous constatons l'alignement des points le long de la droite de régression. De plus, la valeur du R^2 de chaque régression est proche de 1. Nous pouvons donc valider l'hypothèses (H2).

Le processus a été répété pour les années restantes, les résultats sont similaires à ceux présentés ci-dessus.

Annexe 3 : Validation de l'hypothèse (H3) Mack

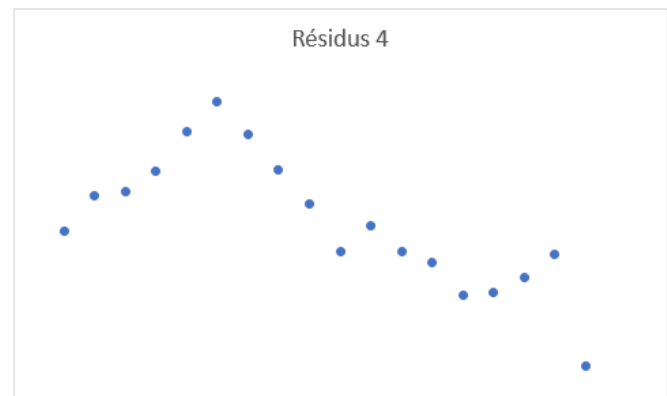
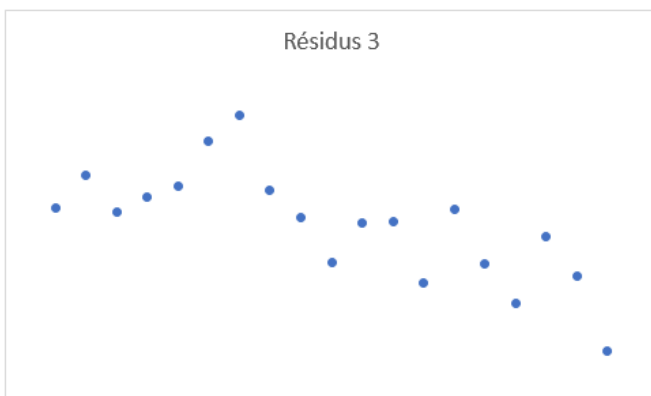
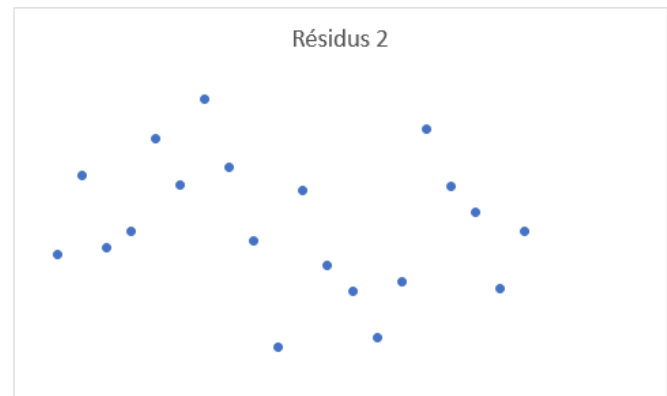
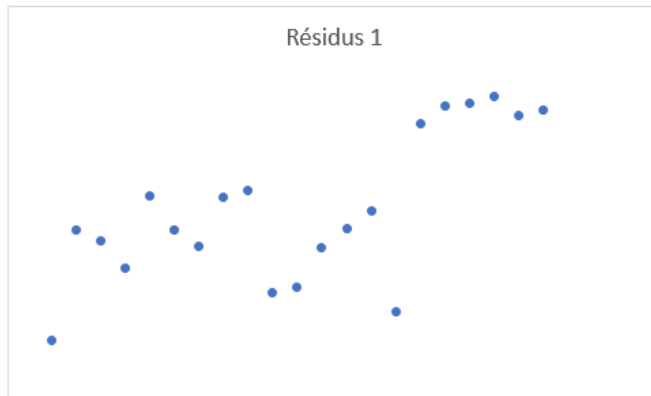
Nous cherchons à valider l'hypothèse suivante :

