



Guide de provisionnement des sinistres en assurance non-vie

FÉVRIER 2023

Rédigé par le Groupe de Travail sur le Provisionnement des Sinistres Non-Vie de l'Institut des actuaires



Disclaimer

Introduction

Le provisionnement des sinistres à payer et sinistres futurs (IBNR) est un élément important des états financiers d'une compagnie d'assurance. Les actuaires sont sollicités pour estimer ou vérifier leurs montants et doivent être en mesure de juger leur suffisance et leur conformité par rapport à la réglementation en vigueur.

Au travers du groupe de travail Provisionnement Non-Vie, l'Institut des actuaires a préparé et publié ce guide avec pour objectif de constituer une base documentaire pour accompagner les actuaires dans la pratique du provisionnement des sinistres non-vie dans le cadre des comptes statutaires, en utilisant une terminologie cohérente et facilement accessible.

Un document similaire sur le *Best Estimate Liabilities Non-vie* publié en avril 2016 dans le cadre de Solvabilité 2 est également disponible sur le [site de l'institut](#).

Contenu

Il existe un grand nombre de méthodes envisageables pour le calcul des provisions en non-vie. Certaines de ces méthodes sont courantes, d'autres ne sont que rarement utilisées.

Dans ce document nous nous concentrerons sur les approches les plus utilisées sur le marché français dans le cadre du provisionnement, à savoir :

- Chain-Ladder ;
- Loss Ratio ;
- Bornhuetter-Ferguson (et par extension Benktander).

Il y sera également présenté une comparaison succincte entre les différentes méthodes sans pour autant trancher sur la méthode la plus adaptée ; ce choix reviendra à l'actuaire qui effectuera son jugement en fonction des éléments qui lui seront disponibles.

Nous introduirons également quelques méthodes stochastiques ceux de Mack et du Bootstrap, les méthodes stochastiques les plus couramment utilisées sur le marché, dans le cas où des actuaires s'intéresseraient à la volatilité de leurs provisions.

Ce document introduira également la notion de segmentation du provisionnement par risques homogènes. Dans cette partie, nous proposerons une approche opérationnelle pour le passage du provisionnement S1 vers S2.

La quatrième partie a pour vocation d'énoncer les différentes problématiques qu'un actuaire peut rencontrer dans le provisionnement de chaque branche et de suggérer des approches à mettre en place.

Nous présenterons également un cas pratique pour le calcul des IBNR sur la branche RC Automobile. Dans cet exemple, nous comparerons les résultats de différentes approches.

L'avant-dernière partie fera rappel des exigences concernant la qualité des données nécessaire au bon déroulement du provisionnement.

Enfin, nous présenterons les autres provisions techniques réglementaires. Un renvoi à la réglementation sera effectué et nous indiquerons nos recommandations pour le calcul de ses provisions lorsque la méthode de calcul n'est pas prescrite dans la donne comptable.



Limites

L'objectif de ce document étant de présenter les approches les plus observées sur le marché, il ne garantit pas l'exhaustivité des approches dans le cadre du provisionnement non-vie.

Par ailleurs, ce document ne traitera pas des risques Santé et Cyber, étudiés par d'autres groupes de travail de l'Institut.



Table des matières

Disclamer	1
Table des matières	3
1. Généralités sur le provisionnement	5
1.a. Lien entre l'indemnisation des sinistres et le provisionnement	5
1.b. Relation entre la charge et les IBNR	5
1.c. Introduction au calcul des IBNR	6
2. Méthodes déterministes	8
2.a. Chain-Ladder	8
2.b. Méthode du S/P à l'ultime ou <i>Loss Ratio</i>	13
2.c. Bornhuetter-Ferguson.....	16
2.d. Synthèses des méthodes de provisionnement déterministes	20
3. Méthodes stochastiques	24
3.a. Utilisation des méthodes stochastiques dans le cadre de l'arrêté des comptes S1	24
3.b. Le modèle de Mack	25
3.c. Méthode Bootstrap	28
3.d. Synthèses des méthodes de provisionnement stochastiques	30
4. Segmentation et groupes de risques homogènes	34
4.a. Segmentation et mailles de provisionnement	34
4.b. Passage des <i>LoB S2</i> aux cat-min	36
4.c. Les sinistres graves	36
4.d. Synthèse sur la segmentation des données pour le provisionnement.....	37
4.e. Références réglementaires	38
5. Propositions de méthodologies en fonction des branches	39
5.a. Assurance Automobile.....	39
5.b. Assurance Dommages aux Biens	42
5.c. Assurance Protection Juridique	43
5.d. Assurance Construction	45
5.e. Assurance RC Générale.....	47
5.f. Assurance RC Médicale	48
5.g. Catastrophes Naturelles	50
5.h. Assurances Crédit / Caution.....	52
5.i. Assurances Marine, Aviation & Transport	54
5.j. Assurance Dommage Corporel Individuel	55
5.k. Assurance Emprunteur – Garantie perte d'emploi	57
6. Cas pratique de provisionnement pour la RC Automobile	59
6.a. Distinction des branches RC matériel et RC corporel.....	59



6.b. Cas pratique	59
7. Qualité des données utilisées pour l'estimation des provisions techniques	64
7.a. L'analyse de la qualité de données	64
7.b. L'utilisation de données « externes »	65
7.c. Liste non exhaustive des différents contrôles pouvant être mis en place pour s'assurer de la qualité des données	66
8. Autres provisions techniques	67
8.a. Provision pour frais de gestions des sinistres (PFGS)	67
8.b. Provision pour prime non acquises (PPNA)	69
8.c. Provision pour risques en cours (PREC)	70
8.d. Frais d'acquisition reportés (FAR)	71
8.e. Provision d'égalisation (PE)	71
8.f. Provision mathématique pour rentes (PM de rentes)	72
8.g. Provision pour rentes potentielles	73
8.h. Provision pour risque croissant (PRC)	73
8.i. Prévision de recours (PRAE)	74
8.j. Provision pour sinistres non encore manifestés (PSNEM)	74
9. Annexes	77
9.a. Références théoriques	77
9.b. Autres articles	77
9.c. Lexique	78
9.d. Exemple de validation des hypothèses du modèle de Mack	80
9.e. La place du modèle de Mack en France et à l'international	84



1. Généralités sur le provisionnement

1.a. Lien entre l'indemnisation des sinistres et le provisionnement

Le provisionnement est une pratique actuarielle incontournable pour la bonne marche d'un organisme d'assurance du fait de l'inversion du cycle de production mais également à cause du délai de traitement que peut nécessiter l'indemnisation des sinistres potentiels.

L'assuré paye une prime (ou cotisation) pour se couvrir contre la survenance d'un risque défini pour une période définie, correspondant habituellement à une année dans le cadre de l'assurance non-vie. Il s'agira de l'année de rattachement de la police et, dans le cas général, de l'année de survenance du fait générateur du potentiel sinistre. Le sinistre pouvant être déclaré, voire se manifester, à une période ultérieure, l'assureur se doit de mettre en réserve une partie de la prime reçue pour prendre en charge les règlements à venir.

Les sinistres survenus et déclarés, font l'objet d'une évaluation de charge individuelle, appelée Dossier/Dossier, qui est progressivement ajustée avec les informations et les délais nécessités par la gestion du sinistre jusqu'à sa fixation et son règlement final.

A la date d'arrêté comptable, les provisions pour primes et les provisions pour sinistres sont comptabilisées pour avoir une vision financière à l'ultime de l'exercice acquis.

Au-delà de l'évaluation des provisions Dossier/Dossier (D/D), les provisions pour sinistres, à une date de clôture comptable, intègrent une correction de ces provisions, appelée IBNR, relative :

- Au retard de déclaration de sinistres (IBNyR) ;
- À l'erreur d'estimation des provisions D/D (IBNeR).

Le graphique ci-dessous récapitule les provisions principales en fonction de l'exposition.

	Exposition passée	Exposition future
Principe	Evolution du montant des sinistres dus (déclarés ou non), survenues dans le passé	Evaluation du montant des sinistres dus et non survenus
Principales provisions en vision comptable	Provisions D/D IBNR	PPNA PREC
Principales provisions en vision Solvabilité II	Provision pour sinistres	Provision pour primes

1.b. Relation entre la charge et les IBNR

Le calcul des IBNR s'effectue généralement à partir de triangles contenant des données telles que : la charge des sinistres, les paiements effectués, le nombre de sinistres, les provisions Dossier/Dossier, les recours (encaissés et/ou provisionnés), les frais de gestion réglés, les primes acquises, etc.

Dans la suite du guide, nous allons axer nos calculs sur l'utilisation de la charge (des sinistres). La charge est définie de la façon suivante :

$$\begin{aligned} \text{Charge brute} &= \text{Règlements cumulés} + \text{Provisions D/D} \\ \text{Charge nette} &= \text{Règlements cumulés} + \text{Provisions D/D} - \text{Recours encaissés} \\ &\quad - \text{Provisions de recours} \end{aligned}$$



La charge ultime se calcule ainsi :

$$Charge\ ultime = Charge + IBNR$$

La figure ci-dessous présente un exemple d'évolution de la proportion des IBNR, provisions D/D et règlements pour une cohorte de sinistres sur un exemple simple dans lequel la charge ultime est constante.

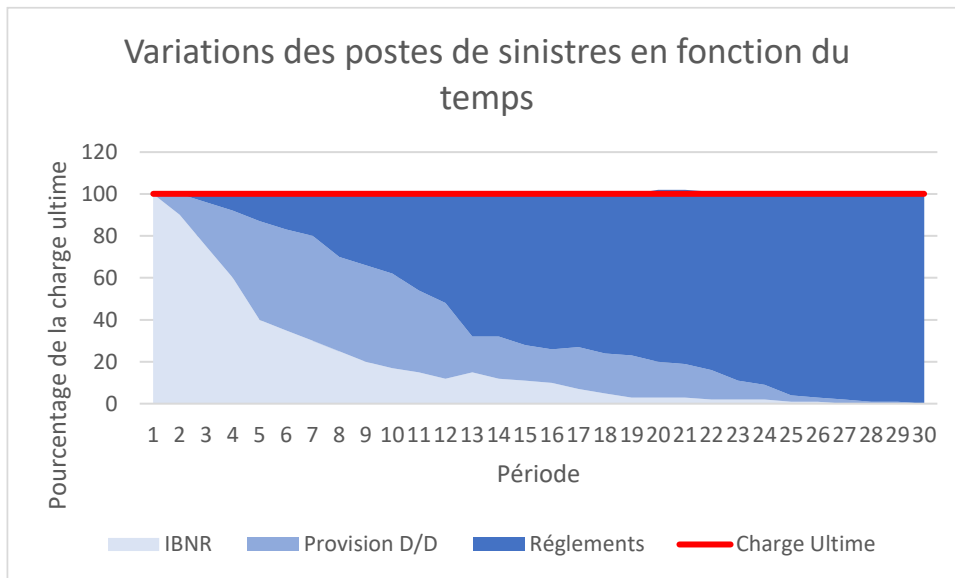


Figure 1 : illustration du triangle d'origine par développement

1.c. Introduction au calcul des IBNR

La figure ci-dessous présente donc un tableau à double entrée (cumulé), dont seule la partie supérieure gauche est connue :

- Les lignes du triangle correspondent aux périodes de survenance (ou de déclaration) des sinistres ;
- Les colonnes aux périodes de développement ;
- Les diagonales aux exercices comptables. *La somme des éléments sur la dernière diagonale étant la vue courante.*

		Période de développement										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Période d'origine	N-10	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	N-9	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	N-8	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
	N-7	13	14	15	16	17	18	19	20			
	N-6	14	15	16	17	18	19	20				
	N-5	15	16	17	18	19	20					
	N-4	16	17	18	19	20						
	N-3	17	18	19	20							
	N-2	18	19	20								
	N-1	19	20									
	N	20										

Figure 2 : illustration du triangle d'origine par développement



L'objectif principal est alors de déterminer la partie inférieure du triangle afin d'estimer la vision ultime des sinistres :

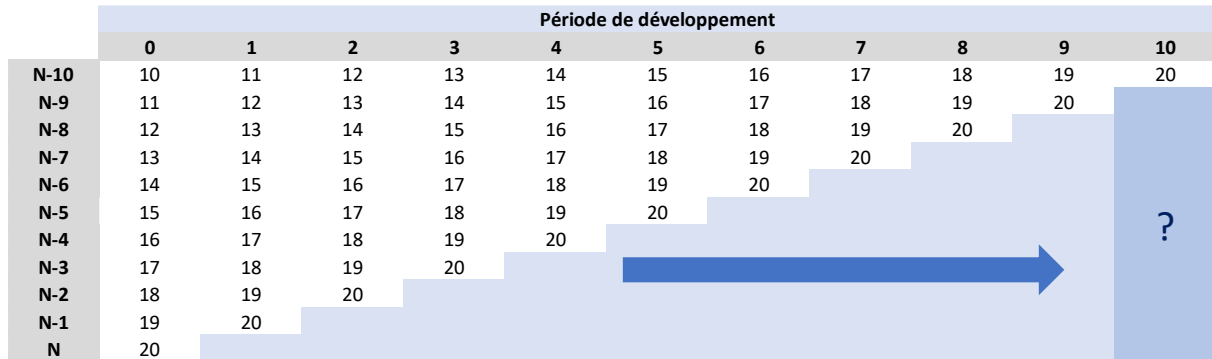


Figure 3 : illustration du principal objectif de la méthode Chain-ladder

Les provisions globales (somme des PSAP D/D et des IBNR) sont alors déduites en soustrayant le cumul des règlements réalisés jusqu'à l'exercice courant de la charge ultime estimée.

Afin d'évaluer ces provisions, plusieurs méthodes se basant sur ces triangles existent et sont décrites par la suite.



2. Méthodes déterministes

2.a. Chain-Ladder

La méthode Chain-Ladder est la méthode de référence pour cette estimation.

Il s'agit d'une méthode déterministe permettant d'estimer le niveau de provision nécessaire à partir d'une cadence moyenne de développement issue des données historiques.

L'hypothèse principale étant que le développement de la sinistralité future se comporte comme celle du passé.

Pour chaque année de survenance (ou de déclaration), le calcul de la charge ultime est défini de la façon suivante :

$$Charge\ Ultime_{CL} = Charge \times CDF$$

Où le *CDF* est défini comme le coefficient de développement à l'ultime (Cumulative Development factors).

Ainsi,

$$IBNR_{CL} = Charge \times (CDF - 1)$$

2.a.i. Mise en œuvre opérationnelle

i. Calcul des coefficients individuels historiques pour les développements de chaque origine

Le principe de la méthode Chain-Ladder repose sur des coefficients de passage (aussi appelés de proportionnalité ou encore facteurs de développement) entre le niveau de sinistralité vu au bout d'une certaine période et ce même niveau vu un an auparavant. Ces facteurs sont ensuite appliqués aux années d'origine les plus récentes afin d'estimer leur charge future.

Avant de mettre en place ce type de calcul, il est important de définir une segmentation par groupes de risques homogènes ainsi qu'une granularité pour distinguer ce qui est récurrent / répétitif de ce qui est de l'ordre du non récurrent (cf. « 4. Segmentation et groupes de risques homogènes »).

De plus, les triangles retenus peuvent être des triangles de nombres de sinistres, de paiements, de provisions D/D, de charges, bruts/nets de recours. A noter que certains triangles permettent d'obtenir des charges ultimes (paiements, charges). D'autres, pas directement (telles que nombre de sinistres (méthode de fréquence x coûts moyens ou le D/D (méthode du « [Case Outstanding Development](#) »).

Les tableaux ci-dessous présentent de façon simplifiée et opérationnelle le calcul de ces coefficients individuels¹.

¹ La vision théorique de cette méthode peut se retrouver dans de nombreux documents existants (cf. partie « Annexes »).



A partir du triangle présenté initialement, sont calculés des coefficients de passage individuels en rapportant l'élément d'une cellule à l'élément précédent, pour chaque période étudiée :

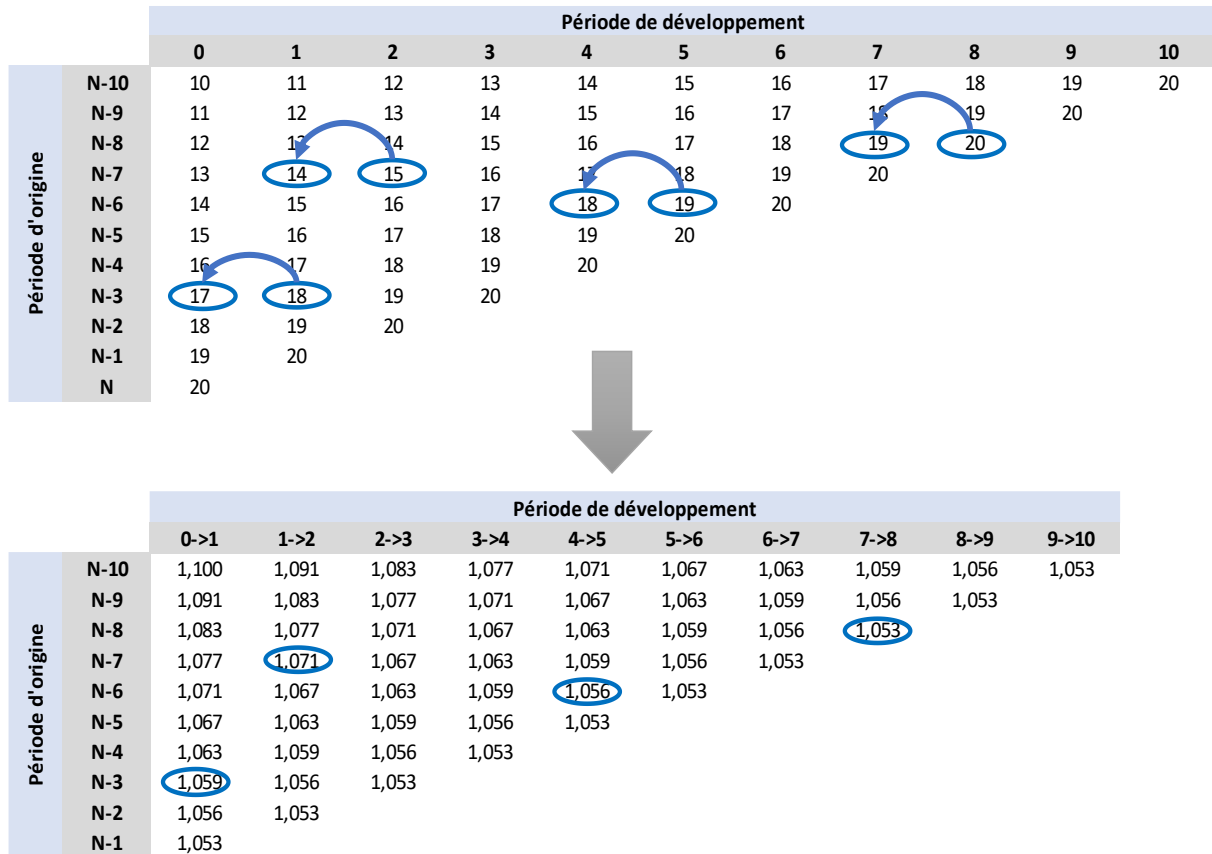


Figure 4 : illustration du calcul des coefficients de passage individuels

ii. Estimation des coefficients de passage pour chaque développement

Ils sont estimés sans biais comme la moyenne pondérée des coefficients historiques. Les coefficients sont souvent pondérés par les montants. Nous pouvons également retenir le ratio minimum ou maximum des coefficients historiques.