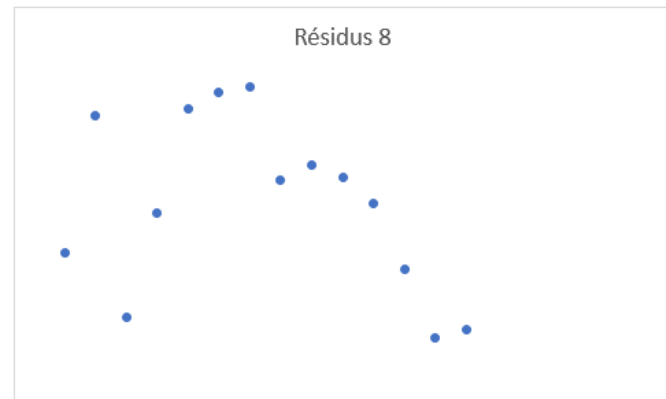
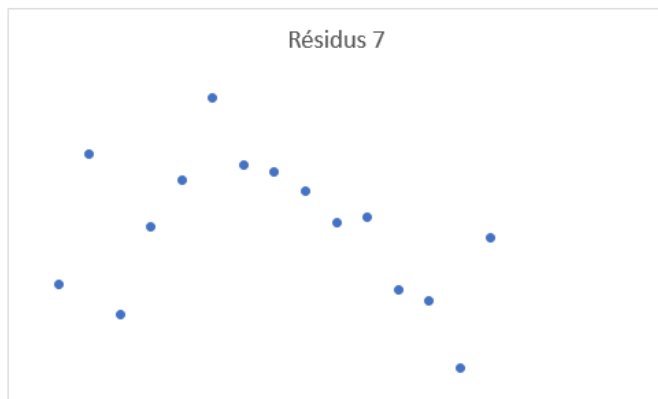
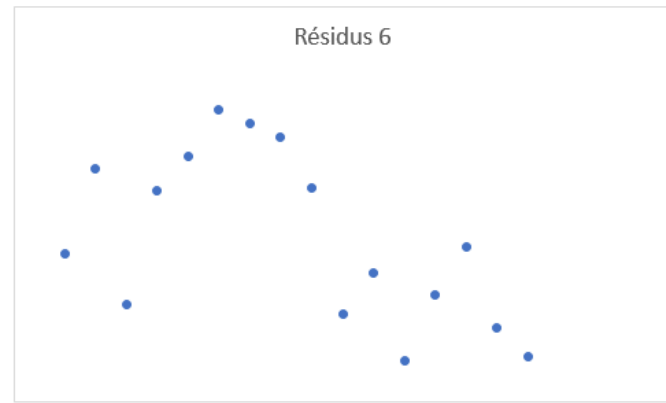
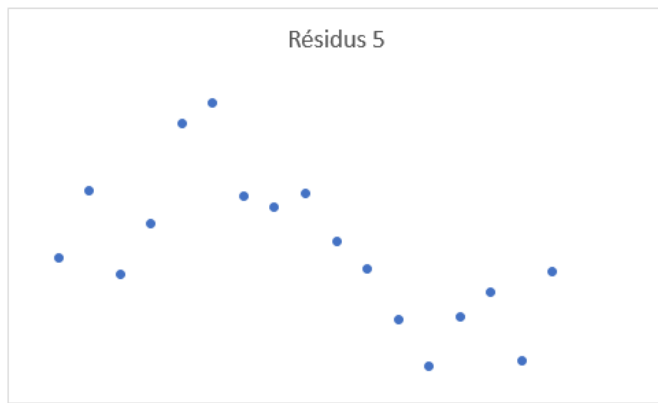
$$\mathbf{H_3:} \forall i = 1, \forall j, \text{Var}[C_{i,j} \mid C_{i,1}, \dots, C_{i,j}] = \sigma_j^2 C_{i,j}$$

On représente graphiquement les résidus $r_{i,j}$ en fonction des années de survénances

$$r_{i,j} = \frac{C_{i,j+1} - \lambda_j C_{i,j}}{\sqrt{C_{i,j+1}}}$$

Ces résidus doivent présenter une structure aléatoire.





Les résidus représentés ci-dessus semblent aléatoire, nous validons l'hypothèse (H3).

Le processus a été répété pour les années restantes, les résultats sont similaires à ceux présentés ci-dessus.

Annexe 4 : Triangle décumulé des prestations incapacité et invalidité

	0	1	2	3	4	5	6	7
2000	7 270 739	17 501 293	10 123 018	6 874 744	4 823 495	4 150 328	3 696 591	3 040 617
2001	6 134 477	20 384 133	11 923 527	8 084 838	5 770 822	5 218 504	4 655 752	4 158 502
2002	6 815 490	22 055 335	11 935 265	7 935 990	6 093 694	4 750 835	4 063 922	3 416 282
2003	6 692 832	20 018 231	11 256 581	7 640 976	5 927 374	4 876 194	4 453 170	3 709 888
2004	4 889 098	17 821 745	10 725 217	6 927 912	5 692 725	5 147 097	4 224 285	3 604 593
2005	5 169 054	17 098 899	9 948 664	7 356 030	5 912 286	5 244 039	4 426 384	3 984 382
2006	5 632 386	17 807 951	11 553 448	8 329 518	6 056 311	4 895 777	4 644 041	3 896 014
2007	5 543 027	20 105 099	11 648 776	7 620 116	5 864 382	4 941 808	4 680 461	3 958 957
2008	6 315 484	23 255 988	12 321 598	8 042 913	6 086 303	5 546 591	4 861 463	4 235 902
2009	7 884 914	22 376 968	11 071 820	7 184 675	5 369 240	4 946 658	3 958 637	3 844 868
2010	7 709 651	22 217 369	13 196 436	8 199 299	5 991 185	5 021 715	4 436 381	4 118 811
2011	7 371 604	23 562 695	12 542 521	8 282 524	5 736 592	4 599 990	3 927 318	3 689 009
2012	7 776 432	26 106 214	13 364 468	7 878 489	5 994 221	4 485 740	4 546 927	3 868 844
2013	8 174 180	28 648 623	13 830 914	9 865 093	6 191 284	5 406 086	5 306 658	3 904 485
2014	9 678 198	26 823 920	14 587 794	8 913 690	6 154 863	5 582 497	4 784 759	4 595 290
2015	7 481 015	31 739 619	18 207 285	9 282 177	7 106 073	5 589 952	5 139 855	
2016	7 497 316	32 844 236	17 761 998	10 725 239	7 646 940	6 695 178		
2017	8 940 725	38 806 818	20 476 575	11 774 363	7 284 154			
2018	9 992 196	43 373 042	21 417 918	11 237 130				
2019	12 018 142	49 910 834	26 124 457					
2020	12 703 422	52 964 516						
2021	16 175 930							

8	9	10	11	12	13	14	15
2 748 348	2 339 872	1 925 470	1 641 506	1 417 332	1 280 422	1 302 756	1 020 628
3 693 799	3 327 720	2 903 106	2 575 908	2 477 391	2 222 564	1 934 863	1 605 501
2 978 781	2 641 264	2 391 547	2 009 845	1 876 450	1 744 430	1 645 102	1 355 468
3 243 534	2 914 482	2 581 948	2 353 332	2 004 488	1 917 348	1 625 568	1 676 233
3 330 266	2 956 864	2 443 788	2 109 398	1 900 706	1 593 130	1 493 081	1 258 459
3 390 677	3 002 217	2 600 665	2 406 715	2 394 060	1 949 185	1 704 360	1 467 095
3 608 274	3 021 952	2 725 515	2 317 537	1 982 093	1 761 024	1 363 683	1 183 917
3 351 784	2 820 633	2 546 573	2 291 848	2 083 686	1 525 819	1 443 427	
3 731 808	3 599 725	2 956 541	2 465 616	2 170 463	2 044 251		
3 477 015	3 042 281	2 791 590	2 012 533	1 932 093			
3 599 871	3 238 600	2 574 427	2 487 078				
3 285 924	2 836 604	2 618 765					
3 229 567	3 238 992						
3 607 715							

16	17	18	19	20	21
904 351	774 634	733 823	655 079	572 655	547 558
1 383 489	1 131 687	1 101 592	737 301	844 686	
1 233 486	1 040 207	879 787	713 098		
1 443 601	1 247 219	1 171 108			
1 002 175	924 082				
1 228 771					

Annexe 5 : Triangle cumulé des prestations incapacité et invalidité

	0	1	2	3	4	5	6	7
2000	7 270 739	24 772 032	34 895 050	41 769 793	46 593 289	50 743 617	54 440 208	57 480 825
2001	6 134 477	26 518 610	38 442 137	46 526 976	52 297 798	57 516 302	62 172 054	66 330 555
2002	6 815 490	28 870 825	40 806 091	48 742 081	54 835 775	59 586 610	63 650 532	67 066 814
2003	6 692 832	26 711 063	37 967 644	45 608 619	51 535 993	56 412 188	60 865 358	64 575 246
2004	4 889 098	22 710 842	33 436 059	40 363 970	46 056 695	51 203 792	55 428 078	59 032 670
2005	5 169 054	22 267 953	32 216 617	39 572 647	45 484 933	50 728 972	55 155 356	59 139 738
2006	5 632 386	23 440 338	34 993 786	43 323 304	49 379 615	54 275 392	58 919 434	62 815 448
2007	5 543 027	25 648 126	37 296 902	44 917 018	50 781 399	55 723 207	60 403 668	64 362 625
2008	6 315 484	29 571 471	41 893 070	49 935 983	56 022 285	61 568 877	66 430 340	70 666 242
2009	7 884 914	30 261 882	41 333 702	48 518 377	53 887 617	58 834 275	62 792 913	66 637 780
2010	7 709 651	29 927 020	43 123 456	51 322 755	57 313 940	62 335 656	66 772 037	70 890 848
2011	7 371 604	30 934 299	43 476 820	51 759 343	57 495 936	62 095 925	66 023 244	69 712 252
2012	7 776 432	33 882 646	47 247 114	55 125 603	61 119 824	65 605 564	70 152 491	74 021 335
2013	8 174 180	36 822 803	50 653 717	60 518 810	66 710 093	72 116 180	77 422 837	81 327 322
2014	9 678 198	36 502 118	51 089 911	60 003 602	66 158 464	71 740 961	76 525 720	81 121 010
2015	7 481 015	39 220 633	57 427 919	66 710 096	73 816 169	79 406 121	84 545 975	
2016	7 497 316	40 341 552	58 103 550	68 828 790	76 475 730	83 170 908		
2017	8 940 725	47 747 544	68 224 119	79 998 482	87 282 636			
2018	9 992 196	53 365 239	74 783 157	86 020 286				
2019	12 018 142	61 928 976	88 053 433					
2020	12 703 422	65 667 938						
2021	16 175 930							