Au lieu d'un calcul de coefficients individuels, l'estimation équivalente peut être faite à partir du rapport de la somme des éléments d'une période de développement (N+1) avec la somme des éléments de la période précédente (N).

Les données du triangle et/ou les coefficients obtenus peuvent demander un ajustement : sur la profondeur d'historique conservée ou nombre de diagonales, sur le nombre d'années de projection ou durée de développement, retraitement des données en prenant en compte l'inflation, sur des données atypiques qui ne sont pas censées se reproduire (un sinistre particulièrement grave, un événement climatique exceptionnel, la dernière diagonale, ajout d'une franchise de 3 mois sur ces produits amenant une réduction du montant de sinistres par rapport à l'historique ...).

Suivant l'historique disponible, les éventuels mouvements de portefeuille ou le niveau de qualité de la donnée, le triangle peut être incomplet ou incohérent sur certaines années ; le regard d'un expert sera toujours nécessaire.



Il est alors nécessaire d'étudier les trois dimensions du triangle :

- **Période d'origine** : possibilité de changement de stratégie commerciale, modification des normes de provisionnement, des pratiques de gestion... La profondeur d'historique sera notamment retenue en fonction de ces éléments ;
- **Période de développement** : possibilité de sinistre/événement exceptionnel² avec développement conséquent. Ce genre de cas exceptionnel peut être retiré en le retirant du triangle en entrée (nombre, charge, coût moyen...) ou en retirant le coefficient individuel correspondant sur la période d'origine et la période de développement ;
- **Période comptable** (diagonale) : si retard/accélération de paiements sur un exercice comptable donné ...

Une prise en compte d'éléments conjoncturels (inflation, taux...) peut également être privilégiée de façon à estimer l'ultime à partir de triangles « As if ».

Enfin, pour les risques longs, de façon à prolonger la cadence lorsque l'historique disponible est insuffisant et que les coefficients ne sont pas stabilisés, il est possible d'ajouter des « facteurs de queue » ou « Tail factors » (à partir d'un lissage par interpolation).

Ci-dessous un exemple de cadence retenue, ou CDF (moyenne sur les années d'historique) :

	0->1	1->2	2->3	3->4	4->5	5->6	6->7	7->8	8->9	9->10
Cadence retenue	1,072	1,069	1,066	1,064	1,061	1,059	1,057	1,056	1,054	1,053

Figure 5 : Cadence de développement retenue

iii. Estimation des développements inconnus

Après avoir évalué la cadence, nous l'appliquons à chaque année d'origine et pour chaque développement afin d'estimer le déroulement du bas du triangle jusqu'à l'ultime :

		Période de développement										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Période d'origine	N-10	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00
	N-9	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,05
	N-8	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,08	22,19
	N-7	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,11	22,26	23,43
	N-6	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,15	22,32	23,53	24,77
	N-5	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,18	22,40	23,65	24,93	26,24
	N-4	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,23	22,48	23,77	25,10	26,45	27,85
	N-3	17,00	18,00	19,00	20,00	21,27	22,57	23,91	25,28	26,69	28,13	29,61
	N-2	18,00	19,00	20,00	21,32	22,67	24,06	25,49	26,95	28,45	29,99	31,57
	N-1	19,00	20,00	21,38	22,79	24,23	25,72	27,24	28,80	30,41	32,05	33,74
	N	20,00	21,44	22,91	24,42	25,97	27,57	29,20	30,87	32,59	34,36	36,16

Figure 6 : illustration de l'estimation des montants futurs

La dernière colonne (fond bleu) représente donc l'ultime de cette projection (sans retraitement particulier).

² Ces sinistres sont effectivement généralement exclus de l'évaluation des coefficients (car ils biaisent l'estimation), mais également de la projection (car ils ne suivent pas l'évolution de la charge totale).



Le niveau de provision est estimé en retirant la partie connue à la date d'arrêt (diagonale) de cet ultime par année de survenance :

		Période de développement										Provision = ultime - diagonale	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10
Période d'origine	N-10	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	-
	N-9	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,05	1,05
	N-8	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,08	22,19	2,19
	N-7	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,11	22,26	23,43	3,43
	N-6	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,15	22,32	23,51	24,77	4,77
	N-5	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,18	22,40	23,65	24,93	26,24	6,24
	N-4	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,23	22,48	23,77	25,10	26,45	27,85	7,85
	N-3	17,00	18,00	19,00	20,00	21,27	22,57	23,91	25,28	26,69	28,13	29,61	9,61
	N-2	18,00	19,00	20,00	21,32	22,67	24,06	25,49	26,95	28,45	29,99	31,57	11,57
	N-1	19,00	20,00	21,38	22,79	24,23	25,72	27,24	28,80	30,41	32,05	33,74	13,74
	N	20,00	21,44	22,91	24,42	25,97	27,57	29,20	30,87	32,59	34,36	36,16	16,16
		1,072				1,061						76,61	

Figure 7 : illustration du calcul des provisions ultimes

La méthode Chain-Ladder décrite ci-dessus repose sur des hypothèses fortes (présentées ci-après) et ne considère pas la variance des estimations. Si cette méthode ne convient pas aux données disponibles, il convient d'appliquer d'autres méthodes. Des alternatives sont proposées dans la suite de ce document.

iv. Indicateurs de validation et de suivi des provisions

En amont des calculs, il est nécessaire de déterminer le « type » de triangle à utiliser : nombre, coût moyen, paiement, charge. Ce choix peut éventuellement différer suivant le périmètre : Solvabilité 1 (S1) / Solvabilité 2 (S2).

De façon opérationnelle, un triangle de nombres peut servir aux calculs S1 (vision plus stable / prudente associée à un calcul de coût moyen) lorsque les triangles de paiement (cadence de règlement/liquidation) et de charges (cadence d'évaluation des dossiers) peuvent être utilisés en S2.

Certains indicateurs de performance peuvent permettre d'évaluer la qualité des estimations :

- À partir d'une vision incrémentale du triangle : comparer l'historique à la vision projetée par délai de développement. Cette méthode permet d'identifier des points atypiques sur l'historique à retraiter et/ou d'évaluer la volatilité d'un développement pour choisir un coefficient personnalisé ;
- Suivre de façon périodique l'évolution des boni/mali sur les périodes antérieures ;
- Effectuer des backtestings du nombre/de la charge de tardifs pour identifier les éventuelles dérives d'estimation et ajuster les calculs en vision courante ;
- Évaluer le pourcentage de paiement par rapport à la charge ultime estimée et prolonger l'ultime si nécessaire ;
- Utiliser des triangles avec une cadence trimestrielle ou mensuelle si nécessaire (pour les branches avec un faible historique ou pour pallier des années exceptionnelles (Covid-19) ;
- Représentation graphique : par exemple projeter les cadences de développement historiques par année de survenance, à comparer avec la cadence de projection retenue ;
- Comparer avec les résultats obtenus à l'aide d'autres méthodes :
 - Si la projection se fait par méthode Chain-Ladder « Nombre X Coût Moyen », comparer les résultats avec ceux obtenus à partir du triangle de charge/paiement ;
 - Ou avec d'autres méthodes décrites dans la suite du document.



Lorsque plusieurs méthodes ont été testées, il convient de justifier le montant final retenu pour éviter des situations similaires au "cherry picking" des provisions.

Il convient de noter que les travaux d'estimation des provisions sont souvent soumis à la validation de la Direction Financière et/ou de la Fonction Actuarielle. La création et le suivi des indicateurs ci-dessus pourra servir d'argumentation.

2.a.ii. Hypothèses du Chain-Ladder

Le Chain-Ladder s'appuie sur trois hypothèses.

- (H1) Tout d'abord, l'**indépendance des montants incrémentaux par période d'origine** : c'est-à-dire que pour deux périodes d'origine données, les montants des périodes de développement d'une origine n'impactent pas les développements de l'autre année d'origine. Il n'y a donc aucun effet lié aux périodes calendaires.

		Période de développement										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Période d'origine	N-10	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	N-9	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	N-8	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
	N-7	13	14	15	16	17	18	19	20			
	N-6	14	15	16	17	18	19	20				
	N-5	15	16	17	18	19	20					
	N-4	16	17	18	19	20						
	N-3	17	18	19	20							
	N-2	18	19	20								
	N-1	19	20									
	N	20										

Figure 8 : illustration de l'hypothèse (H1)

- (H2) Ensuite, quelle que soit la **période d'origine**, il existe un **unique** coefficient pour chaque **période de développement** tel que l'espérance du montant pour le développement sachant les événements passés est égale au produit du montant du développement précédent et dudit coefficient. L'espérance conditionnelle des montants **cumulés** est donc proportionnelle entre deux développements.

		Période de développement										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Période d'origine	N-10	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	N-9	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	N-8	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
	N-7	13	14	15	16	17	18	19	20			
	N-6	14	15	16	17	18	19	20				
	N-5	15	16	17	18	19	20					
	N-4	16	17	18	19	20						
	N-3	17	18	19	20							
	N-2	18	19	20								
	N-1	19	20									
	N	20										

Figure 9 : illustration de l'hypothèse (H2)

- (H3) Enfin, quelle que soit la **période d'origine**, il existe un coefficient pour chaque développement tel que la variance du développement sachant l'historique est égale au produit du développement précédent et dudit coefficient. La variance conditionnelle des montants pour un développement donné est donc proportionnelle au développement précédent.



2.a.iii. Validation des hypothèses

Les hypothèses (H1) et (H2) renvoient à une régression linéaire pour chaque développement.

Nous pouvons vérifier ces hypothèses en nous appuyant sur des graphes.

Graphe 1 – hypothèse (H2)

Tracer les montants des développements en fonction des montants des développements précédents : les points doivent être sur une même droite, dont la pente correspond au coefficient de développement :

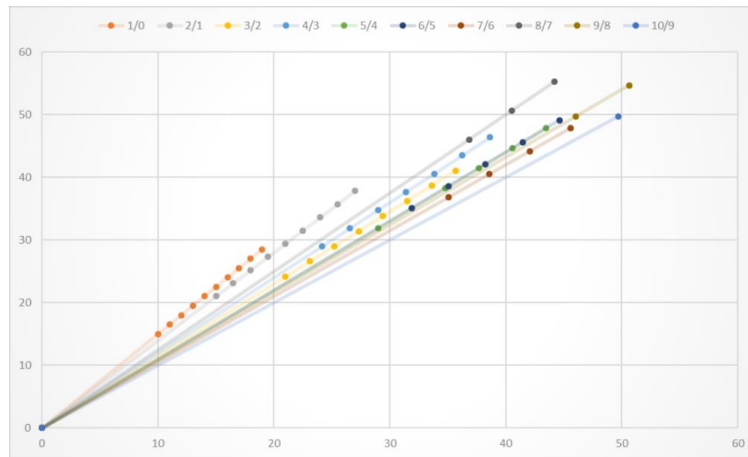


Figure 10 : Montant par période d'origine pour chaque année de survénance

L'analyse du R^2 de la régression linéaire entre deux développements permet de valider le rapport affine entre eux. Plus il est proche de 1 plus la prédiction est précise et l'hypothèse se vérifie.

Graphe 2

L'analyse des **résidus standardisés** permet de tester l'hypothèse d'indépendance des variables. Le niveau de **p-value** permet de valider l'indépendance des exercices techniques (H1).

Trois graphes d'analyse permettent d'analyser les résidus et d'identifier des décalages par rapport aux hypothèses de projection (H1) et (H2) :

- En fonction des exercices techniques,
- En fonction des périodes de développement,
- En fonction des valeurs observées.

2.b. Méthode du S/P à l'ultime ou *Loss Ratio*

La méthode *Loss Ratio* estime la charge ultime sur la base du rapport sinistre sur primes ou ratio de sinistralité (S/P) et non sur les triangles de liquidation comme la méthode Chain-Ladder.

Avec cette méthode, la charge ultime est définie comme le produit d'un ratio de sinistralité avec la prime acquise :

$$\text{Charge Ultime}_{LR} = \text{Prime acquise} \times S/P$$

La prime acquise et le « P » du S/P doivent suivre la même cohérence.



2.b.i. Mise en œuvre opérationnelle

La grande difficulté pour l'application de cette méthode est la détermination du ratio de sinistralité retenue pour le calcul de la charge ultime. Plusieurs approches peuvent être utilisées pour déterminer le ratio de sinistralité utilisé pour cette approche :

- Utiliser le ratio de sinistralité fourni par la tarification ;
- Utiliser un ratio en cohérence avec le Plan à moyen terme de la compagnie ;
- Utiliser un benchmark du marché ;
- Utiliser un jugement d'expert ;
- Calculer un ratio de sinistralité à partir d'un historique de données (cf. exemple ci-dessous)
 - Soit en projetant un triangle de S/P ;
 - Soit en projetant les primes et les sinistres séparément.

Cette méthode est privilégiée par rapport à la méthode Chain-Ladder lorsque que l'historique ne permet pas d'estimer la charge ultime, notamment pour les cas suivants :

- Historique faible : nouveaux produits ;
- Branche caractérisée par de très faibles montants de règlement et/ou de sinistres enregistrés au cours des 1ères années de développement ;
- Déviation du risque par rapport à l'historique : évolution des profils souscrits, changement de la fréquence ou de l'intensité de la sinistralité, évolution des règles de gestion.

2.b.ii. Exemple de détermination du Loss Ratio

Nous illustrons un exemple de détermination du S/P dans lequel nous projetons les sinistres et les primes séparément.

Dans cet exemple, le Loss Ratio qui sera appliqué pour l'année de survenance N sera déterminé à partir de trois années de survenance antérieures.

Ci-dessous, le tableau présentant les primes acquises.

Année de survenance	Prime Acquise
N-3	100
N-2	105.5
N-1	110
N	116

Figure 11 : chronique des primes acquises

Ainsi que le triangle de charges de sinistres.

	Période de développement			
	0	1	2	3
N-3	5	27	50	55
N-2	1	29	52	
N-1	6	34		
N	7			

Figure 12 : triangle de charge par période et par période de développement



La première étape pour la détermination du Loss Ratio est de calculer de la charge ultime des sinistres pour chaque année de survenance (ici nous utiliserons Chain-Ladder).

Les cadences de développement retenues sont alors les suivantes.

	0->1	1->2	2->3
Cadence retenue	7.50	1.82	1.10

Figure 13 : cadence de développement issue du Chain-Ladder

Ensuite, nous pouvons estimer un Loss Ratio sur la base de ceux calculés sur l'historique.

Année de survenance	Charge Ultime	Prime Acquise	S/P à l'ultime
N-3	55.0	100.0	55%
N-2	57.2	105.5	54%
N-1	68.1	110.0	62%

Figure 14 : calcul du Loss Ratio sur la base de l'historique

Dans ce cas de figure, deux choix de S/P se distinguent ; un S/P compris entre 54% et 55% ou un S/P autour de 62%. Les deux choix peuvent être pertinents, en effet il est possible que l'année N-1 soit une année particulière et non représentative du ratio de sinistralité pour l'année N. Il est également possible qu'il y ait eu un changement significatif impactant le S/P lors de l'année N (changement tarifaire, nouvelle régulation, nouvelle politique de souscription, etc...). Les Loss Ratio des années N-2 et N-3 ne seront alors plus adaptés.

Un S/P calculé à partir de la moyenne ou de la moyenne pondérée par les primes est aussi envisageable.

Il est également possible d'ajuster les ratios de sinistralités historiques afin qu'ils soient au même niveau que l'année N (méthode en « as-if »), notamment si l'exposition est sensible à l'inflation. Dans notre exemple, nous choisissons les paramètres suivants :

- Une tendance sur la sinistralité de 2% par an ;
- Une tendance sur la prime de -3% par an³.

³ Nous pouvons observer une tendance de prime négative lorsque, par exemple, la prime moyenne diminue mais que le nombre de contrats augmente.



La détermination du Loss Ratio se fait alors de la façon suivante :

Année de survenance	Charge Ultime	Prime Acquise	Tendance de sinistralité	Tendance de prime	Charge Ultime avec tendance	Prime Acquise avec tendance	S/P à l'ultime
N-3	55.0	100.0	106%	91%	58.4	91.3	64%
N-2	57.2	105.5	104%	94%	59.5	99.3	60%
N-1	68.1	110.0	102%	97%	69.5	106.7	65%

Figure 15: calcul du Loss Ratio ajusté

2.b.iii. Exemple du calcul de la charge ultime

Prenons l'exemple d'un S/P de 60%. Ainsi pour les montants de primes acquises sur les dix dernières années de survenance, nous obtenons les charges ultimes suivantes, qui nous permettent de calculer les provisions :

	S/P	Prime acquise	Espérance de la charge Ultime
N-10	60%	33,33	20,00
N-9	60%	34,00	20,40
N-8	60%	34,68	20,81
N-7	60%	35,37	21,22
N-6	60%	36,08	21,65
N-5	60%	36,80	22,08
N-4	60%	37,54	22,52
N-3	60%	38,29	22,97
N-2	60%	39,06	23,44
N-1	60%	39,84	23,90
N	60%	40,63	24,38

Figure 16 : Estimation de l'espérance de la charge ultime

A noter qu'il n'est pas nécessaire d'avoir le même S/P pour chaque année de survenance.