8	9	10	11	12	13	14	15
60 229 173	62 569 044	64 494 514	66 136 020	67 553 352	68 833 774	70 136 530	71 157 157
70 024 354	73 352 074	76 255 180	78 831 088	81 308 479	83 531 043	85 465 906	87 071 407
70 045 595	72 686 859	75 078 406	77 088 251	78 964 701	80 709 131	82 354 232	83 709 700
67 818 780	70 733 262	73 315 209	75 668 542	77 673 030	79 590 378	81 215 946	82 892 179
62 362 937	65 319 801	67 763 589	69 872 987	71 773 693	73 366 823	74 859 905	76 118 364
62 530 415	65 532 632	68 133 298	70 540 012	72 934 072	74 883 257	76 587 616	78 054 711
66 423 723	69 445 675	72 171 190	74 488 727	76 470 819	78 231 844	79 595 527	80 779 444
67 714 409	70 535 042	73 081 615	75 373 463	77 457 149	78 982 968	80 426 395	
74 398 050	77 997 775	80 954 317	83 419 933	85 590 396	87 634 647		
70 114 795	73 157 076	75 948 666	77 961 200	79 893 292			
74 490 720	77 729 320	80 303 747	82 790 825				
72 998 177	75 834 780	78 453 545					
77 250 901	80 489 893						
84 935 037							

16	17	18	19	20	21
72 061 509	72 836 142	73 569 965	74 225 044	74 797 699	75 345 256
88 454 897	89 586 583	90 688 175	91 425 476	92 270 162	
84 943 187	85 983 394	86 863 181	87 576 279		
84 335 780	85 582 998	86 754 106			
77 120 539	78 044 622				
79 283 482					

Annexe 6 : Triangle projeté des prestations incapacité et invalidité

	0	1	2	3	4	5	6	7
2000	7 270 739	24 772 032	34 895 050	41 769 793	46 593 289	50 743 617	54 440 208	57 480 825
2001	6 134 477	26 518 610	38 442 137	46 526 976	52 297 798	57 516 302	62 172 054	66 330 555
2002	6 815 490	28 870 825	40 806 091	48 742 081	54 835 775	59 586 610	63 650 532	67 066 814
2003	6 692 832	26 711 063	37 967 644	45 608 619	51 535 993	56 412 188	60 865 358	64 575 246
2004	4 889 098	22 710 842	33 436 059	40 363 970	46 056 695	51 203 792	55 428 078	59 032 670
2005	5 169 054	22 267 953	32 216 617	39 572 647	45 484 933	50 728 972	55 155 356	59 139 738
2006	5 632 386	23 440 338	34 993 786	43 323 304	49 379 615	54 275 392	58 919 434	62 815 448
2007	5 543 027	25 648 126	37 296 902	44 917 018	50 781 399	55 723 207	60 403 668	64 362 625
2008	6 315 484	29 571 471	41 893 070	49 935 983	56 022 285	61 568 877	66 430 340	70 666 242
2009	7 884 914	30 261 882	41 333 702	48 518 377	53 887 617	58 834 275	62 792 913	66 637 780
2010	7 709 651	29 927 020	43 123 456	51 322 755	57 313 940	62 335 656	66 772 037	70 890 848
2011	7 371 604	30 934 299	43 476 820	51 759 343	57 495 936	62 095 925	66 023 244	69 712 252
2012	7 776 432	33 882 646	47 247 114	55 125 603	61 119 824	65 605 564	70 152 491	74 021 335
2013	8 174 180	36 822 803	50 653 717	60 518 810	66 710 093	72 116 180	77 422 837	81 327 322
2014	9 678 198	36 502 118	51 089 911	60 003 602	66 158 464	71 740 961	76 525 720	81 121 010
2015	7 481 015	39 220 633	57 427 919	66 710 096	73 816 169	79 406 121	84 545 975	89 671 484
2016	7 497 316	40 341 552	58 103 550	68 828 790	76 475 730	83 170 908	89 328 511	94 743 956
2017	8 940 725	47 747 544	68 224 119	79 998 482	87 282 636	95 152 719	102 197 403	108 393 010
2018	9 992 196	53 365 239	74 783 157	86 020 286	96 021 484	104 679 530	112 429 536	119 245 455
2019	12 018 142	61 928 976	88 053 433	104 514 338	116 665 758	127 185 252	136 601 482	144 882 799
2020	12 703 422	65 667 938	93 445 146	110 913 991	123 809 469	134 973 097	144 965 903	153 754 305
2021	16 175 930	73 742 811	104 935 650	124 552 555	139 033 729	151 570 094	162 791 669	172 660 738

8	9	10	11	12	13	14	15
60 229 173	62 569 044	64 494 514	66 136 020	67 553 352	68 833 774	70 136 530	71 157 157
70 024 354	73 352 074	76 255 180	78 831 088	81 308 479	83 531 043	85 465 906	87 071 407
70 045 595	72 686 859	75 078 406	77 088 251	78 964 701	80 709 131	82 354 232	83 709 700
67 818 780	70 733 262	73 315 209	75 668 542	77 673 030	79 590 378	81 215 946	82 892 179
62 362 937	65 319 801	67 763 589	69 872 987	71 773 693	73 366 823	74 859 905	76 118 364
62 530 415	65 532 632	68 133 298	70 540 012	72 934 072	74 883 257	76 587 616	78 054 711
66 423 723	69 445 675	72 171 190	74 488 727	76 470 819	78 231 844	79 595 527	80 779 444
67 714 409	70 535 042	73 081 615	75 373 463	77 457 149	78 982 968	80 426 395	81 824 871
74 398 050	77 997 775	80 954 317	83 419 933	85 590 396	87 634 647	89 408 642	90 963 304
70 114 795	73 157 076	75 948 666	77 961 200	79 893 292	81 751 049	83 405 942	84 856 227
74 490 720	77 729 320	80 303 747	82 790 825	85 026 785	87 003 910	88 765 138	90 308 610
72 998 177	75 834 780	78 453 545	80 850 515	83 034 071	84 964 860	86 684 811	88 192 110
77 250 901	80 489 893	83 414 247	85 962 780	88 284 405	90 337 280	92 165 985	93 768 592
84 935 037	88 628 548	91 848 595	94 654 820	97 211 194	99 471 643	101 485 256	103 249 909
85 226 944	88 933 148	92 164 262	94 980 131	97 545 291	99 813 510	101 834 043	103 604 761
94 210 199	98 307 052	101 878 738	104 991 411	107 826 949	110 334 246	112 567 752	114 525 110
99 539 414	103 868 015	107 641 741	110 930 490	113 926 426	116 575 555	118 935 403	121 003 484
113 879 314	118 831 504	123 148 883	126 911 417	130 338 956	133 369 725	136 069 539	138 435 553
125 281 055	130 729 065	135 478 706	139 617 949	143 388 658	146 722 870	149 692 993	152 295 896
152 216 031	158 835 343	164 606 139	169 635 305	174 216 703	178 267 759	181 876 448	185 038 965
161 536 567	168 561 195	174 685 350	180 022 464	184 884 390	189 183 502	193 013 159	196 369 325
181 399 948	189 288 361	196 165 574	202 158 967	207 618 742	212 446 495	216 747 066	220 515 924

16	17	18	19	20	21
72 061 509	72 836 142	73 569 965	74 225 044	74 797 699	75 345 256
88 454 897	89 586 583	90 688 175	91 425 476	92 270 162	92 945 628
84 943 187	85 983 394	86 863 181	87 576 279	88 325 600	88 972 189
84 335 780	85 582 998	86 754 106	87 481 479	88 229 989	88 875 878
77 120 539	78 044 622	78 952 752	79 614 716	80 295 916	80 883 724
79 283 482	80 280 640	81 214 788	81 895 718	82 596 435	83 201 084
81 992 960	83 024 195	83 990 268	84 694 468	85 419 132	86 044 444
83 054 093	84 098 674	85 077 249	85 790 563	86 524 605	87 158 010
92 329 809	93 491 051	94 578 917	95 371 895	96 187 917	96 892 062
86 130 988	87 214 267	88 229 096	88 968 836	89 730 072	90 386 942
91 665 279	92 818 164	93 898 200	94 685 471	95 495 620	96 194 697
89 516 984	90 642 850	91 697 573	92 466 394	93 257 556	93 940 249
95 177 240	96 374 295	97 495 710	98 313 144	99 154 332	99 880 193
104 800 990	106 119 084	107 353 890	108 253 978	109 180 222	109 979 478
105 161 173	106 483 797	107 722 846	108 626 028	109 555 455	110 357 458
116 245 574	117 707 608	119 077 259	120 075 639	121 103 031	121 989 568
122 821 270	124 366 008	125 813 135	126 867 991	127 953 500	128 890 186
140 515 214	142 282 490	143 938 094	145 144 915	146 386 806	147 458 433
154 583 775	156 527 993	158 349 359	159 677 008	161 043 238	162 222 158
187 818 730	190 180 948	192 393 901	194 006 990	195 666 954	197 099 338
199 319 301	201 826 163	204 174 620	205 886 482	207 648 090	209 168 182
223 828 644	226 643 763	229 280 998	231 203 361	233 181 585	234 888 595