2.c. Bornhuetter-Ferguson

La méthode Chain-Ladder est fortement basée sur l'hypothèse selon laquelle l'historique va se reproduire, ce qui empêche de prendre en compte l'évolution des risques. L'une des méthodes les plus préconisées sur marchés pour pallier cela est la méthode Bornhuetter-Ferguson (**BF**).

Il s'agit d'une méthode déterministe également basée sur les triangles de liquidation. Contrairement au Chain-Ladder qui consiste à estimer consécutivement le développement du triangle, la méthode Bornhuetter-Ferguson estime **simultanément** les montants à l'ultime et le développement du triangle.

Une façon très simple de comprendre la méthode Bornhuetter-Ferguson est d'exprimer la charge ultime comme la somme entre la charge ultime projetée par la méthode CL et la charge ultime projetée par la méthode Loss Ratio respectivement proratisée par la cadence de développement et un moins la cadence de développement. La cadence de développement représentant un facteur de crédibilité entre l'espérance de l'ultime prédéfini et les résultats du Chain-Ladder et celle du Loss Ratio. Plus la cadence est lente et plus l'ultime de la méthode Bornhuetter-Ferguson se rapproche de l'espérance de l'ultime prédéfini pour les périodes récentes.



Figure 17 : lien entre la méthode Bornhuetter-Ferguson et les méthodes Chain-Ladder et Loss Ratio

Ainsi, la charge ultime s'écrit de la façon suivante⁴ :

$$\begin{aligned}
 \text{Ultime}_{BF} &= \text{Ultime}_{CL} \times \left(\frac{1}{CDF}\right) + \text{Ultime}_{LR} \times \left(1 - \frac{1}{CDF}\right) \\
 &= \text{Charge} + (S/P) \times \text{Primes acquises} \times \left(1 - \frac{1}{CDF}\right) \\
 \text{IBNR}_{BF} &= \text{IBNR}_{CL} \times \frac{1}{CDF} + \text{IBNR}_{LR} \left(1 - \frac{1}{CDF}\right)
 \end{aligned}$$

2.c.i. Mise en œuvre opérationnelle

Cette méthode s'appuie donc sur l'estimation des deux vecteurs présentés ci-dessus.

Estimation de la charge ultime avec un BF utilisant les méthodes Chain-Ladder et Loss Ratio (paiement ou charge) :

Vecteur par origine : Afin d'estimer une vision à l'ultime des sinistres nous pouvons, comme présenté précédemment, utiliser des *Loss Ratios* marché ou internes prédéfinis. L'espérance a priori de l'ultime sera le produit entre le ratio retenu et les primes acquises à l'ultime.

Le vecteur par origine est donc l'espérance de la charge ultime ainsi estimée. Il s'agit de la charge ultime estimée avec la méthode du *Loss Ratio*. Pour cela, reprenons notre exemple précédent :

	S/P	Prime acquise	Espérance de la charge Ultime
N-10	60%	33,33	20,00
N-9	60%	34,00	20,40
N-8	60%	34,68	20,81
N-7	60%	35,37	21,22
N-6	60%	36,08	21,65
N-5	60%	36,80	22,08
N-4	60%	37,54	22,52
N-3	60%	38,29	22,97
N-2	60%	39,06	23,44
N-1	60%	39,84	23,90
N	60%	40,63	24,38

Figure 18 : Estimation de l'espérance de la charge ultime

⁴ A noter que les facteurs de développement présentés font référence aux facteurs de développement déterminés avec la méthode Chain-Ladder.



Vecteur par développement : Pour définir la cadence de développement des montants, nous pouvons utiliser la méthode Chain-Ladder.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Coefficient CL retenu		1,069	1,07	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,05	1,05
Coefficient cumulé		1,793	1,68	1,57	1,48	1,39	1,31	1,24	1,17	1,11	1,05
Cadence de développement	55,77%	59,62%	63,59%	67,69%	71,92%	76,28%	80,77%	85,38%	90,13%	95,00%	100,00%

		Période de développement										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Période d'origine	N-10	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0
	N-9	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0
	N-8	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	19,8	22,1
	N-7	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,4	20,0	23,1
	N-6	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,7	20,2	24,2
	N-5	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,8	21,9	24,0	20,2	25,2
	N-4	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,6	23,3	22,7	25,4	20,1	26,3
	N-3	17,0	18,0	19,0	20,0	22,4	22,9	24,8	23,5	26,9	20,0	27,4
	N-2	18,0	19,0	20,0	22,3	24,0	24,1	26,5	24,3	28,4	19,7	28,5
	N-1	19,0	20,0	23,1	23,8	25,8	25,3	28,3	24,9	30,0	19,4	29,7
	N	20,0	23,1	25,0	25,3	27,7	26,5	30,1	25,5	31,6	19,0	30,8

Figure 19 : estimation des montants du triangle avec la méthode Bornhuetter-Ferguson

2.c.ii. Hypothèses du Bornhuetter-Ferguson et validation de ces dernières

Cette méthode repose deux hypothèses.

(H1) **L'indépendance des montants incrémentaux par période d'origine** : cette hypothèse est identique à celle du Chain-Ladder.

		Période de développement										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Période d'origine	N-10	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	N-9	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	N-8	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
	N-7	13	14	15	16	17	18	19	20			
	N-6	14	15	16	17	18	19	20				
	N-5	15	16	17	18	19	20					
	N-4	16	17	18	19	20						
	N-3	17	18	19	20							
	N-2	18	19	20								
	N-1	19	20									
	N	20										

Figure 20 : illustration de l'hypothèse (H1) de la méthode Bornhuetter-Ferguson

(H2) Il existe un unique vecteur sur **les années d'origine** (*strictement positif*) et d'un unique vecteur sur **les années de développement** (*compris entre 0 et 1, avec des éléments consécutifs croissants et le coefficient à ultime est égal à 1*) tel que pour chaque montant du triangle soit, en espérance, le produit des vecteurs pour l'année d'origine et le développement correspondant.

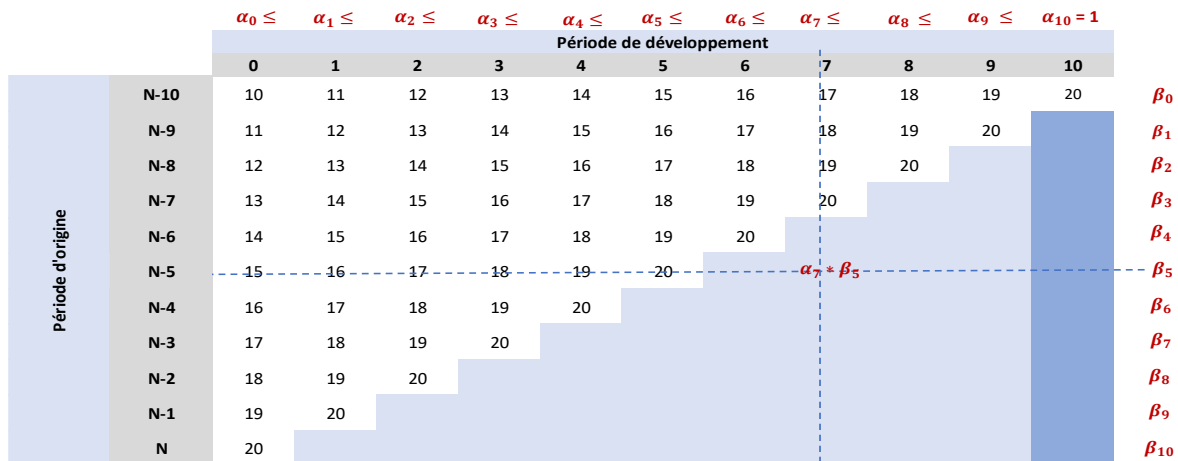


Figure 21 : illustration de l'hypothèse (H2) de la méthode Bornhuetter-Ferguson

Autrement dit, les montants à estimer par année d'origine et de développement sont le produit des vecteurs précédemment définis.

Remarque : selon les hypothèses, à l'ultime le vecteur basé sur les périodes de développement (**vecteur** (α_j)) est égal à 1 ce qui signifie que le vecteur basé sur les périodes d'origine (**vecteur** (β_i)) représente **l'espérance a priori des montants à l'ultime**.

En voyant le vecteur basé sur l'origine comme une espérance des montants à l'ultime, le vecteur basé sur les périodes de développement (**vecteur** (α_j)) est donc le **cadence de développement** du triangle.

2.c.iii. L'itération de Benktander

Certains acteurs du marché considèrent que la méthode de Bornhuetter-Ferguson n'est pas assez réceptive aux informations contenues dans l'historique de sinistres. La méthode Benktander permet de corriger cela ; elle constitue une seconde itération de la technique Bornhuetter-Ferguson, où l'ultime BF est utilisé au lieu du *Loss Ratio* à l'ultime :

$$\begin{aligned}
 \text{Ultime}_{\text{Benktander}} &= \text{Ultime}_{\text{CL}} \times \frac{1}{\text{CDF}} + \text{Ultime}_{\text{BF}} \times \left(1 - \frac{1}{\text{CDF}}\right) \\
 &= \text{Charge} + \text{Loss Ratio} \times \text{Primes acquises} \times \text{Ultime}_{\text{BF}} \times \left(1 - \frac{1}{\text{CDF}}\right) \\
 \text{IBNR}_{\text{Benktander}} &= \text{IBNR}_{\text{CL}} \times \frac{1}{\text{CDF}} + \text{IBNR}_{\text{BF}} \left(1 - \frac{1}{\text{CDF}}\right) \\
 &= (\text{Charge} + \text{IBNR}_{\text{BF}}) \times \left(1 - \frac{1}{\text{CDF}}\right)
 \end{aligned}$$

Cette méthode est vue comme une moyenne pondérée par la crédibilité de la technique de Chain-Ladder et de la méthode Bornhuetter-Ferguson. La pondération est la même que dans la méthode BF, à savoir α_k .

La méthode de Benktander donne plus de poids à la technique de développement (et donc aux données réelles) que la méthode de Bornhuetter-Ferguson.

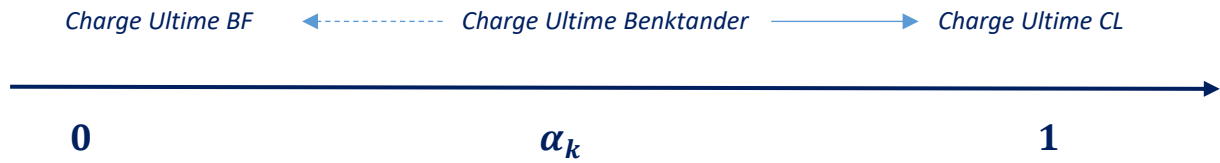


Figure 22 : approche Benktander

Benktander donne un poids plus ou moins important au Chain-Ladder ou au Bornhuetter-Ferguson. En réitérant plusieurs fois la technique de Benktander, la résultante se rapprochera du Chain-Ladder.

2.d. Synthèses des méthodes de provisionnement déterministes

2.d.i. Tableau récapitulatif des méthodes déterministes présentées

Le tableau ci-dessous récapitule les différents avantages et inconvénients de chacune des méthodes déterministes présentées dans le guide.



Méthode	Hypothèses clefs	Quand est-ce que l'utilisation de cette méthode est recommandée	Quand est-ce que l'utilisation de cette méthode peut donner de mauvais résultats
Chain-Ladder	<p>Le développement des sinistres futurs peut être déduit de l'évolution des sinistres passés.</p> <p>La sinistralité utilisée doit être homogène et des sinistres aux montants importants ne déforment pas la cadence.</p>	<p>Environnement et portefeuille stable.</p> <p>Volume de sinistres suffisant et crédible.</p> <p>Appropriée pour des Lob à haute fréquence et à faible sévérité.</p> <p>Répartition uniforme des déclarations de sinistres / paiements tout au long de l'année.</p>	<p>Lorsqu'il y a un nouveau système de traitement des sinistres (changement des coûts d'ouverture ou nouvelles directives sur l'établissement du dossier/dossier).</p> <p>Modifications de la réassurance ou des franchises.</p> <p>Chocs importants sur l'activité (pandémie, nouvelle réglementation, ...).</p>
Loss Ratio	<p>Les sinistres futurs peuvent être mieux estimés en utilisant une estimation a priori plutôt qu'en se basant sur l'historique.</p>	<p>Nouveaux portefeuilles ou branches longues.</p> <p>Branches avec des déclarations tardives.</p> <p>Lorsque les données historiques ne sont pas pertinentes.</p> <p>Données indisponibles.</p> <p>Facteurs de développement à fort effet de levier.</p>	<p>En général, la méthode du <i>Loss Ratio</i> n'est pas très technique et est très peu réactive aux changements des données. Elle est cependant stable.</p> <p>Un mauvais choix du S/P.</p>
Bornhuetter-Fergusson	<p>Les sinistres non payés évolueront en fonction des sinistres attendus, et non les sinistres déclarés.</p>	<p>Méthode passe-partout. Utilisation dans pratiquement toutes les circonstances.</p> <p>Elle est utilisée dans tous les secteurs d'activité, fonctionne avec la plupart des types d'agrégations de données (annuel, trimestriel, mensuel).</p> <p>Les premières fluctuations ne faussent pas de manière significative les projections.</p> <p>Idéal lorsque les données sont rares et volatiles.</p> <p>Remarque : la technique BF est souvent considérée comme la moyenne pondérée par la crédibilité de Chain-Ladder et des <i>Loss Ratio</i>. En conséquence, la méthode produit les mêmes défauts que Chain-Ladder (n'est pas adaptée pour les chocs importants sur l'historique) lorsque la pondération sur le Chain-Ladder est élevée et produit les mêmes défauts que le <i>Loss Ratio</i> (n'est pas réactive aux changements de</p>	



		<p>l'historique de données) lors que la pondération est élevée sur le Loss Ratio.</p> <p>Il faut toutefois réfléchir à la pertinence de cette méthode lorsque le facteur de développement à l'ultime est inférieur à 1.</p>
Benktander	<p>Les sinistres non payés évolueront en fonction des sinistres attendus, et non les sinistres déclarés.</p>	<p>Moyenne pondérée des méthodes Bornhuetter-Ferguson et Chain-Ladder.</p> <p>La pondération donnée à la méthode Chain-Ladder pour une année de survenance donnée étant égale au facteur de décalage pour cette année, et le poids restant étant donné à la méthode Bornhuetter-Ferguson.</p> <p>Les provisions calculées par Benktander sont plus réactives à la sinistralité observée que celles calculées par Bornhuetter-Ferguson, mais elles sont moins stables.</p>

NB : Il est possible de mixer ces différentes méthodes dans le cadre d'un historique trop faible ou trop volatil, s'il y a eu des modifications dans la gestion des sinistres (changement du cadencement de règlement des sinistres, la modification de la politique de provisionnement ou la modification des barèmes notamment en RC Auto). Nous pouvons alors appliquer pour différentes années de survenance la méthode jugée la plus appropriée.

2.d.ii. Comparaison de la stabilité et de la réactivité des méthodes déterministes

La réactivité et la stabilité de la charge ultime estimée avec une méthode de provisionnement par rapport à un changement dans l'historique de données sont des critères à prendre en compte dans le choix de celle-ci.

La réactivité se définit comme la variation de la charge ultime due à une variation sur l'historique de données de sinistres. La stabilité se définit quant à elle comme l'absence de variation de la charge ultime suite à un changement sur l'historique de données de sinistres.

Par exemple, si un sinistre grave inhabituel est constaté pour l'année de survenance courante et qu'il n'est pas retraité dans le calcul des IBNR, la charge ultime estimée par la méthode du *Loss Ratio* ne va pas changer, la méthode est donc très stable face aux changements sur l'historique de données. A l'inverse, la méthode Chain-Ladder va être très réactive à ce sinistre grave puisqu'elle va lui appliquer des facteurs de développement estimés sur la base de sinistres attritionnels.

Le graphique ci-dessous compare la réactivité et la stabilité des méthodes déterministes par rapport à un changement sur les données.



Stabilité de la charge ultime



Chain-Ladder — Benktander — Bornhuetter-Fergusson — Loss Ratio



Réactivité de la charge ultime aux données

Figure 23 : réactivité et stabilité des méthodes déterministes présentées



3. Méthodes stochastiques

L'estimation de la volatilité ultime des provisions permet de donner un indicateur sur la robustesse de la méthodologie utilisée.

3.a. Utilisation des méthodes stochastiques dans le cadre de l'arrêté des comptes S1

A chaque arrêté comptable, les assureurs doivent comptabiliser leur meilleure évaluation de la charge ultime de prestation restant à payer, que les sinistres soient ou non déjà déclarés (cas des dossiers tardifs pour la plupart des branches ou même des dossiers « non encore manifestés » pour l'assurance Construction).

Afin de répondre à cette demande d'évaluation de la charge ultime des sinistres, nous avons vu que les assureurs disposent d'un large panel de méthodes différentes, déterministes ou stochastiques, parmi lesquelles il convient de choisir la ou les mieux adaptées à la branche inventoriée ainsi qu'aux données disponibles pour réaliser cette évaluation.

Des méthodes permettent d'estimer cette volatilité. On peut les décomposer en deux familles stochastiques différentes : soit par formule fermée (méthode de Mack), soit par simulations (méthode Bootstrap).

Comme cela a été présenté précédemment dans ce guide de provisionnement, et comme la figure ci-dessous l'illustre⁵, l'apport majeur des méthodes stochastiques par rapport aux méthodes déterministes est la mesure de la volatilité.