Annexe 7 : Triangle des facteurs de passage

	N+1/N	N+2/N+1	N+3/N+2	N+4/N+3	N+5/N+4	N+6/N+5	N+7/N+6
2000	3,407	1,409	1,197	1,115	1,089	1,073	1,056
2001	4,323	1,450	1,210	1,124	1,100	1,081	1,067
2002	4,236	1,413	1,194	1,125	1,087	1,068	1,054
2003	3,991	1,421	1,201	1,130	1,095	1,079	1,061
2004	4,645	1,472	1,207	1,141	1,112	1,082	1,065
2005	4,308	1,447	1,228	1,149	1,115	1,087	1,072
2006	4,162	1,493	1,238	1,140	1,099	1,086	1,066
2007	4,627	1,454	1,204	1,131	1,097	1,084	1,066
2008	4,682	1,417	1,192	1,122	1,099	1,079	1,064
2009	3,838	1,366	1,174	1,111	1,092	1,067	1,061
2010	3,882	1,441	1,190	1,117	1,088	1,071	1,062
2011	4,196	1,405	1,191	1,111	1,080	1,063	1,056
2012	4,357	1,394	1,167	1,109	1,073	1,069	1,055
2013	4,505	1,376	1,195	1,102	1,081	1,074	1,050
2014	3,772	1,400	1,174	1,103	1,084	1,067	1,060
2015	5,243	1,464	1,162	1,107	1,076	1,065	
2016	5,381	1,440	1,185	1,111	1,088		
2017	5,340	1,429	1,173	1,091			
2018	5,341	1,401	1,150				
2019	5,153	1,422					
2020	5,169						

N+8/N+7	N+9/N+8	N+10/N+9	N+11/N+10	N+12/N+11	N+13/N+12	N+14/N+13
1,048	1,039	1,031	1,025	1,021	1,019	1,019
1,056	1,048	1,040	1,034	1,031	1,027	1,023
1,044	1,038	1,033	1,027	1,024	1,022	1,020
1,050	1,043	1,037	1,032	1,026	1,025	1,020
1,056	1,047	1,037	1,031	1,027	1,022	1,020
1,057	1,048	1,040	1,035	1,034	1,027	1,023
1,057	1,045	1,039	1,032	1,027	1,023	1,017
1,052	1,042	1,036	1,031	1,028	1,020	1,018
1,053	1,048	1,038	1,030	1,026	1,024	
1,052	1,043	1,038	1,026	1,025		
1,051	1,043	1,033	1,031			
1,047	1,039	1,035				
1,044	1,042					
1,044						

N+15/N+14	N+16/N+15	N+17/N+16	N+18/N+17	N+19/N+18	N+20/N+19	N+21/N+20
1,015	1,013	1,011	1,010	1,009	1,008	1,007
1,019	1,016	1,013	1,012	1,008	1,009	
1,016	1,015	1,012	1,010	1,008		
1,021	1,017	1,015	1,014			
1,017	1,013	1,012				
1,019	1,016					
1,015						

Annexe 8 : Coefficients de développement

	1	2	3	4	5	6	7
Coeff Chain Ladder classique	4,559	1,423	1,187	1,116	1,090	1,074	1,061
Moyenne de tous les coeff	4,503	1,426	1,191	1,119	1,091	1,075	1,061
Moyenne pondérée	4,638	1,424	1,187	1,116	1,090	1,074	1,061
Moyenne 3 ans	5,221	1,417	1,169	1,103	1,083	1,068	1,055
Moyenne deux ans	5,161	1,412	1,161	1,101	1,082	1,066	1,055
Médiane de tous les coeff	4,357	1,422	1,192	1,116	1,089	1,073	1,061
Médiane 5 ans	5,255	1,425	1,167	1,105	1,083	1,068	1,056
Coefficient N-1	5,169	1,422	1,150	1,091	1,088	1,065	1,060

8	9	10	11	12	13	14
1,051	1,043	1,036	1,031	1,027	1,023	1,020
1,051	1,044	1,036	1,031	1,027	1,023	1,020
1,051	1,043	1,037	1,031	1,027	1,023	1,020
1,046	1,043	1,036	1,031	1,026	1,023	1,019
1,045	1,041	1,035	1,029	1,026	1,022	1,019
1,051	1,043	1,036	1,031	1,027	1,023	1,020
1,044	1,040	1,034	1,029	1,025	1,022	1,018
1,044	1,042	1,035	1,031	1,025	1,024	1,018

15	16	17	18	19	20	21
1,017	1,015	1,013	1,012	1,008	1,009	1,007
1,017	1,015	1,013	1,012	1,008	1,008	1,007
1,017	1,015	1,012	1,011	1,008	1,008	1,007
1,018	1,015	1,013	1,011	1,008	1,008	1,007
1,017	1,015	1,013	1,012	1,008	1,008	1,007
1,017	1,015	1,013	1,012	1,008	1,009	1,007
1,017	1,014	1,013	1,012	1,008	1,008	1,007
1,015	1,016	1,012	1,014	1,008	1,009	1,007

Annexe 8 : Triangle cumulé prédit (Bootstrap)

	0	1	2	3	4	5	6
2000	5 188 756	23 654 494	33 660 227	39 952 745	44 597 874	48 619 166	52 218 713
2001	6 400 830	29 180 096	41 523 131	49 285 558	55 015 771	59 976 422	64 416 809
2002	6 127 194	27 932 643	39 748 011	47 178 593	52 663 839	57 412 422	61 662 982
2003	6 120 561	27 902 406	39 704 985	47 127 523	52 606 831	57 350 274	61 596 233
2004	5 570 170	25 393 285	36 134 518	42 889 585	47 876 167	52 193 056	56 057 197
2005	5 729 759	26 120 816	37 169 790	44 118 394	49 247 844	53 688 414	57 663 265
2006	5 925 570	27 013 483	38 440 051	45 626 120	50 930 867	55 523 192	59 633 881
2007	6 002 258	27 363 085	38 937 533	46 216 602	51 590 002	56 241 759	60 405 648
2008	6 672 607	30 419 072	43 286 187	51 378 203	57 351 719	62 522 997	67 151 922
2009	6 224 623	28 376 802	40 380 047	47 928 783	53 501 251	58 325 341	62 643 489
2010	6 624 582	30 200 135	42 974 641	51 008 417	56 938 939	62 072 998	66 668 606
2011	6 469 326	29 492 356	41 967 474	49 812 968	55 604 501	60 618 237	65 106 141
2012	6 878 389	31 357 189	44 621 123	52 962 696	59 120 434	64 451 193	69 222 872
2013	7 573 890	34 527 840	49 132 943	58 317 965	65 098 337	70 968 111	76 222 273
2014	7 599 920	34 646 506	49 301 804	58 518 394	65 322 068	71 212 015	76 484 236
2015	8 400 982	38 298 384	54 498 409	64 686 463	72 207 271	78 718 042	84 545 975
2016	8 876 202	40 464 819	57 581 235	68 345 600	76 291 840	83 170 908	
2017	10 154 930	46 294 284	65 876 534	78 191 640	87 282 636		
2018	11 171 655	50 929 326	72 472 176	86 020 286			
2019	13 573 520	61 878 948	88 053 433				
2020	14 404 658	65 667 938					
2021	16 175 930						

7	8	9	10	11	12	13	14
55 384 416	58 187 694	60 718 061	62 924 066	64 846 568	66 597 901	68 146 500	69 525 995
68 322 009	71 780 122	74 901 574	77 622 894	79 994 484	82 154 922	84 065 268	85 767 009
65 401 234	68 711 512	71 699 522	74 304 504	76 574 709	78 642 788	80 471 467	82 100 457
65 330 438	68 637 133	71 621 908	74 224 071	76 491 818	78 557 658	80 384 357	82 011 585
59 455 604	62 464 945	65 181 315	67 549 478	69 613 299	71 493 369	73 155 802	74 636 701
61 159 038	64 254 598	67 048 793	69 484 805	71 607 756	73 541 690	75 251 753	76 775 080
63 249 121	66 450 471	69 340 156	71 859 418	74 054 919	76 054 945	77 823 449	79 398 835
64 067 676	67 310 456	70 237 539	72 789 405	75 013 320	77 039 229	78 830 621	80 426 395
71 222 934	74 827 878	78 081 865	80 918 731	83 391 019	85 643 188	87 634 647	
66 441 183	69 804 099	72 839 620	75 486 025	77 792 329	79 893 292		
70 710 319	74 289 316	77 519 884	80 336 331	82 790 825			
69 053 130	72 548 249	75 703 104	78 453 545				
73 419 434	77 135 553	80 489 893					
80 843 166	84 935 037						
81 121 010							

15	16	17	18	19	20	21
70 734 932	71 797 554	72 700 560	73 546 507	74 163 143	74 797 699	75 345 256
87 258 349	88 569 195	89 683 140	90 726 697	91 487 377	92 270 162	
83 528 042	84 782 850	85 849 174	86 848 118	87 576 279		
83 437 624	84 691 074	85 756 243	86 754 106			
75 934 504	77 075 237	78 044 622				
78 110 067	79 283 482					
80 779 444						

Annexe 9 : Triangle décumulé prédit (Bootstrap)

	0	1	2	3	4	5	6
2000	5 188 756	18 465 738	10 005 733	6 292 518	4 645 129	4 021 292	3 599 547
2001	6 400 830	22 779 266	12 343 034	7 762 427	5 730 214	4 960 651	4 440 387
2002	6 127 194	21 805 449	11 815 368	7 430 582	5 485 246	4 748 583	4 250 560
2003	6 120 561	21 781 845	11 802 578	7 422 538	5 479 308	4 743 442	4 245 959
2004	5 570 170	19 823 115	10 741 232	6 755 067	4 986 582	4 316 889	3 864 141
2005	5 729 759	20 391 057	11 048 974	6 948 604	5 129 450	4 440 570	3 974 851
2006	5 925 570	21 087 913	11 426 568	7 186 069	5 304 747	4 592 324	4 110 690
2007	6 002 258	21 360 827	11 574 448	7 279 069	5 373 400	4 651 757	4 163 889
2008	6 672 607	23 746 465	12 867 115	8 092 016	5 973 516	5 171 278	4 628 924
2009	6 224 623	22 152 179	12 003 245	7 548 736	5 572 467	4 824 090	4 318 148
2010	6 624 582	23 575 553	12 774 506	8 033 775	5 930 523	5 134 059	4 595 608
2011	6 469 326	23 023 030	12 475 119	7 845 493	5 791 533	5 013 736	4 487 904
2012	6 878 389	24 478 801	13 263 934	8 341 572	6 157 738	5 330 759	4 771 679
2013	7 573 890	26 953 950	14 605 103	9 185 022	6 780 372	5 869 774	5 254 163
2014	7 599 920	27 046 586	14 655 298	9 216 589	6 803 675	5 889 947	5 272 220
2015	8 400 982	29 897 402	16 200 024	10 188 054	7 520 809	6 510 771	5 827 933
2016	8 876 202	31 588 617	17 116 416	10 764 365	7 946 240	6 879 067	
2017	10 154 930	36 139 353	19 582 250	12 315 106	9 090 996		
2018	11 171 655	39 757 671	21 542 850	13 548 110			
2019	13 573 520	48 305 428	26 174 485				
2020	14 404 658	51 263 279					
2021	16 175 930						