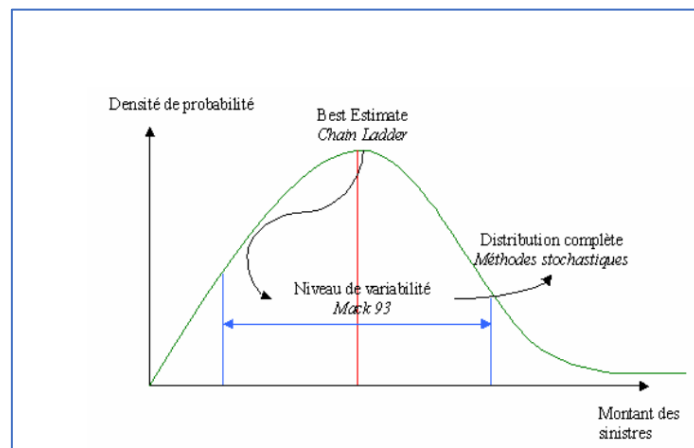


Figure 24 : mesure de l'incertitude des provisions techniques

L'application de méthodes de volatilité décrites précédemment permet d'estimer cette marge de prudence à partir d'une distribution de la charge ultime. Cette distribution peut être déterminée de deux manières différentes :

- Distribution paramétrique : Choix d'une loi de probabilité de moyenne égale à l'estimation des provisions et d'écart type correspondant au MSEP estimé par la méthode Mack ou par la méthode Bootstrap ;

⁵ Les méthodes stochastiques de provisionnement et incertitude sur l'estimation des provisions, N. BALSON - Formation Sépia - Mardi 16 septembre 2008



- Distribution non-paramétrique : Cette distribution correspond directement à celle obtenue par la méthode Bootstrap.

Une fois, la distribution sélectionnée, la marge de prudence s'écrit :

$$\text{Marge prudence} = \text{VaR}_\alpha(X) - E(X)$$

avec α correspondant au niveau de confiance

Dans le cadre sa contribution aux travaux d'arrêté des comptes sociaux (S1), l'actuaire communique à la comptabilité un unique montant de PSAP. C'est pourquoi on observe encore aujourd'hui sur le marché français un recours massif aux méthodes déterministes pour réaliser cette évaluation (Cf. étude ASTIN 2016).

Cependant, la mise en œuvre opérationnelle du régime prudentiel Solvabilité 2 (S2) depuis janvier 2016 a démocratisé la notion de *Value at Risk* (VaR) et les méthodes stochastiques qui visent à quantifier la volatilité des provisions se sont plus largement diffusées au sein des services de provisionnement⁶.

Ainsi, bien qu'aucune mesure de volatilité des provisions ne soit explicitement demandée ou nécessaire dans le cadre de l'arrêté des comptes S1, la possibilité de positionner le montant arrêté face aux quantiles de la distribution de ces provisions apporte une forte valeur ajoutée au processus. Cela permet en effet d'objectiver au sein de l'organisme la notion parfois floue de « prudence dans les provisions ». Cela permet également de disposer d'un indicateur d'analyse complémentaire dans le cadre des échanges avec les CAC et/ou l'ACPR.

3.b. Le modèle de Mack

3.b.i. Présentation de la méthode

La méthode de Mack est la première méthode faisant intervenir la notion d'incertitude dans la méthode déterministe Chain-Ladder. En effet, elle permet de mesurer l'incertitude associée à la prédiction du montant des provisions que doit faire l'assureur⁷.

Le modèle de Mack s'appuie sur trois hypothèses sur les montants $C_{i,j}$:

- (H1) L'indépendance des années d'origine : $C_{i,0}, \dots, C_{i,n}$ et $C_{k,0}, \dots, C_{k,n}$ pour $i \neq k$
- (H2) Il existe des facteurs de développement $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_j > 0$ tels que $\forall 0 \leq i \leq n$ et $\forall 1 \leq j \leq J$, on a :

$$E(C_{i,j+1} | C_{i,0}, C_{i,1}, \dots, C_{i,j}) = E(C_{i,j+1} | C_{i,j}) = \lambda_j \cdot C_{i,j}$$

Ces hypothèses (Chain-Ladder) ne concernent que les moments d'ordre 1. Elles font aussi partie des hypothèses proposées dans le modèle de Mack qui portent sur des moments d'ordre supérieur.

⁶ Le recours de plus en plus fréquent à des logiciels de provisionnement spécialisés (à la place des outils internes sous Excel) dans lesquels les principales méthodes stochastiques sont nativement implémentées explique aussi cette évolution, plus particulièrement pour les organismes de taille moyenne ou grande.

⁷ Le modèle de Mack estime la volatilité jusqu'à l'ultime, il est donc nécessaire, dans le cadre du développement d'un modèle interne S2, d'adapter cette méthode de provisionnement pour capter la volatilité à horizon d'un an.



(H3) Il existe des paramètres de variance $\sigma_0^2, \sigma_1^2, \dots, \sigma_j^2 > 0$ tels que $\forall i \in \{1, \dots, n\}$ et $\forall j \in \{1, \dots, J\}$, nous avons :

$$\text{Var}(C_{i,j+1}|C_{i,j}) = \sigma_j^2 \cdot C_{i,j}$$

Sous ces hypothèses, un estimateur sans biais de σ_j^2 noté S_j^2 est donnée par la formule suivante :

$$\forall 1 \leq j \leq n-2, \quad S_j^2 = \frac{1}{n-j-1} \sum_{i=1}^{n-j} C_{i,j} \left(\frac{C_{i,j+1}}{C_{i,j}} - \lambda_j \right)^2$$

3.b.i. Mesure de l'incertitude de l'estimateur

Sous les hypothèses définies ci-dessus, nous calculons l'erreur quadratique moyenne de la charge ultime en conditionnant par rapport aux données passées :

$$MSEP(\widehat{C}_{i,n}) = E \left[(\widehat{C}_{i,n} - C_{i,n})^2 | D_I \right]$$

Nous en déduisons que :

$$MSEP(\widehat{C}_{i,n}) = \underbrace{\text{Var}[C_{i,n}|D_I]}_{\text{Erreur de modèle}} + \underbrace{(\widehat{C}_{i,n} - E[C_{i,n}|D_I])^2}_{\text{Erreur d'estimation}}$$

La MSEP se décompose donc en deux termes. Le premier correspond à l'erreur de modèle ou erreur du process, il mesure la variabilité du modèle stochastique et le second terme à droite est l'erreur d'estimation des paramètres, provenant de l'estimation des coefficients de passage.

L'erreur quadratique moyenne des réserves PSAP s'écrit de la manière suivante :

$$\left\{ \begin{array}{l} MSEP(\widehat{R}_t) = \widehat{C}_{i,n}^2 \sum_{j=n-i+1}^{n-1} \frac{S_j^2}{\widehat{\lambda}_j^2} \left(\frac{1}{\widehat{C}_{i,j}} + \frac{1}{\sum_{k=1}^{n-j} C_{k,j}} \right) \\ MSEP(\widehat{R}) = \sum_{i=2}^n \left\{ MSEP(\widehat{R}_i) + \widehat{C}_{i,n} \left(\sum_{k=i+1}^n \widehat{C}_{k,n} \right) \left(\sum_{j=n-i+1}^{n-1} \frac{2S_j^2}{\widehat{\lambda}_j^2 \sum_{l=1}^{n-j} C_{l,j}} \right) \right\} \end{array} \right.$$

Nous notons que l'erreur quadratique totale est supérieure à la somme des erreurs quadratiques par période d'origine. Cela s'explique par le facteur $\widehat{C}_{i,n} \left(\sum_{k=i+1}^n \widehat{C}_{k,n} \right) \left(\sum_{j=n-i+1}^{n-1} \frac{2S_j^2}{\widehat{\lambda}_j^2 \sum_{l=1}^{n-j} C_{l,j}} \right)$ qui prend en compte la corrélation entre les périodes d'origine.

3.b.ii. Validation des hypothèses

Nous proposons ci-dessous, différentes méthodes pour la validation des hypothèses du modèle du Mack :

- (H1) Un test de corrélation sur les rangs.
- (H2) Un test sur l'existence d'un effet diagonal sur les années de survenance.
- (H3)
 - Un test sur l'existence d'une relation linéaire des $C_{i,j+1}$ en fonction des $C_{i,j}$
 - Un test (graphique) sur les résidus $\frac{C_{i,j+1} - \widehat{\lambda}_j C_{i,j}}{\sqrt{C_{i,j}}}$ en fonction des $C_{i,j}$ afin de vérifier leur caractère aléatoire.

Un exemple sur la validation des hypothèses de Mack est présenté en Annexe.



3.b.iii. Exemple

Pour illustrer cette méthode, nous présentons ici les résultats obtenus sur le triangle utilisé par Thomas Mack dans son article de 1993 « *Measuring the Variability of Chain Ladder Reserve Estimates* ». Il s'agit d'un triangle de règlements cumulés en assurance RC Générale. Nous ne ferons pas de retraitement des facteurs de développement pour cet exemple.

		Période de développement									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Période d'origine	N-9	5 012	8 269	10 907	11 805	13 539	16 181	18 009	18 608	18 662	18 834
	N-8	106	4 285	5 396	10 666	13 782	15 599	15 496	16 169	16 704	
	N-7	3 410	8 992	13 873	16 141	18 735	22 214	22 863	23 466		
	N-6	5 655	11 555	15 766	21 266	23 425	26 083	27 067			
	N-5	1 092	9 565	15 836	22 169	25 955	26 180				
	N-4	1 513	6 445	11 702	12 935	15 852					
	N-3	557	4 020	10 946	12 314						
	N-2	1 351	6 947	13 112							
	N-1	3 133	5 395								
	N	2 063									

		Période de développement									
		0->1	1->2	2->3	3->4	4->5	5->6	6->7	7->8	8->9	
Période d'origine	N-9	1.65	1.32	1.08	1.15	1.20	1.11	1.03	1.00	1.01	
	N-8	40.42	1.26	1.98	1.29	1.13	0.99	1.04	1.03		
	N-7	2.64	1.54	1.16	1.16	1.19	1.03	1.03			
	N-6	2.04	1.36	1.35	1.10	1.11	1.04				
	N-5	8.76	1.66	1.40	1.17	1.01					
	N-4	4.26	1.82	1.11	1.23						
	N-3	7.22	2.72	1.12							
	N-2	5.14	1.89								
	N-1	1.72									

		0->1	1->2	2->3	3->4	4->5	5->6	6->7	7->8	8->9
Facteur de développement		3.00	1.62	1.27	1.17	1.11	1.04	1.03	1.02	1.01
Cadence retenue		8.92	2.97	1.83	1.44	1.23	1.10	1.06	1.03	1.01

Figure 25 : illustration de la volatilité de Mack

Une formule fermée établie par Mack permet alors d'obtenir une estimation par année et au total de la *Mean Square Error Prediction* (MSEP) de la charge ultime. Le MSEP correspond à l'écart-type de la charge ultime.

Le tableau ci-dessous présente les résultats de la méthode de Mack sur le triangle.

Période d'origine	Charge	Charge Ultime	Reserves	MSE	MSE^0.5	Coefficient de Variation
N-9	18 834	18 834	-			
N-8	16 704	16 858	154	42 527	206	134%
N-7	23 466	24 083	617	388 598	623	101%
N-6	27 067	28 703	1 636	558 271	747	46%
N-5	26 180	28 927	2 747	2 159 304	1 469	53%
N-4	15 852	19 501	3 649	4 007 431	2 002	55%
N-3	12 314	17 749	5 435	4 880 751	2 209	41%
N-2	13 112	24 019	10 907	28 706 763	5 358	49%
N-1	5 395	16 045	10 650	40 108 990	6 333	59%
N	2 063	18 402	16 339	603 502 502	24 566	150%
Total	160 987	213 122	52 135	724 094 881	26 909	52%

Figure 26 : calcul du MSEP de Mack

Sans hypothèse sur la distribution sous-jacente, l'écart-type est estimé à 26 909 au total et le coefficient de variation à 52%.



Nous rappelons que l'erreur quadratique totale est supérieure à la somme des erreurs quadratiques suite à la prise en compte de la corrélation entre périodes d'origine.

Enfin, bien que la méthode de Mack soit non paramétrique, nous pouvons faire des hypothèses de lois de probabilités et déterminer leurs paramètres à partir de la méthode des moments. Nous avons choisi d'illustrer l'exemple avec les loi normale et log-normale, les deux lois les plus utilisées sur la place.

Paramètres	Normale	Log-Normale
μ	52 135	10.744
σ	26 909	0.486

Figure 27 : Paramètres des lois normale et log-normale à partir des résultats du modèle de Mack

Ainsi, la distribution des quantiles selon la loi sélectionnée est la suivante :

Quantiles	Loi Normale	Loi Log-Normale
50%	52 135	46 328
75%	70 285	64 299
80%	74 782	69 739
90%	86 621	86 363
95%	96 397	103 040
99%	114 735	143 497
99.5%	121 448	161 994

Figure 28 : Distribution des quantiles avec la méthode de Mack

La validation des hypothèses de Mack sur cet exemple est présentée en Annexe.

3.c. Méthode Bootstrap

La méthode Bootstrap est une méthode de rééchantillonnage avec remise permettant la réplcation multiple des données à partir d'un échantillon initial.

3.c.i. Présentation de la méthode

Un échantillonnage des données est réalisé sur les résidus standardisés (résidus centrés et réduits) du modèle utilisé, les résidus correspondant à l'erreur entre les données observées et attendues.

Ces résidus standardisés doivent être indépendants entre eux et identiquement distribués suivant une loi normale centrée réduite d'espérance égale à 1 et d'écart-type égal à 0.

Un pseudo échantillon donné est alors estimé à partir de la sinistralité attendue et ces résidus échantillonnés. L'application du modèle initial utilisé permet alors de réaliser la projection d'une nouvelle charge ultime. Enfin, c'est la répétition N fois de la phase d'échantillonnage des résidus qui permet d'obtenir une distribution de la charge ultime et par conséquent la volatilité par année et globale correspondante.

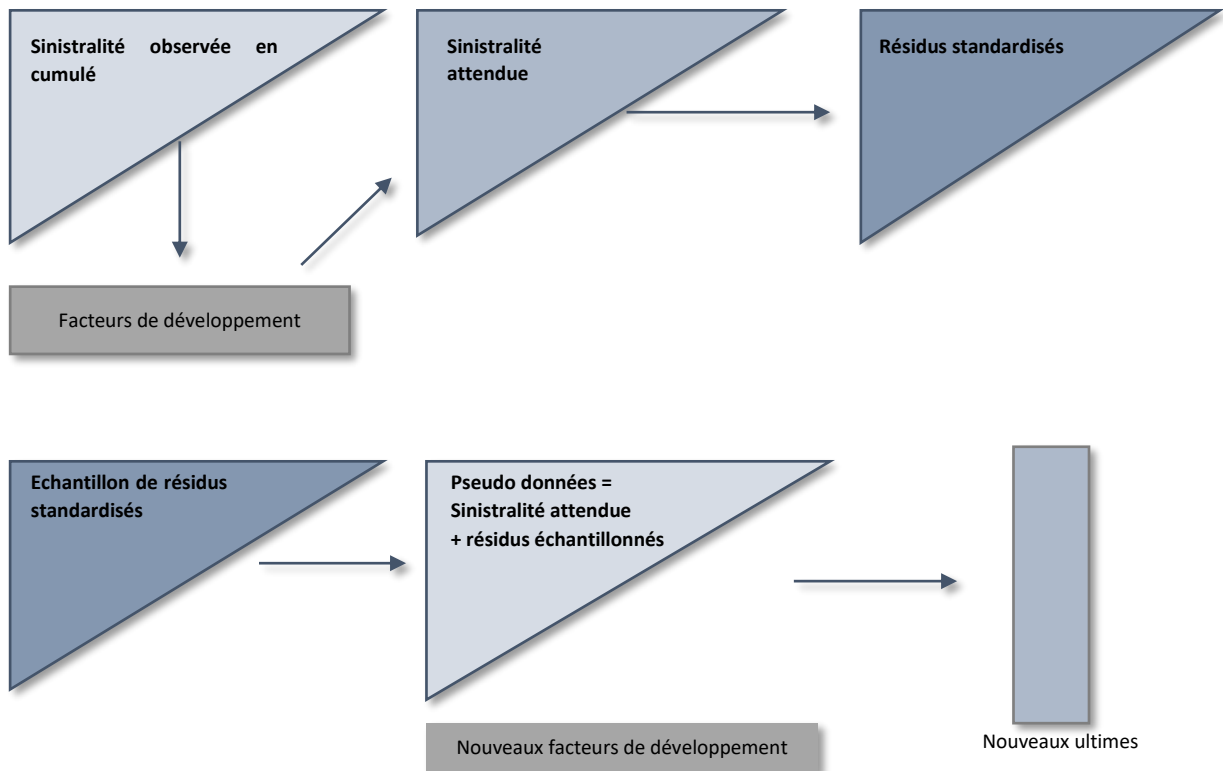


Figure 29 : illustration du Bootstrap

A la différence, de la méthode de Mack, la méthode Bootstrap permet d'obtenir une distribution non-paramétrique de la charge ultime. La moyenne de cette distribution peut être différente de celle observée par l'utilisation des méthodes déterministes. Il est possible alors de recentrer la distribution cette charge de deux manières :

- Translation : Cette opération consiste à ajuster par un facteur additif la moyenne de la distribution sur l'estimation de la méthode déterministe. L'écart-type de la charge ultime reste inchangé.
- Homothétie : Cette opération consiste à ajuster par un facteur multiplicatif la moyenne de la distribution sur l'estimation de la méthode déterministe. L'écart-type de la charge ultime est ajusté en conséquence.

Parmi les méthodes Bootstrap les plus utilisées, on retrouve la méthode Bootstrap Poisson sur-dispersée et la méthode Bootstrap Mack.

La méthode Bootstrap Poisson sur-dispersée possède une restriction qui est la suivante : les incréments doivent être strictement positifs. En effet, il a été démontré par R. Verral et E. Renshaw que sous cette hypothèse, les résultats de la méthode Chain-Ladder et du modèle GLM poisson sur dispersée sont identiques. La méthode de Bootstrap Mack quant à elle n'impose aucune restriction sur les incréments.

3.c.ii. Exemple

Nous reprenons le même triangle utilisé pour présenter la méthode de Mack ; un triangle de règlements cumulés en assurance RC Générale.