7	8	9	10	11	12	13
3 165 703	2 803 278	2 530 367	2 206 005	1 922 502	1 751 333	1 548 599
3 905 199	3 458 113	3 121 452	2 721 320	2 371 591	2 160 438	1 910 346
3 738 252	3 310 279	2 988 009	2 604 983	2 270 205	2 068 079	1 828 679
3 734 205	3 306 695	2 984 775	2 602 163	2 267 748	2 065 840	1 826 699
3 398 407	3 009 341	2 716 369	2 368 164	2 063 821	1 880 070	1 662 433
3 495 773	3 095 560	2 794 195	2 436 013	2 122 950	1 933 935	1 710 063
3 615 240	3 201 350	2 889 685	2 519 262	2 195 501	2 000 026	1 768 504
3 662 027	3 242 781	2 927 083	2 551 866	2 223 915	2 025 910	1 791 391
4 071 013	3 604 944	3 253 987	2 836 866	2 472 288	2 252 169	1 991 459
3 797 694	3 362 916	3 035 522	2 646 405	2 306 304	2 100 963	
4 041 712	3 578 998	3 230 567	2 816 448	2 454 494		
3 946 989	3 495 119	3 154 855	2 750 441			
4 196 562	3 716 119	3 354 340				
4 620 893	4 091 871					
4 636 774						

14	15	16	17	18	19	20	21
1 379 495	1 208 937	1 062 622	903 006	845 946	616 636	634 555	547 558
1 701 740	1 491 340	1 310 847	1 113 945	1 043 556	760 680	782 785	
1 628 990	1 427 585	1 254 808	1 066 324	998 944	728 161		
1 627 227	1 426 040	1 253 449	1 065 169	997 863			
1 480 899	1 297 803	1 140 733	969 384				
1 523 327	1 334 986	1 173 416					
1 575 386	1 380 609						
1 595 775							

Annexe 10 : Triangle des résidus de Pearson (Bootstrap)

	0	1	2	3	4	5	6
2000	914 -	224	37	232	83	64	51
2001	- 105 -	502 -	119	116	17	116	102
2002	278	54	35	185	260	1 -	91
2003	231 -	378 -	159	80	191	61	101
2004	- 289 -	450 -	5	67	316	400	183
2005	- 234 -	729 -	331	155	346	381	226
2006	- 120 -	714	38	427	326	142	263
2007	- 187 -	272	22	126	212	134	253
2008	- 138 -	101 -	152 -	17	46	165	108
2009	665	48 -	269 -	133 -	86	56 -	173
2010	422 -	280	118	58	25 -	50 -	74
2011	355	112	19	156 -	23 -	185 -	265
2012	342	329	28 -	160 -	66 -	366 -	103
2013	218	326 -	203	224 -	226 -	191	23
2014	754 -	43 -	18 -	100 -	249 -	127 -	212
2015	- 317	337	499 -	284 -	151 -	361 -	285
2016	- 463	223	156 -	12 -	106 -	70	
2017	- 381	444	202 -	154 -	599		
2018	- 353	573 -	27 -	628			
2019	- 422	231 -	10				
2020	- 448	238					
2021	-						

7	8	9	10	11	12	13
- 70 -	33	120	189	203	252	216 -
128	127	117	110	133	216	226
- 167 -	182	201	132	173	133	62
- 13 -	35	41	13	57	43	67 -
112	185	146	49	32	15	54
261	168	124	105	195	331	183
148	227	78	130	82	13	6 -
155	61	62	3	46	41	198 -
82	67	192	71	4	54	37
24	62	4	89	193	117	
38	11	4	144	21		
- 130 -	112	179	79			
- 160 -	252	63				
- 333 -	239					
- 19						

14	15	16	17	18	19	20	21
- 65 -	171	154	135	122	49	78	-
179	93	63	17	57	27	70	
13	60	19	25	119	18		
- 1	210	170	176	173			
10	35	130	46				
147	114	51					
- 169 -	167						
- 121							