Pour rappel, en faisant une application « orthodoxe » de la méthode Chain Ladder, c'est-à-dire sans retoucher aucune des données du triangle initial et en appliquant tels quels les facteurs de développement moyens, nous obtenons une seule valeur de réserve complémentaire, soit ici 52 135.



Le graphique ci-dessous présente les résultats des simulations du Bootstrap.

Analyses		Bandes		Nombre de simulations des réserves contenues dans la bande
Min	17 705	17 705	22 720	19
Max	118 008	22 720	27 735	106
Moyenne	53 428	27 735	32 750	357
Ecart-Type	13 923	32 750	37 766	723
Quantiles		37 766	42 781	1 136
1%	27 015	42 781	47 796	1 337
5%	32 945	47 796	52 811	1 561
10%	36 726	52 811	57 826	1 331
20%	41 444	57 826	62 841	1 111
25%	43 419	62 841	67 856	839
50%	52 091	67 856	72 872	594
75%	61 940	72 872	77 887	373
80%	64 452	77 887	82 902	201
90%	71 810	82 902	87 917	138
95%	78 150	87 917	92 932	88
99%	91 898	92 932	97 947	43
100%	96 934	97 947	102 962	21
		102 962	107 978	8
Nb tranches	20	107 978	112 993	6
Etendue	100 303	112 993	140 000	8

Figure 30 : Résultat des simulations du Bootstrap

Sur l'échantillon issu de 10 000 simulations nous observons que la médiane est très proche de la réserve Chain Ladder et que la moyenne n'en est pas très différente (avant tout retraitement de recentrage).

Si l'on souhaite un niveau de prudence tel que le montant réservé ne soit dépassé qu'une fois sur cinq, il faut alors fixer le montant de cette réserve aux alentours de **64 500** (@ quantile 80%).

3.d. Synthèses des méthodes de provisionnement stochastiques

3.d.i. Comparaison des résultats des méthodes stochastiques

Dans le tableau ci-dessous, nous comparons les bandes des réserves obtenues avec la méthode Bootstrap avec celles de Mack, sous l'hypothèse d'une distribution gaussienne et log-normale.



Bandes		Simulation Boostrap	Distribution Log-Normale	Distribution Normale
17 705	22 720	19	7	137
22 720	27 735	106	69	188
27 735	32 750	357	299	363
32 750	37 766	723	728	616
37 766	42 781	1 136	1 198	919
42 781	47 796	1 337	1 497	1 207
47 796	52 811	1 561	1 534	1 394
52 811	57 826	1 331	1 359	1 416
57 826	62 841	1 111	1 079	1 266
62 841	67 856	839	789	995
67 856	72 872	594	541	688
72 872	77 887	373	353	418
77 887	82 902	201	222	223
82 902	87 917	138	136	105
87 917	92 932	88	81	43
92 932	97 947	43	47	16
97 947	102 962	21	27	5
102 962	107 978	8	16	1
107 978	112 993	6	9	0
112 993	140 000	8	11	0

Figure 31 : Comparaison de la distribution des réserves Mack vs Bootstrap



Le graphique ci-dessous présente ces mêmes résultats sur la forme d'un graphique.

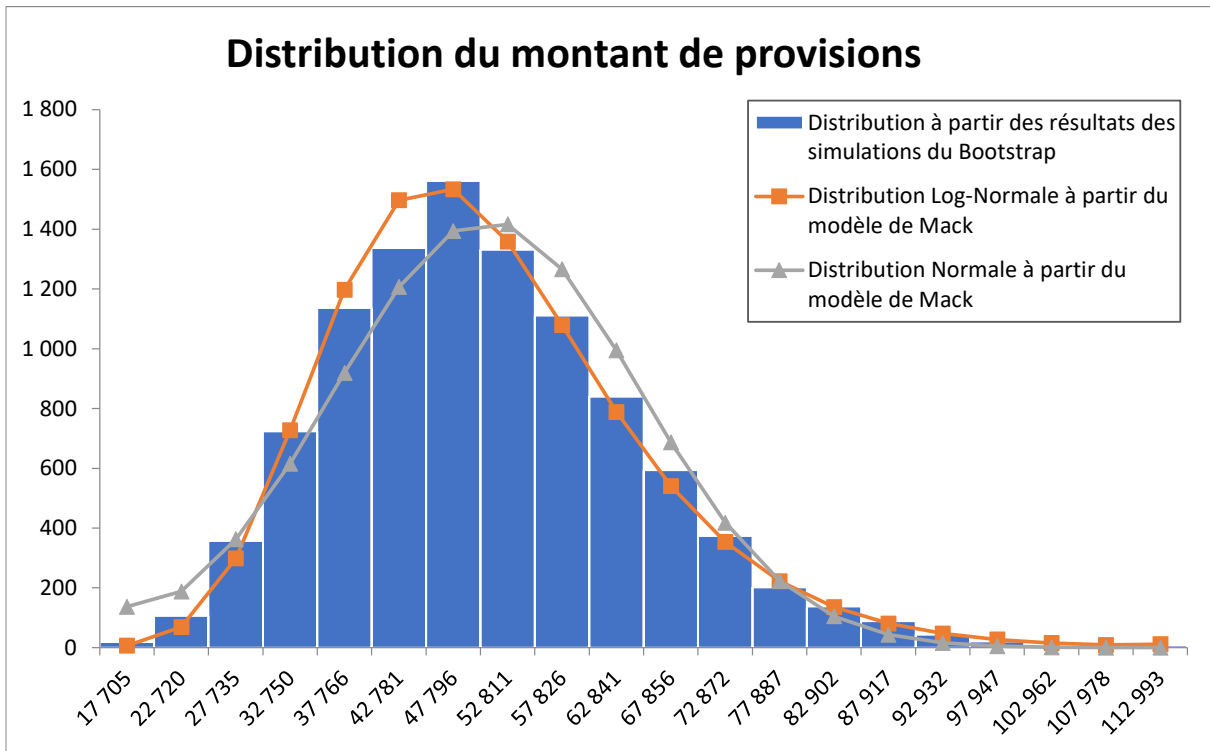


Figure 32 : Comparaison graphique de la distribution des réserves Mack vs Bootstrap

Dans ce cas de figure, nous pouvons remarquer que les résultats du modèle de Mack, sous l'hypothèse d'une distribution Log-Normale, sont proches des résultats du Bootstrap.

3.d.ii. Tableau comparatif des méthodes stochastiques présentées

Méthode	Mack	Bootstrap
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> Facile à mettre en place opérationnellement Mesures de l'aléa associé Modèle utilisé par M&W pour le calcul de la volatilité à horizon 1 an (après adoption) 	<ul style="list-style-type: none"> La méthode ne requiert pas d'hypothèses supplémentaires à celles du Chain-Ladder Fournit directement une distribution des réserves, de ce fait, tous les moments sont calculables Permet de calculer la volatilité à un an. (Lien vers l'exemple.)



Inconvénients	<p>Hypothèses fortes et difficiles à vérifier</p> <p>Sensibilité forte des estimations des provisions</p> <p>Ne donne pas la volatilité à un an directement</p> <p>Impossible d'obtenir une distribution complète des réserves sans appliquer une hypothèse sur la loi de la distribution</p>	<p>Requiert de stocker les paramètres de simulation car deux simulations donneront des résultats différents</p> <p>Requiert un grand nombre de simulation pour un résultat stable</p> <p>La méthode n'est plus « valide » si des retraitements des facteurs de retraitements sont effectués ou s'il y a des incréments négatifs</p> <p>N'est pas robuste pour l'estimation des quantiles élevés dans la mesure où souvent les données utilisées ne reflètent pas les observations concernant ces quantiles</p>
----------------------	---	--



4. Segmentation et groupes de risques homogènes

4.a. Segmentation et mailles de provisionnement

Conformément à l'article 80 de la Directive, les entreprises d'assurance et de réassurance doivent segmenter leurs engagements techniques d'assurance et de réassurance en groupes de risques homogènes et, au minimum, par ligne d'activité, lors du calcul de leurs provisions techniques.

En effet, les différentes branches d'assurance présentent des comportements différents pour la gestion et la liquidation des sinistres. Par exemple, les sinistres liés aux polices d'assurance aux entreprises n'ont généralement pas les mêmes caractéristiques que les polices d'assurance aux particuliers, même si les couvertures d'assurance peuvent être identiques.

Même au sein d'une même ligne d'assurance, les caractéristiques des sinistres par sous-couverture peuvent différer sensiblement différentes. Par exemple, les sinistres impliquant uniquement des dommages matériels pour les polices de responsabilité civile automobile sont généralement déclarés et payés très rapidement et ont une faible sévérité par rapport aux sinistres dommages corporels qui peuvent prendre des années à être réglées.

Par conséquent, l'évaluation de la segmentation des provisions techniques est un élément important à prendre en compte afin de réaliser une évaluation précise des provisions techniques.

Il est souvent possible d'améliorer la précision de l'estimation IBNR en subdivisant l'historique de données en groupes présentant des caractéristiques similaires, telles que des schémas comparables de sinistralité, de règlement ou de taille de portefeuille comparables, des modèles de règlement ou des distributions de taille de sinistre.

L'objectif est de diviser les données en groupes suffisamment homogènes sans compromettre la crédibilité des données. Cette crédibilité fait référence à la valeur prédictive accordée à un groupe de données. Augmenter l'homogénéité du groupe de données ou augmenter le volume de données dans le groupe tend à augmenter la crédibilité. Cependant, si l'actuaire divise les données en trop de groupes homogènes, il y a un risque d'erreur car le volume ne sera pas suffisant pour effectuer une analyse fiable.

En termes de gouvernance, le groupe de travail préconise de mettre en place un processus pour s'assurer que la segmentation est appropriée de manière permanente. Par exemple, la méthode de regroupement devrait être réévaluée régulièrement pour vérifier que la segmentation en place est toujours appropriée : même lorsque le portefeuille ne change pas de manière significative, de nouveaux facteurs de risque peuvent apparaître à la suite de changements dans l'environnement économique ou dans le comportement des assurés.

La segmentation devra être effectuée dans la mesure du possible en concertation avec les actuaires en charge de la tarification afin de déterminer des critères clairs de segmentation. Cependant, en l'absence de contact avec l'équipe tarification (par exemple, produit en *run-off*), il est important de discuter de la question de la segmentation avec les équipes les plus compétentes dans le domaine par exemple le contrôle de gestion ou les gestionnaires de sinistres.

4.a.i. Rappels des catégories ministérielles

Dans le cadre des comptes statutaires, l'article A344-2 du code des assurances définit la liste des catégories d'opérations et rappelle que les entreprises exerçant dans plusieurs catégories doivent, dans leur comptabilité, ventiler leurs opérations par exercice et par catégorie. Les catégories associées à l'assurance non-vie sont les suivantes :



- 20 Dommages corporels (contrats individuels) (y compris garanties accessoires aux contrats d'assurance vie individuels) ;
- 21 Dommages corporels (contrats collectifs) (y compris garanties accessoires aux contrats d'assurance vie collectifs) ;
- 22 Automobile (responsabilité civile) ;
- 23 Automobile (dommages) ;
- 24 Dommages aux biens des particuliers ;
- 25 Dommages aux biens professionnels ;
- 26 Dommages aux biens agricoles ;
- 27 Catastrophes naturelles ;
- 28 Responsabilité civile générale ;
- 29 Protection juridique ;
- 30 Assistance ;
- 31 Pertes pécuniaires diverses ;
- 34 Transports ;
- 35 Assurance construction (dommages) ;
- 36 Assurance construction (responsabilité civile) ;
- 37 Crédit ;
- 38 Caution ;
- 39 Acceptations en réassurance (non-vie).

Ces catégories représentent des contraintes de *reporting* et non d'évaluation des provisions techniques. Ainsi il n'y a pas d'obligation d'effectuer le calcul en utilisant la classification des cat-mins. Toutefois, utiliser cette catégorisation peut faire gagner du temps dans le process de provisionnement car il y n'a pas de retraitement à faire ou de *mapping* à constituer.

4.a.ii. Illustrations

Considérons par exemple sur les Cat-Nat. Dans le cadre des comptes statutaires, elles sont reportées dans la même cat-min (catégories ministérielles). Or, les sinistres liés aux inondations et aux sécheresses n'impactent pas forcément les mêmes zones et ne se développent pas de la même façon.

En utilisant les spécifications des cat-min, la distinction n'est pas possible, car les deux garanties sont considérées dans la cat-min 27.

4.a.iii. Points d'attention

Par exemple, les GRH (groupe de risques homogènes) utilisés pour calculer les provisions pour primes pourraient être plus granulaires, car ils peuvent également être nécessaires lors de la tarification des traités de réassurance. Le groupe de travail recommande aux entreprises d'assurance et de réassurance de prouver qu'elles disposent de suffisamment de données pour appliquer une segmentation différente dans les deux cas.

La séparation des garanties accessoires et des garanties principales n'est pas requise si ces garanties accessoires ne sont pas significatives au global (Orientation 21).

Afin de lever tout soupçon d'arbitrage favorable en matière de segmentation, l'entreprise d'assurance ou de réassurance pourrait effectuer le calcul de sa meilleure estimation avec une autre segmentation sur une partie spécifique de son portefeuille (pour éviter un exercice trop lourd). Le résultat de ce calcul pourrait ensuite être comparé à la meilleure estimation calculée à l'aide des GRH d'origine. L'entreprise d'assurance ou de réassurance devra être en mesure d'expliquer les différences.

Le groupe de travail recommande aux entreprises d'assurance et de réassurance de vérifier si, au sein d'une cat-min ou d'une *LoB S2*, des activités à court et à long terme ne cohabitent pas. Si tel est le cas,



et si l'entreprise n'a pas défini de GRH distinguant ces activités, la méthode utilisée pour calculer les provisions techniques non-vie pourrait ne pas être pertinente pour les deux activités (voir 77).

Par exemple, la cat-min « 22 Automobile (responsabilité civile) » comprend des engagements d'assurance qui couvrent toutes les responsabilités résultant de l'utilisation de véhicules automobiles. Cela comprend à la fois les dommages matériels (court terme) et les dommages corporels (long terme).

4.b. Passage des LoB S2 aux cat-min

Pour certaines compagnies d'assurance, le calcul des provisions dans les différentes normes (comptes statutaires et Solvabilité 2 notamment) est effectué par la même équipe. Il peut donc être avantageux de constituer une table de passage pour les provisions d'une norme à l'autre afin de gagner du temps.

Pour les produits plus courants (et standardisés) sur le marché français, le groupe de travail propose de s'inspirer de la cartographie générale communiquée par l'ACPR (https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/20130527-onc-2013_0.pdf, annexe 2 page 17) correspondant à la liste des produits d'assurance avec les Lob Solvabilité 2 ou envisager la cartographie publiée par toute organisation professionnelle.

Le groupe de travail préconise aux entreprises de réaliser une cartographie détaillée des produits/garantie d'assurance de leur portefeuille et des lignes d'activité (ci-après, les LoB) de Solvabilité 2. Afin d'affiner ce travail, le groupe de travail préconise d'avoir une connaissance fine des termes et conditions des contrats d'assurance les plus importants afin de s'assurer que cette cartographie est cohérente avec la nature des risques couverts.

La ventilation des IBNR ou des charges ultimes peut être effectuée en fonction de la répartition des (sous-) garanties dans chaque Lob en fonction du niveau du Dossier/Dossier ou des primes (émises ou acquises).

4.c. Les sinistres graves

L'isolation des sinistres graves est une problématique récurrente dans le provisionnement. En effet, la façon de distinguer les sinistres attritionnels des sinistres graves peut, lors de la segmentation des risques, amener à des variations significatives sur la charge ultime résultante.

4.c.i. Détermination du seuil des sinistres graves

Il convient tout d'abord de définir un ou plusieurs seuils de gravité des sinistres :

- En s'appuyant sur des approches quantitatives :
 - Théorie des grands nombres ;
 - Hill Plot ;
 - Quantile de la distribution des sinistres.
- Ou sur des approches qualitatives :
 - Seuil des sinistres dits graves par la gestion des sinistres et par la réassurance ;
 - Jugement d'expert

Notons que plusieurs seuils peuvent être utilisés, par exemple, un seuil pour les sinistres graves et un autre pour les sinistres exceptionnels.

4.c.ii. Traitement des sinistres graves dans construction des triangles

Suite à la définition d'un seuil, plusieurs approches permettent d'isoler les sinistres graves dans la construction des triangles :



- **Grave un jour grave toujours** : dès qu'un sinistre passe le seuil de grave à une période donnée (*attention à la notion de période*), il est défini comme grave ;
- **Grave à date** : seuls les sinistres dépassant le seuil à date sont considérés comme graves ;
- **Caper** : la part de la charge excédant le seuil est retirée pour alimenter la méthode sur les graphes.

Méthode	Avantages	Inconvénients
Grave un jour grave toujours	- Le mouvement des graves n'impacte pas la volatilité des triangles attritionnels	- Plus complexe à flagger - Historique des attritionnels et des graves fluctuant
Grave à date	- Plus simple à identifier dans les bases	- Le mouvement des graves entre chaque arrêté peut impacter la volatilité des triangles attritionnels
Caper	- Le mouvement des graves n'impacte pas la volatilité des triangles attritionnels	- Les sinistres graves sont gérés comme un seul sinistre, alors que l'ultime est projeté dans deux triangles

4.c.iii. Le cas particulier des catastrophes naturelles

Du fait de la volatilité de ces risques et des spécificités de réassurance, ils sont systématiquement isolés.

4.c.iv. Développement des sinistres graves

De façon générale, les sinistres graves sont expertisés. Ils ne sont donc pas projetés avec les méthodes classiques mais il est important de ne pas oublier les IBNR⁸ potentiels sur les sinistres graves. En effet, la charge de ces derniers peut évoluer à la hausse.

Le groupe de travail recommande de mettre en place une méthodologie pour les définir, les provisionner et les suivre.

Il est envisageable d'avoir trois mailles de calcul, attritionnelle, grave et exceptionnelle, et d'appliquer une méthode de calcul différente pour déterminer les IBNR pour chacune de ces trois mailles. Il peut être pertinent de ne pas effectuer de calcul actuariel pour les sinistres exceptionnels selon la nature de ces sinistres et de leur forte volatilité.

4.d. Synthèse sur la segmentation des données pour le provisionnement

Lors de la segmentation des données en groupe de risques homogènes, un arbitrage entre homogénéité (risques similaires) et crédibilité (quantité de données suffisante) doit être pris en compte.

La liste ci-dessous récapitule les différentes mailles de provisionnement de la plus large à la plus fine :

- LoB S2 / Cat-min ;
- Garantie ;
- Produit ;
- Type de sinistralité (attritionnelle, grave, exceptionnelle) ;
- Catastrophes naturelles.

⁸ IBNyR dans ce cas en particulier.



4.e. Références réglementaires

	Code des Assurances	Règlement délégué	Notice ACPR « Solvabilité 2 » Provisions techniques (y compris mesures branches longues) 2015
Dispositions générales	Art. L. 351-1, Art. L. 351-2	Art. 17, Art. 18	
Engagements d'assurance non-vie		Art. 36	
Segmentation	Art. R. 351-11		
Lignes d'activités		Art. 55	Orientations 17 à 23



5. Propositions de méthodologies en fonction des branches

5.a. Assurance Automobile

Hypothèses	Automobile
Description	Cette branche est composée des risques issus des produits d'assurances Automobile.
Segmentation	<p>Plusieurs garanties majeures composent les engagements :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Responsabilité Civile Corporelle • Responsabilité Civile Matérielle • Dommage automobile • Protection personnelle du conducteur • Projection juridique* • Catastrophes Naturelles* <p>Si nécessaire la segmentation peut être plus fine en fonction du volume de donnée disponible.</p> <p>Les sinistres attritionnels et graves sont distingués sur les risques où c'est pertinent (<i>au minima sur la Responsabilité Civile Corporelle</i>).</p> <p>(*) <i>provisionnement analysé avec les risques similaires</i></p>
Retraitement (as-if)	<p>Pour les garanties corporelles, les sinistres sont provisionnés par poste de préjudice en capital ou en rente. Les provisions dossiers s'appuient sur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Des hypothèses internes (Coût de l'assistance aux tiers, ...) • Des hypothèses « marché » : BCRIV, Gazette du palais, ... • Des hypothèses réglementaires : tables de mortalité, taux d'actualisation <p>En plus des liens avec l'environnement économique et jurisprudentiel, les risques sont impactés par d'autres changements :</p> <ul style="list-style-type: none"> • FGAO : exclusion des rentes constituées après 2003 de la couverture contre l'inflation <p>Tous ses éléments pouvant impacter l'indépendance des variables, un travail de <i>as-if</i> des données peut être utile bien que complexe.</p>
Estimation de la charge ultime brute de réassurance	
Période d'origine	Année de survenance / déclaration
Méthode d'estimation / Projection	<p>Segments Responsabilité Civile Corporel attritionnelle et Responsabilité Civile Matériel, Dommages automobile et Protection personnelle du conducteur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chain-Ladder de charges ou de règlements <p>Segments Responsabilité Civile Corporel grave :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chain-Ladder de charges • BF sur les survenances récentes (<i>triangle volatil et liquidation longue</i>) • Approche Dossier/ Dossier car les triangles sont impactés par des effets économiques et jurisprudentiels ou parce que le nombre de sinistre n'est pas assez critique pour utiliser des triangles



Historique	<p>RC Corporel : 20 ans à minima – Déroulement long RC Matériel : 10 ans à minima Dommages Auto : 5 ans à minima</p> <p><i>Quel que soit la nature du risque, l'historique dépend également des changements impactant la liquidation des sinistres.</i></p>
Période ultime	<p>RC Corporel : 20 ans à minima – Déroulement long RC Matériel : 10 ans à minima Dommages Auto : 5 ans à minima (selon la taille du portefeuille)</p>
Facteur de queue	En cas d'impossibilité d'exploiter l'intégralité de l'historique (changement de liquidation de la gestion sinistre)
Estimation de la cadence de liquidation des flux	
Période d'origine	Année de survenance / déclaration
Méthode d'estimation	<p>Segments Responsabilité Civile Corporel attritionnelle et Responsabilité Civile Matériel, Dommages automobile et Protection personnelle du conducteur :</p> <ul style="list-style-type: none"> Chain-Ladder de règlements <p>Segments Responsabilité Civile Corporel grave :</p> <ul style="list-style-type: none"> Chain-Ladder de règlements (possibilité de séparer les recours) <p>Bornhuetter-Ferguson sur les survenances récentes</p>
Historique	<p>RC Corporel : 10 ans RC Matériel : 7 ans Dommages Auto : 5 ans</p> <p><i>Quel que soit la nature du risque, l'historique dépend également des changements impactant la liquidation des sinistres.</i></p>
Période Ultime	<p>RC Corporel : ~30 ans RC Matériel : ~10 ans Dommages Auto : ~7 ans</p>
Facteur de queue	Utilisation de facteur de queue pour prolonger la cadence de liquidation et converger vers la charge ultime estimée.
Informations complémentaires / Spécificités	
Spécificités	<p>Pour les sinistres Corporels, ils sont transformés en capital ou en rente en fonction de la garantie sous-jacente (PPC ou RC Corporel) et des postes de préjudice du dossier.</p> <p>Pour les sinistres non transigés, la gestion de rentes potentielles peut-être isolée pour modéliser les engagements.</p> <p>Les rentes ainsi constituées sont provisionnées avec une approche de provisions mathématiques en prenant en compte les contraintes normatives (table, taux, revalorisation, ...).</p> <p>Le provisionnement des risques corporels est fortement impacté par l'environnement économique et jurisprudentiel, il est important de mettre en place une surveillance de la politique interne de provisionnement.</p> <p>Rappel de l'article de l'Autorité des normes comptables (ANC) : la réglementation ANC 2015-11 (Article 143-16) établit que :</p>



	<p>« Les sinistres des deux derniers exercices autres que les sinistres corporels correspondants à des risques de responsabilité civile et les autres sinistres d'accidents corporels sont évalués en utilisant concurremment les deux méthodes suivantes, l'évaluation la plus élevée étant seule retenue :</p> <ul style="list-style-type: none">• Première méthode : évaluation par référence au coût moyen des sinistres des exercices antérieurs ;• Deuxième méthode : évaluation basée sur les cadences de règlement observées dans l'entreprise au cours des exercices antérieurs. <p>En outre, une évaluation dossier par dossier peut également être utilisée pour ces sinistres. Dans ce cas, l'évaluation la plus élevée résultant de ces trois méthodes est retenue. »</p>
Autres provisions complémentaires	Provisions Mathématiques de rente : pour les rentes constituées Provisions pour rentes potentielles



5.b. Assurance Dommages aux Biens

Hypothèses	Dommage aux biens
Description	Engagements liés aux produits d'assurance dommages aux biens généralement subdivisés en trois branches : particuliers, professionnels et agricoles. Les contrats sont généralement annuels.
Segmentation	Les garanties dommages aux biens se liquident assez rapidement en dehors de certains événements atypiques. En fonction des risques et de la masse de donnée, il est possible de distinguer les attritionnels et les graves. Pour les risques Dommages, les recours peuvent également être isolés. <i>Les catastrophes naturelles étant très volatiles, elles sont séparées des autres garanties de dommage aux biens et traitées par la suite.</i>
Retraitement (as-if)	Indice de retraitement de l'inflation (exemple l'indice FFB)
Estimation de la charge ultime brute de réassurance	
Période d'origine	Année de survenance / déclaration
Méthode d'estimation / Projection	<ul style="list-style-type: none"> Chain-Ladder de charges Chain-Ladder de règlements (si les sinistres se liquident vite et que l'historique est suffisant)
Historique	Risques dommages aux biens : 3 à 5 ans (10 pour les sinistres graves) <i>Quel que soit la nature du risque, l'historique dépend également des changements impactant la gestion des sinistres.</i>
Période ultime	Risques dommages aux biens : 3 à 5 ans
Facteur de queue	Peu utilisé
Estimation de la cadence de liquidation des flux	
Période d'origine	Année de survenance / déclaration
Méthode d'estimation	Chain-Ladder de règlements
Historique	Risques dommages aux biens : 3 à 5 ans Quel que soit la nature du risque, l'historique dépend également des changements impactant la liquidation des sinistres.
Période Ultime	Risques dommages aux biens : 5 ans
Facteur de queue	Peu utilisé
Informations complémentaires / Spécificités	
Spécificités	De façon générale, les sinistres Cat Nat sont provisionnées séparément



5.c. Assurance Protection Juridique

Hypothèses	Protection Juridique
Description	Cette branche correspond aux frais d'avocat mandaté par un assureur dans le cadre d'une prestation pour un assuré
Segmentation	<ul style="list-style-type: none"> PJ Accessoires aux contrats MRH/Auto/Affinitaire PJ Directe PJ Professionnelle (ex : PJMO)
Retraitement (as-if)	Pas nécessairement, sauf en cas d'évolution des limites contractuelles (franchise d'intervention et plafond maximum de prise en charge des frais d'avocat par sinistre et/ou par année de couverture)
Estimation de la charge ultime brute de réassurance	
Période d'origine	Année de police / Souscription Année de survenance / déclaration
Méthode d'estimation / Projection	<ul style="list-style-type: none"> Chain-Ladder de règlements BF sur les survenances récentes en cas de volatilité importante
Historique	5 à 10 années selon catégorie de contrat
Période ultime	5 à 8 ans
Facteur de queue	Peu utilisé
Estimation de la cadence de liquidation des flux	
Période d'origine	Année de survenance / déclaration
Méthode d'estimation	<ul style="list-style-type: none"> Chain-Ladder de règlements BF sur les survenances récentes en cas de volatilité importante
Historique	5 à 10 années selon catégorie de contrat
Période Ultime	5 à 8 ans
Facteur de queue	Peu utilisé
Informations complémentaires / Spécificités	
Recours	Il faut potentiellement séparer les recours des triangles bruts si la cadence est significativement différente
Date de déclaration = date de survenance	Sur ce risque il est parfois difficile de dater précisément l'origine du litige. Aussi, c'est la date de déclaration du sinistre qui fait le plus souvent office de date de survenance : si la garantie est acquise (contrat actif, domaine d'intervention non exclu, montant du préjudice potentiellement supérieur à celui de la franchise, etc.) au jour de la déclaration par l'assuré alors c'est cette date qui est retenue comme date de survenance. Par conséquent, on enregistre a priori très peu, voire pas du tout, de dossier tardif sur cette branche
Type de gestion (Assistance/Litige) et niveau de litige (Amiable/Judiciaire)	<p>Schématiquement le cycle de vie d'un dossier PJ est le suivant :</p> <ul style="list-style-type: none"> Ouverture suite à déclaration en mode de gestion « assistance ». Le client recherche de l'information et/ou un conseil juridique en raison d'un litige potentiel. Suite à l'assistance fournie par le gestionnaire, le dossier peut être clôturé dès ce stade ☐ frais d'avocat = 0 et la seule charge pour la compagnie est liée au coût de gestion du dossier Si le dossier n'est pas solutionné suite à l'assistance juridique, il passe en gestion « Litige » : <ul style="list-style-type: none"> L'assureur va rechercher en priorité un règlement à l'amiable (via le gestionnaire et/ou l'intervention d'un avocat). Cela constitue le premier niveau de litige



- Si la voie amiable n'a pas permis de clôturer le dossier, on passe en gestion judiciaire. A partir de là, plus le dossier reste ouvert longtemps, plus le montant des règlements bruts de recours augmente au fil du franchissement des paliers judiciaires (1^{ère} instance, appel, etc.)

Il peut donc être intéressant de développer des sous modèles de provisionnement par type de gestion X niveau de litige afin de tenir compte assez finement des paliers de dérive de la charge déjà franchis ainsi de ceux restants potentiellement à venir.

Enfin, dans le cas où un plafond d'indemnisation est prévu au contrat (cas le plus fréquent), il ne faut pas oublier dans les projections de capter la dérive potentiel de chaque sinistre non clos.



5.d. Assurance Construction

Hypothèses	Construction
Description	<p>Produits d'assurance liés :</p> <ul style="list-style-type: none"> Aux dommages de biens en cours de construction À la responsabilité civile des acteurs du marché de la construction <p>On distingue :</p> <ul style="list-style-type: none"> Garanties en cours de chantier : Tous Risques Chantier, Responsabilité Civile Générale, Dommage Aux Biens (garanties non décennales) Garanties après la réception du chantier : Dommages-Ouvrage (DO), Responsabilité Civile Décennales (RCCD) (garanties décennales obligatoires) <p>Pour les garanties décennales, on parle généralement de mécanisme à double déténe : l'assureur de DO indemnise les dommages survenus sur un bien, il détermine les responsabilités et exerce des recours à l'encontre des assureurs RCD des lots identifiés comme responsables.</p>
Segmentation	<p>A minima DO et RCD, on sépare les garanties décennales des autres</p> <p>Possibilité également de segmenter la DO selon le type de construction et son usage (immeuble/maison, habitation/bureaux).</p> <p>En RCD on peut distinguer par type d'activité ou par taille d'entreprise (entreprise / artisans, architecte / entreprise du bâtiment).</p>
Retraitement (as-if)	<p>BT01 (index national du bâtiment) et/ou ICC (index de coût de la construction)</p>
Estimation de la charge ultime brute de réassurance	
Période d'origine	Date/année d'ouverture de chantier (DOC) et/ou année de survenance/déclaration
Méthode d'estimation / Projection	<p>Méthode :</p> <ul style="list-style-type: none"> Chain-Ladder, Bornhuetter-Ferguson : Attention des variations importantes de ratio de sinistralité (Charge de sinistres/Primes ; S/P) dans le temps doivent être prises en compte quand l'approche BF est retenue au même titre que l'inhomogénéité des typologies de chantier (normes en construction, types de construction, etc.) Verbeek-Taylor (méthode factorielle) <p>Attention, en construction, les triangles sont en 3 dimensions (constitution de la PSNEM – Provision pour sinistres non encore manifestés). Il est donc nécessaire de :</p> <ul style="list-style-type: none"> Provisionner en 2 fois, d'abord par survenance puis par DROC (Déclaration d'ouverture de chantier) Utiliser des méthodes de provisionnement en 3D
Historique	<p>15 ans à minima</p> <p><i>Quelle que soit la nature du risque, l'historique dépend également des changements impactant la liquidation des sinistres.</i></p>
Période ultime	Environ 30 ans
Facteur de queue	Oui



Estimation de la cadence de liquidation des flux	
Période d'origine	Date/année d'ouverture de chantier (DOC) et/ou année de survenance/déclaration
Méthode d'estimation	<p>Méthode :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chain-Ladder, • BF : Attention des variations importantes de ratio de sinistralité (Charge de sinistres/Primes ; S/P) dans le temps doivent être prises en compte quand l'approche BF est retenue au même titre que l'inhomogénéité des typologies de chantier (normes en construction, types de construction, etc.) • Verbeek-Taylor (méthode factorielle) <p>Attention, en construction les triangles sont en 3 dimensions (constitution de la PSNEM – Provision pour sinistres non encore manifestés). Il est donc nécessaire de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Provisionner en 2 fois, d'abord par survenance puis par DROC • Utiliser des méthodes de provisionnement en 3D <p>Attention : la cadence de manifestations des dernières DROC, plus particulièrement en DO, est très faible. Il est donc nécessaire d'ajuster la charge via un BF par exemple en projetant des SC ajustés selon la production par exemple et en ajustant des éventuelles déviations de portefeuille.</p>
Historique	15 ans à minima
Période Ultime	Environ 10-15 ans
Facteur de queue	Oui
Informations complémentaires / Spécificités	
Sinistres Clos Sans Suite	Nombreux sinistres clos sans suite, dont la charge n'est pas nulle. Il s'agit de frais d'expertise obligatoire suite à une déclaration de sinistre, même s'il s'avère que la garantie n'est pas acquise.
Frais d'expertise	Frais d'expertise importants, à prendre en compte dans le provisionnement selon la nature du risque (fréquence potentiellement plus importante sur un immeuble que sur une maison par exemple).
Deux types de sinistres	<p>Les sinistres manifestés en date d'inventaire, y compris les sinistres tardifs qui ne seront déclarés qu'un peu après :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Il peut s'écouler plusieurs années entre la date de manifestation et la date de déclaration à l'assureur : des tentatives de règlement amiable ou un appel tardif d'un assuré en la cause (RC décennale) peuvent notamment expliquer ce décalage. <p>Les sinistres non manifestés en date d'inventaire, mais qui se manifesteront dans la période décennale qui fait l'objet de la garantie et pour lesquels la provision doit déjà être constituée (sinistres gérés en capitalisation).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quasiment aucun sinistre n'est déclaré en début du chantier ; il y a donc une difficulté à faire des évaluations en vision économique et à challenger les primes commerciales
Contraintes réglementaires en matière de provisionnement :	<ul style="list-style-type: none"> • Les articles 143-13, 143-14 et 143-15 du Règlement de l'Autorité des normes comptables (ANC) Le barème réglementaire actuel a été construit en 1994 (il y a donc plus de vingt ans) sur la base des données propres à SMABTP. Peut donner des résultats volatils d'une année à l'autre. • L'article 19 du règlement délégué



5.e. Assurance RC Générale

Hypothèses	Responsabilité civile
Description	<p>Engagements liés :</p> <ul style="list-style-type: none"> Aux produits d'assurance dommages aux biens généralement subdivisés en trois branches : particuliers, professionnels et agricoles, Aux produits de responsabilité civile générale. <p>Les contrats sont généralement annuels.</p>
Segmentation	<p>Les sinistres en responsabilité civile ont des cadences de liquidations plus longues.</p> <p>En fonction des risques, il est possible de distinguer les attritionnels et les graves. Pour les risques Dommages, les recours peuvent également être isolés. Il peut être pertinent de séparer les garanties matérielle et corporelle.</p>
Retraitement (as-if)	Retraitement de l'Inflation (sectorielle)
Estimation de la charge ultime brute de réassurance	
Période d'origine	Année de survenance / déclaration
Méthode d'estimation / Projection	<ul style="list-style-type: none"> Chain-ladder de charges <p>BF sur les survenances récentes en cas de volatilité importante</p>
Historique	Risques responsabilité civile : 8 à 10 ans (voire plus selon l'historique)
Période ultime	8 à 10 ans
Facteur de queue	Peu utilisé
Estimation de la cadence de liquidation des flux	
Période d'origine	Année de survenance / déclaration
Méthode d'estimation	<ul style="list-style-type: none"> Chain-ladder de règlements <p>BF sur les survenances récentes en cas de volatilité importante</p>
Historique	<p>10 ans et plus si les données semblent toujours pertinentes</p> <p><i>Quel que soit la nature du risque, l'historique dépend également des changements impactant la liquidation des sinistres.</i></p>
Période Ultime	12 à 15 ans sur des risques longs
Facteur de queue	Les facteurs de queue fréquemment utilisés pour compléter les facteurs du triangle et ne pas se baser exclusivement sur un historique plus faible et des vieilles années.



5.f. Assurance RC Médicale

Hypothèses	RC Médicale
Description	<p>Garanties obligatoires souscrites par tous les professionnels de santé (personne physique ou morale - hôpitaux / cliniques, fabricants, médecins, EHPAD...).</p> <p>Les contrats sont généralement annuels ou en LTA.</p> <p>Développement particulièrement long (consolidation des sinistres parfois très tardive, rentes viagères sur des victimes dont la durée de vie correspond parfois à celle de la population générale...).</p> <p>Fréquence élevée des sinistres graves Enregistrement des sinistres à leur réclamation et présence de délais subséquents pour lesquels la garantie subsiste après résiliation du contrat</p>
Segmentation	<p>Plusieurs mailles possibles selon la disponibilité des données :</p> <ul style="list-style-type: none"> Type d'établissement public / privé Spécialité (Anesthésiste, Chirurgien, gynécologie obstétrique, lourd / non lourd etc.) comme l'état reporting E11, voire pour distinguer les paramédicaux, dentistes, généralistes Mode d'exercice (libéral, étudiant, etc.) Adhésion individuelle / collective <p>Attritionnel / graves / sériels ou événements atypiques</p>
Retraitement (as-if)	<p>Inflation économique (indice des prix à la consommation) et Inflation spécifique ou conjoncturelle (l'indice utilisé est l'indice du salaire moyen mensuel brut de l'ensemble des ouvriers de l'industrie métallurgique. Cet indice, appelé indice G.I.M.R.P).</p> <p>Retraitement des sinistres ayant fait l'objet d'une indemnisation via la Commissions Régionales de Conciliation et d'Indemnisation des accidents médicaux (CRCI, loi About en 2002).</p>
Estimation de la charge ultime brute de réassurance	
Période d'origine	<p>Année de survenance / déclaration / réclamation</p> <p>Enregistrement des sinistres à leur réclamation et présence de délais subséquents pour lesquels la garantie subsiste après résiliation du contrat.</p>
Méthode d'estimation / Projection	<ul style="list-style-type: none"> Chain-ladder de charge ou nombre et CM BF sur les survenances récentes en cas de volatilité importante <p>Attention au taux de clos sans suite</p>
Historique	<p>20 ans et plus si les données semblent toujours pertinentes (ex : risque obstétrique minimum 18 ans).</p> <p><i>Quelle que soit la nature du risque, l'historique dépend également des changements impactant la liquidation des sinistres.</i></p>
Période ultime	15 ans à minima et 30 ans au maximum.



	<i>Quelle que soit la nature du risque, l'historique dépend également des changements impactant la liquidation des sinistres.</i>
Facteur de queue	Fréquemment utilisé, possibilité de distinguer les graves et les attritionnels
Estimation de la cadence de liquidation des flux	
Période d'origine	Année de survenance / déclaration / réclamation
Méthode d'estimation	<ul style="list-style-type: none"> • Chain-ladder de paiements • BF sur les survenances récentes en cas de volatilité importante
Historique	<p>20 ans et plus si les données semblent toujours pertinentes (ex : risque obstétrique minimum 18 ans).</p> <p><i>Quelle que soit la nature du risque, l'historique dépend également des changements impactant la liquidation des sinistres.</i></p>
Période Ultime	15 ans à minima et 30 ans au maximum
Facteur de queue	Les facteurs de queue fréquemment utilisés pour compléter les facteurs du triangle et ne pas se baser exclusivement sur un historique plus faible et des vieilles années. Possibilité de distinguer les graves et les attritionnels
Informations complémentaires / Spécificités	
Autres provisions complémentaires	Risque de jurisprudence élevé Provisions spécifiques : sang contaminé, perruche etc.
Spécificités	Fréquence élevée des sinistres graves Typologie de grave similaire à la RC corporelle Automobile (postes de préjudices, etc.)
Contrainte réglementaire en matière de provisionnement	<p>Depuis la loi About (L. 251-2 du Code des assurances et L. 1142-2 du Code de la santé publique), l'indemnisation des sinistres, jusqu'alors en base « fait dommageable », est passée en base réclamation.</p> <p>Du fait du régime en base réclamation, il existe des risques liés à des dommages issus de réclamations qui interviennent après la résiliation du contrat, mais qui trouvent leur origine dans la période de garantie. Ces risques relèvent de la garantie subséquente.</p> <p>Il peut exister un reliquat de sinistralité en base survenance liée au contrats souscrit avant 2002.</p>
Calcul de la provision liée à la garantie subséquente :	<ul style="list-style-type: none"> • Distinction possible de la garantie subséquente illimitée (passé inconnu) de la garantie subséquente limitée (passé connu). • Si la méthode d'utilisation de calcul de la provision liée à la subséquente est le pourcentage de primes pour les organismes ayant une petite part de RCM, possibilité d'utiliser la probabilité de départ (retraite, arrêt activité, changement d'assureur) ; • Approche basée sur une identification des contrats/sinistres concernés et une application des méthodes mentionnées plus haut



5.g. Catastrophes Naturelles

Hypothèses	Catastrophes Naturelles (Cat-Nat)
Description	<p>Engagements liés :</p> <ul style="list-style-type: none"> Aux produits d'assurance dommages aux biens généralement subdivisés en trois branches : particuliers, professionnels et agricoles, Aux produits d'assurance automobile. <p>Les contrats sont généralement annuels.</p>
Segmentation	<p>Les catastrophes naturelles regroupent plusieurs périls :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tempête ; - Sécheresse ; - Inondation ; - Grêle et neige ; - Séisme...
Retraitement (as-if)	Retraitement de l'inflation
Estimation de la charge ultime brute de réassurance	
Période d'origine	Année de survenance / déclaration
Méthode d'estimation / Projection	<p>Utilisation de méthodes : Coût Moyen * Fréquence</p> <p>Inondations/Grêle/ Séisme :</p> <ul style="list-style-type: none"> Chain-Ladder ; Fréquence x Cout Moyen. <p>Sécheresse :</p> <ul style="list-style-type: none"> Difficulté d'estimer le passage de décrets CAT NAT ; <ul style="list-style-type: none"> Méthodes d'analyses par cartographie (indice humidité, températures, pluviométrie) ; GLM ; Charge D/D. <p>Possibilité d'utiliser les estimations à l'ultime de la CCR ou du MRN par évènement. La charge ultime se détermine alors comme étant la charge Ultime sur l'ensemble de la population multiplié par la part de marché sur la branche impactée et le secteur géographique.</p>
Historique	<p>Risques responsabilité civile : 10 à 15 ans (fréquence faible intensité élevée avec des périodes de retour de plus en plus courte)</p> <p><i>Quel que soit la nature du risque, l'historique dépend également des changements impactant la liquidation des sinistres.</i></p>
Période ultime	5 à 7 ans (écoulement rapide pour la plupart des périls en dehors de la sécheresse)
Facteur de queue	Oui
Estimation de la cadence de liquidation des flux	
Période d'origine	<p>Suivi régulier des événements climatiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> Analyse des S/C Courants Analyse de l'exposition géographique, Suivi des événements survenus.



	<i>Beaucoup d'informations sont publiées par la CCR et/ou le MRN et peuvent aider à ajuster les charges ultimes</i>
Méthode d'estimation	Provisions d'égalisation : en norme S1 pour lisser la volatilité entre l'année comptable sur ce risque
Historique	<p>Suivi régulier des événements climatiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyse des S/C Courants • Analyse de l'exposition géographique, • Suivi des événements survenus. <p><i>Beaucoup d'informations sont publiées par la CCR et/ou le MRN et peuvent aider à ajuster le niveau des charges ultimes.</i></p>
Période Ultime	Provisions d'égalisation : en norme S1 pour lisser la volatilité entre l'année comptable sur ce risque
Facteur de queue	Les facteurs de queue fréquemment utilisés pour compléter les facteurs du triangle et ne pas se baser exclusivement sur un historique plus faible et des vieilles années.
Informations complémentaires / Spécificités	
Spécificités	<p>Suivi régulier des événements climatiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyse des S/C Courants • Analyse de l'exposition géographique, • Suivi des événements survenus. <p><i>Il est possible de récupérer des informations auprès de la CCR et/ou MRN</i></p>
Autres provisions complémentaires	Provisions d'égalisation : en norme S1 pour lisser la volatilité entre l'année comptable sur ce risque



5.h. Assurances Crédit / Caution

Hypothèses	Garanties Crédit Caution
Description	<p>L'assurance-crédit et la caution ont pour but de couvrir le créancier contre la défaillance du débiteur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pour une police de Caution, l'assuré est le débiteur de l'obligation principale et le bénéficiaire en est le créancier. L'assuré se protège donc contre sa propre défaillance. • Pour un contrat d'assurance-crédit, l'assuré est le créancier de l'opération et aussi le bénéficiaire. L'assuré se protège contre la défaillance d'un tiers. <p>On distingue principalement deux types de risques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les risques commerciaux en cas de non-paiement ou insolvabilité d'un acheteur privé • Les risques politiques dus à la responsabilité de l'Etat <p>Dans les deux cas, le sinistre entraîne un transfert de dette vers l'assureur, qui est alors subrogé dans les droits du créancier pour tenter d'obtenir du débiteur le remboursement de l'indemnisation servie.</p> <p>Une particularité est que la Caution est régie à la fois par le code civil et le code des assurances.</p>
Segmentation	Par secteur d'activité
Historique	Historique en cohérence avec la durée des crédits sur lesquels sont adossés les crédits
Retraitement (as-if)	Oui
Période d'origine	<p>Traitement par année de souscription pour la détermination des BE de provision techniques notamment pour les produits de type caution de crédit. Concernant la détermination des PSAP, il y a traitement par année de souscription mais aussi par année de survenance pour les accises. Le fait de traiter par année de souscription permet de suivre l'évolution des pertes sur les primes acquises par génération de contrats.</p>
Projection	<p>Chain Ladder / Bornhuetter-Fergusson</p> <p>La projection par année de souscription intègre une dimension « Provision pour primes non acquises » (on inclut les sinistres non encore survenus rattachés aux primes émises non acquises)</p> <p>Utilisation des modèles de durée pour les déroulements longs (provision pour frais futurs de gestion, survenance des défauts en crédit-caution).</p>
Facteur de queue	Oui
Spécificités	En fonction de l'étalement de la prime, constitution d'une Provision de Primes à prévoir PPNA et/ou « PRC »
Autres provisions complémentaires	<p>Provision d'égalisation - Article R331-33 :</p> <p>La provision pour égalisation afférente aux opérations d'assurance-crédit, mentionnée au b du 6° de l'article R. 331-6, est alimentée, pour chacun des exercices successifs, par un prélèvement de 75 % sur l'excédent technique éventuel de la branche.</p> <p>L'excédent technique, net de cessions, résulte de la différence entre, d'une part, les primes de l'exercice nettes d'annulation et diminuées de la dotation aux provisions de primes autres que la provision pour égalisation et, d'autre</p>



part, le montant des charges de sinistres nettes de recours augmenté des frais directement imputables à cette branche ainsi que d'une quote-part des autres charges ventilées selon les modalités fixées par le plan comptable de l'assurance.

Le prélèvement mentionné au premier alinéa du présent article cesse d'être obligatoire lorsque la provision pour égalisation atteint 134 % de la moyenne des primes ou cotisations encaissées annuellement au cours des cinq exercices précédents après soustraction des cessions et addition des acceptations en réassurance.

Provision de gestion - Article R343-8 : Provision de gestion : destinée à couvrir les charges de gestion future des contrats non couvertes par ailleurs.

Provision pour menace : Cette provision vise à couvrir les sinistres non manifestés. Lorsqu'un assuré a des retards de paiements avec un client, il peut le signaler à la compagnie d'assurance. Si celle-ci juge le risque important, elle peut ouvrir un dossier et comptabiliser une provision pour menace. Une provision pour menace peut être conservée plusieurs années sur un dossier, avant d'être éliminée ou transformée en PSAP si le sinistre se réalise.

Provision pour créances douteuses : Intervient dans la phase de contentieux, une fois que le sinistre a été réglé. Le montant de la provision pour créances douteuses est déterminé comme la différence entre le solde comptable et la valeur des flux de recouvrement attendus.



5.i. Assurances Marine, Aviation & Transport

Hypothèses	Marine, Aviation & Transport
Descriptions	<p>Cette branche est composée d'une part de risque particulier et professionnel. Les garanties professionnelles sont généralement considérées comme des « grands risques ». Pour ces risques, les acceptations / coassurances sont fréquentes avec un assureur apériteur.</p> <p>Les contrats peuvent être annuels ou pluriannuels.</p>
Segmentation	<p>Ces branches regroupent diverses garanties : responsabilité civile, dommages aux biens et catastrophes naturelles.</p> <p>En fonction des risques et de la masse de donnée, il est possible de distinguer les attritionnels, les graves et les très graves.</p> <p>Pour les garanties de dommages aux biens, les recours peuvent également être isolés.</p> <p><i>Les catastrophes naturelles étant très volatiles, elles sont séparées des autres garanties et traitées par la suite.</i></p>
Estimation de la charge ultime brute de réassurance	
Période d'origine	<p>Couvertures pluriannuelles : année de souscription</p> <p>Couverture annuelle : année de survenance</p>
Méthode d'estimation	<p>Risques dommages aux biens : Chain-Ladder de charge ou de paiement</p> <p>Risques responsabilité civile :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chain-Ladder de charges • Bornhuetter-Ferguson sur les survenances récentes en cas de volatilité importante <p>Attention lors de la prise en compte des différents taux de change.</p>
Historique	<p>Risques dommages aux biens : 5 à 7 ans notamment pour les grands risques où dénouement peut être rallongé (contrainte juridique des pays, gestion par un autre assureur ou par les courtiers directement, ...)</p> <p>Risques responsabilité civile : 10 à 15 ans</p> <p><i>Quel que soit la nature du risque, l'historique dépend également des changements impactant la liquidation des sinistres.</i></p>
Période Ultime	<p>Risques dommages aux biens : 5 à 7 ans</p> <p>Risques responsabilité civile : 10 à 15 ans (voir plus) avec <i>curve fitting</i></p>
Facteur de queue	Si nécessaire
Réassurance	
Charge cédée Ultime	<p>Pour les grands risques, les traités peuvent être relativement complexes. Des IBNR complémentaires peuvent être rajoutés pour ajuster la cession des sinistres graves.</p>



5.j. Assurance Dommage Corporel Individuel

Hypothèses	Domage aux particuliers
Descriptions	Cette branche regroupe les produits d'assurance de personne : Garantie accident de la vie, Garantie accident scolaire et la prévoyance. <i>Le provisionnement de la prévoyance est exclu de ce cas pratique.</i>
Segmentation	La garantie dommage corporel individuel peut être considérée comme un segment de risque. En fonction des risques et de la masse de donnée, il est possible de distinguer les attritionnels, les graves et les très graves.
Retraitement (as-if)	Pour les garanties corporelles, les sinistres sont provisionnés par poste de préjudice et généralement en capital ou en rente en fonction des garanties du contrat. Les provisions dossiers s'appuient sur : <ul style="list-style-type: none"> • Des hypothèses internes (Coût de l'assistance aux tiers personnes, ...); • Des hypothèses marchées : BCRIV, Gazette du palais ; • Des hypothèses réglementaires : tables de mortalité, taux d'actualisation. Tous ses éléments pouvant impacter l'indépendance des variables, un travail de as-if des données peut être utile bien que complexe.
Estimation de la charge ultime brute de réassurance	
Période d'origine	Année de survenance
Méthode d'estimation	<ul style="list-style-type: none"> • Chain-Ladder de charge ou de paiement ; • Bornhuetter-Ferguson sur les survenances récentes en cas de volatilité importante.
Historique	5 à 7 ans notamment pour les grands risques où dénouement peut être rallongé <i>Quel que soit la nature du risque, l'historique dépend également des changements impactant la liquidation des sinistres.</i>
Période Ultime	5 à 7 ans
Facteur de queue	Si nécessaire
Informations complémentaires	
Spécificités	<p>Pour les sinistres Corporels, ils sont transigés en capital ou en rente en fonction des garanties et des postes de préjudice du dossier.</p> <p>Pour les sinistres non transigés, la gestion de rentes potentielles peut-être isolées pour modéliser les engagements.</p> <p>Les rentes constituées, elles sont provisionnées avec une approche de provisions mathématiques en prenant en compte les contraintes normatives (table, taux, revalorisation, ...).</p>



	<p>Le provisionnement des risques corporels est fortement impacté par l'environnement économique et jurisprudentiel, il est important de mettre en place une surveillance de la politique interne de provisionnement.</p> <p>Rappel de l'article de l'Autorité des normes comptables (ANC) : la réglementation ANC 2015-11 (Article 143-16) établit que :</p> <p><i>« Les sinistres des deux derniers exercices autres que les sinistres corporels correspondants à des risques de responsabilité civile et les autres sinistres d'accidents corporels sont évalués en utilisant concurremment les deux méthodes suivantes, l'évaluation la plus élevée étant seule retenue :</i></p> <ul style="list-style-type: none">- <i>première méthode : évaluation par référence au coût moyen des sinistres des exercices antérieurs ;</i>- <i>deuxième méthode : évaluation basée sur les cadences de règlement observées dans l'entreprise au cours des exercices antérieurs.</i> <p><i>En outre, une évaluation dossier par dossier peut également être utilisée pour ces sinistres. Dans ce cas, l'évaluation la plus élevée résultant de ces trois méthodes est retenue. »</i></p>
Autres Provisions	Provisions Mathématiques de rente : pour les rentes constituées Provisions pour rentes potentielles



5.k. Assurance Emprunteur – Garantie perte d'emploi

Hypothèses	Perte d'emploi (Assurance des Emprunteurs)
Descriptions	<p>Engagements liés à la garantie Perte d'Emploi (PE) en ADE (Assurance Des Emprunteurs).</p> <p>L'ADE est une assurance temporaire, limitée à la durée d'un prêt (Immobilier, Professionnel, Consommation) et qui garantit une couverture de ce prêt en cas de survenance d'un sinistre lié à l'emprunteur : Décès, Incapacité, Invalidité, Perte Totale et Irréversible d'Autonomie (PTIA), Perte d'emploi.</p> <p>La garantie PE est le plus souvent facultative : l'assureur rembourse suivant les termes du contrat d'assurance et la quotité de l'assuré, la totalité de l'échéance de prêt dans le cas d'un remboursement forfaitaire, ou la différence entre le salaire perçu à travers la dernière activité rémunérée et les allocations chômage dans le cas d'un remboursement indemnitaire. La durée d'indemnisation est souvent limitée à 12 ou 24 mois. Le tarif peut être annuel, engagé sur une durée limitée ou sur la totalité du prêt.</p> <p>Les contrats sont généralement pluriannuels : L'engagement évalué au titre de cette garantie PE, tout comme pour les autres garanties des contrats d'assurance emprunteur, reflète ainsi un engagement pluriannuel.</p> <p>La PE est logée dans le sous module Non-Vie et la LOB « 12 Assurance pertes pécuniaires diverses ».</p>
Segmentation	<p>Les sinistres PE ont des cadences de liquidations plus courtes (limitation due à une durée d'indemnisation le plus souvent limité à 12 ou 24 mois).</p> <p>En fonction des compagnies, il est possible de distinguer les engagements par nature de prêt.</p>
Estimation de la charge ultime brute de réassurance	
Période d'origine	Année de survenance / déclaration
Méthode d'estimation	<p>1) Modèle S/P standard :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chain-Ladder de charges, notamment lorsque la PE est une garantie au format indemnisation (l'assureur paie les échéances jusqu'à ce que l'assuré retrouve un emploi ou change de statut – passage d'actif à retraité) ; • Estimation forfaitaire notamment lorsque la PE est une garantie au format forfaitaire (l'assureur paie les échéances jusqu'à une durée maximale d'indemnisation) <p>Lorsque l'assureur ne dispose pas de données détaillées sur les assurés, une approche de type ratio S/P (sinistres sur primes) permet de déterminer la charge ultime à partir des primes. Cependant, une telle méthode ne peut pas dissocier les sinistres en cours des sinistres tardifs.</p> <p>2) Modèle à états :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pour les sinistres en stock : le provisionnement est déterminé à partir de la durée d'indemnisation restante à couvrir. • Pour les sinistres futurs : le provisionnement est évalué à partir du taux d'entrée (ou d'incidence) et de la durée de maintien ou durée maximale d'indemnisation. <p>Cette approche « Modèle à états » nécessite de disposer de lois d'expérience pour permettre un provisionnement ligne à ligne.</p>



	L'inconvénient est qu'elle peut embarquer une complexité non nécessaire d'un point de vue S1 et S2. La calibration des lois BE doit également être réalisée en cohérence avec les données et hypothèses disponibles par ailleurs.
Historique	5 à 10 ans, une année exceptionnelle peut fortement impacter Chain Ladder sur un historique de 3 ans. <i>Quel que soit la nature du risque, l'historique dépend également des changements impactant la liquidation des sinistres.</i>
Période Ultime	10 ans maximum
Facteur de queue	<i>Peu utilisé</i>
Estimation de la cadence de liquidation des flux	
Période d'origine	Année de survenance / déclaration
Méthode d'estimation	Sans Objet : L'assureur paie une indemnisation le plus souvent à une fréquence mensuelle, ceci tant que dure le sinistre
Historique	Sans Objet
Période Ultime	10 ans



6. Cas pratique de provisionnement pour la RC Automobile

6.a. Distinction des branches RC matériel et RC corporel

La durée de la gestion des sinistres dépend de la branche considérée. Pour la RC automobile, les sinistres sont constatés puis payés avec un laps de temps plus ou moins long. En général, le règlement des sinistres ne s'effectue pas directement après la déclaration mais s'étale sur plusieurs exercices, notamment pour les branches à déroulement long (RC corporels) qui nécessitent une expertise, ou une stabilisation de la situation, autrement dit que le montant à verser au bénéficiaire soit connu avec précision.

En revanche, la dynamique de vie des sinistres pour les branches courtes (RC matériels) est moins importante. La majeure partie des prestations est réglée durant les deux premières années de développement (n et n+1).

L'évaluation des provisions RC automobile nécessite donc une distinction entre RC matériel et RC corporel. Il est fondamental de disposer de données homogènes. En effet, la présence d'un sinistre important dont le déroulement est différent des sinistres classiques peut déstabiliser l'hypothèse d'égalité des facteurs de développement.

6.b. Cas pratique

Nous considérerons dans ce volet de cas pratiques uniquement au niveau des engagements RC corporels automobile. Dans le cadre des calculs de provisions, nous allons utiliser la méthode de Chain-Ladder et appliquerons le modèle de Mack.

De ce fait, les données fictives que nous utilisons nous permettent de construire des triangles de développement : charges (brutes et nettes), paiements cumulés et recours. Par soucis de visibilité, les années de survenance s'étalent sur cinq années d'historique.

Nous avons identifié six cas d'applications à étudier qui sont présentés dans le tableau ci-dessous. Nous détaillerons par la suite les étapes de calcul du 1^{er} cas afin d'apporter un éclairage sur la méthodologie retenue.

	Distinction Graves / Hors Graves	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6
Charge brute	Oui			X			
Charge brute	Non						
Charge nette	Oui	X				X	
Charge nette	Non		X				X
Règlement net	Oui					X	
Règlement net	Non				X		X
Recours				X			

Figure 33 : Tableau de définition des différents cas étudiés

L'objectif de ces cas pratiques est d'arriver à mettre en exergue les meilleures pratiques sur le choix des données (grandeurs) et de trouver le lien à chaque reprise avec l'impact sur la suffisance des provisions ainsi que leur fiabilité en termes de volatilité.



6.b.i. Triangles des charges avec distinction graves / hors graves

Nombre attri	1	2	3	4	5
1	45 903 021	116 242 338	187 740 907	257 304 664	324 525 377
2	57 200 652	140 487 836	230 387 863	318 445 331	
3	46 949 798	128 457 719	210 867 710		
4	46 567 552	148 664 052			
5	57 806 758				

Figure 34 : Triangle cumulé des charges attritionnelles RCC

Charge grave cum	1	2	3	4	5
1	992 317	2 642 789	4 338 888	5 932 632	7 533 014
2	1 303 857	3 074 155	5 161 983	7 356 091	
3	986 853	2 937 465	4 875 089		
4	1 035 826	3 096 893			
5	1 232 672				

Figure 35 : Triangle cumulé des charges graves RCC

Les hypothèses étant validées, le calcul préalable des coefficients individuels de passage nous donne dans ce cas les résultats suivants :

Charge attri cum	1 -> 2	2 -> 3	3 -> 4	4 -> 5
1	2,53	1,62	1,37	1,26
2	2,46	1,64	1,38	
3	2,74	1,64		
4	3,19			

Figure 36 : Coefficients individuels des charges attritionnelles RCC

Charge grave cum	1 -> 2	2 -> 3	3 -> 4	4 -> 5
1	2,66	1,64	1,37	1,27
2	2,36	1,68	1,43	
3	2,98	1,66		
4	2,99			

Figure 37 : Coefficients individuels des charges graves RCC

A noter que les coefficients de passage individuels permettent d'observer la tendance de développement entre les années de survénances et sur lesquels on peut s'appuyer pour exclure des coefficients atypiques (par exemple avec un historique plus conséquent le coefficient du dernier exercice aurait pu être exclu).

Ensuite les facteurs de développement, estimés par le rapport des totaux relatifs aux éléments communs de deux colonnes successives, ainsi que les écarts types associés aux coefficients individuels par année de développement donnent les résultats ci-dessous :



	1 -> 2	2 -> 3	3 -> 4	4 -> 5
<i>Coeff. retenus</i>	2,72	1,63	1,38	1,26
<i>Standard deviation</i>	0,33	0,01	0,01	

Figure 38 : Links-ratios et écart-type des coefficients de développement individuels pour les charges attritionnelles RCC

	1 -> 2	2 -> 3	3 -> 4	4 -> 5
<i>Coeff. retenus</i>	2,72	1,66	1,40	1,27
<i>Standard deviation</i>	0,30	0,02	0,04	

Figure 39 : Links-ratios et écart-type des coefficients de développement individuels pour les charges graves RCC

Concernant les coefficients retenus, aucune sélection n'a été effectuée pour projeter les réserves à partir d'une tendance de développement ou exclure des points atypiques. Ce choix s'explique d'une part, par le fait que nous estimons les provisions sur une branche longue (RC corporel) et d'autre part car notre historique de cinq années n'est pas assez profond pour la branche considérée (RC corporels).

L'étape suivante consiste à quantifier un intervalle de confiance pour les coefficients de passages retenus et la volatilité individuelle des charges :

	1 -> 2	2 -> 3	3 -> 4	4 -> 5
<i>CL Lower bound</i>	2,07	1,60	1,36	1,26
<i>CL Upper bound</i>	3,36	1,66	1,39	1,26

Figure 40 : Intervalle de confiance des links-ratios pour les charges attritionnelles RCC

<i>Variance</i>	5 334 246	26 695	14 120	7 469	3 951
-----------------	-----------	--------	--------	-------	-------

Figure 41 : Variance de prévision des charges attritionnelles RCC

<i>Charge attri cum</i>	1 -> 2	2 -> 3	3 -> 4	4 -> 5
1	0,11621	0,00023	0,00008	0,00003
2	0,09325	0,00019	0,00006	0,00002
3	0,11362	0,00021	0,00007	0,00003
4	0,11455	0,00018	0,00006	0,00002
5	0,09228	0,00017	0,00006	0,00002

Figure 42 : Volatilité individuelle des charges attritionnelles RCC

<i>Charge grave cum</i>	1	2	3	4	5
1	992 317	2 642 789	4 338 888	5 932 632	7 533 014
2	1 303 857	3 074 155	5 161 983	7 356 091	9 340 464
3	986 853	2 937 465	4 875 089	6 818 712	8 658 123
4	1 035 826	3 096 893	5 144 292	7 195 243	9 136 226
5	1 232 672	3 354 016	5 571 403	7 792 636	9 894 771

Figure 43 : Triangle déroulé des charges graves RCC



Charge attri cum	1	2	3	4	5
1	45 903 020,8	116 242 338,3	187 740 907,1	257 304 664,1	324 525 377,1
2	57 200 652,3	140 487 835,6	230 387 862,9	318 445 330,6	401 639 011,8
3	46 949 797,6	128 457 719,0	210 867 710,0	290 358 118,4	366 214 029,5
4	46 567 551,8	148 664 051,8	242 762 472,6	334 276 190,3	421 605 675,5
5	57 806 758,1	156 952 953,6	256 297 919,0	352 914 068,8	445 112 690,3

Figure 44 : Triangle déroulé des charges attritionnelles RC

Avec un intervalle de confiance de 95%, la fluctuation est plus importante pour la première année de développement [2,07 ; 3,36], expliquée principalement par le coefficient de développement du dernier exercice de survenance évoqué ci-dessus.

En revanche, la fluctuation est nettement stable pour les années de développement suivantes.

Par ailleurs, on observe aussi une volatilité importante des charges relatives aux exercices récents. Il s'agit d'une branche longue qui est la RC corporelle. Typiquement les charges vont continuer à se développer pour ces années de survenances, et par conséquent la volatilité sera d'autant plus élevée.

L'étape finale est consacrée aux calculs des réserves, à quantifier l'incertitude individuelle sur les réserves estimées par années de survenance et de la variance totale.

Ecart-types	1 -> 2	2 -> 3	3 -> 4	4 -> 5	4 -> 5
1					
2					1 715 709,5
3				1 225 399,0	2 199 083,1
4			1 237 604,5	2 212 307,7	3 321 028,1
5		9 521 385,4	15 602 848,0	21 536 188,6	27 228 976,8

Figure 45 : Ecart type des réserves par années de survenance pour des charges attritionnelles RCC

Réserves	Ecart-type réserves
0	0
83 193 681	1 715 710
155 346 320	2 199 083
272 941 624	3 321 028
387 305 932	27 228 977

898 787 557	57 919 906	6,44%
--------------------	-------------------	--------------

Figure 46 : Réserves estimées et les écarts types associés par années de survenance pour des charges attritionnelles RCC

Les réserves estimées pour les sinistres attritionnels RCC représentent 898,7 M€ avec une volatilité associée de 6,44% (soit 57,9 M€).

6.b.ii. Synthèse du cas pratique

Dans le but de confronter différentes méthodes de provisionnement, six cas ont été étudiés. La même démarche d'estimation des réserves a été adoptée et nous avons pu comparer les différents résultats synthétisés dans le tableau ci-dessous.



		vision ultime				
		charges ultimes	IC min	IC max	étendue IC	volatilité
1	Charge nette : distinction graves / hors graves	2 003 659 382	1 749 918 146	2 257 400 618	507 482 472	6,3%
2	Charge nette : pas de distinction	2 003 700 323	1 750 755 468	2 256 645 179	505 889 710	6,4%
3	Charge brute + recours avec distinction graves / hors graves	2 004 014 319	1 751 740 687	2 256 287 951	504 547 264	8,7%
4	Paiement net : pas de distinction	1 648 826 484	1 421 371 071	1 876 281 897	454 910 826	7,0%
5	Charge nette + Paiement net : distinction graves / hors graves	1 826 191 041	1 575 194 194	2 077 187 889	501 993 695	7%
6	Charge nette + Paiement net : pas de distinction	1 826 263 404	1 586 063 270	2 066 463 538	480 400 268	5%

Figure 47 : Synthèse des résultats pour les 6 cas élucidés

A travers ces six cas pratiques, nous avons eu l'occasion de réétudier les différentes méthodes de provisionnement classiques puis de comparer les résultats. Ceci nous a permis d'observer qu'il est plus prudent d'estimer l'ultime à partir des triangles des charges plutôt que des triangles des paiements pour des risques long tel que la RC Corporelle.



7. Qualité des données utilisées pour l'estimation des provisions techniques

	Code des Assurances	Règlement délégué	Notice ACPR « Solvabilité 2 » Provisions techniques (y compris mesures branches longues) 2015
Dispositions générales	Art. L. 351-1, Art. L. 351-2	Art. 17, Art. 18	
Qualité des données et approximations pour les provisions techniques	Art. R. 351-13		
Qualité des données		Art. 19 à Art. 21	Orientations 1 à 16

La qualité des données est primordiale dans le calcul de la meilleure estimation des engagements. L'article R. 351-13 du Code des Assurances incite les organismes d'assurance à mettre en place des processus et procédures internes sur la base de trois critères de qualité :

- Le caractère approprié,
 - Les données utilisées sont pertinentes à une utilisation par les modèles actuarielles.
- L'exhaustivité,
 - Les données utilisées sont complètes.
- L'exactitude,
 - Les données utilisées sont justes, ne contiennent pas d'erreurs matérielles.

L'utilisation de ces données doit être cohérente dans le temps afin d'éviter tout arbitrage (Orientation 2).

7.a. L'analyse de la qualité de données

L'analyse de la qualité des données passe par le suivi de l'ensemble des étapes de production et de déversement des données utilisées pour le provisionnement. Le contrôle de la chaîne de déversement de l'information s'effectue notamment par l'étude des retraitements (retraitements manuels, exclusions de périmètres...) réalisés dans les différents systèmes d'information (systèmes de gestion, bases techniques, bases comptables) ainsi que par des réconciliations à des mailles comparables. Le groupe de travail recommande que la documentation associée à l'estimation des engagements reprenne ces éléments et détaille le processus de collecte des données. Elle doit également détailler tout changement matériel pouvant affecter la qualité des données de l'historique utilisé (ex. migration informatique).

L'entreprise d'assurance ou de réassurance peut définir librement la longueur d'historique pertinente au niveau de chaque GRH pour le calcul de sa meilleure estimation des engagements en s'appuyant notamment sur le rapport du groupe de travail sur le calcul du *best estimate* en assurance dommages (ACAM 2007). Celle-ci doit cependant permettre d'apprécier les caractéristiques des risques sous-jacents et de dégager des tendances d'évolution des risques (Art.19 (1) du règlement délégué et Orientation 1). Il convient d'exclure une partie de l'historique si la qualité en est insuffisante ou s'il ne représente plus l'activité actuelle de l'organisme (ex. cessation d'une partie de l'activité, changement significatif des conditions de règlement). Par ailleurs, en cas de changement interne (ex.



fusion/acquisition, changement de processus de gestion etc.) ou externe (ex. changement de réglementation, rapport Dintilhac), ceux-ci doivent être pris en compte dans les données.

Les exclusions, lissages et retraitements sur les données historiques doivent être motivés par des procédures claires afin d'encadrer les jugements d'experts et limiter la possibilité d'effectuer des arbitrages. Ils doivent également systématiquement être documentés et justifiés, même très brièvement. L'impact de ces retraitements doit être étudié de façon qualitative et quantitative dans le rapport actuariel, par exemple via des tests de sensibilité consistant à :

- Ne faire aucun retraitement ;
- Ne faire que les retraitements conduisant à augmenter la meilleure estimation, etc.

L'utilisation d'un seuil Event un jour Event toujours (par exemple, 1 million d'euros) permet d'avoir des triangles attritionnels moins volatils.

À titre d'illustration, il est courant de traiter séparément les sinistres « exceptionnels » afin de réduire l'instabilité dans les calculs. Il convient alors de veiller à ce qu'il existe une définition objective de la notion d' « exceptionnel » et un suivi spécifique par l'organisme desdits sinistres. En particulier, leur coût devrait *in fine* être intégré, pour leur partie non liquidée dans l'estimation de la provision pour sinistres et pour leur coût futur moyen probable dans le calcul de la provision pour primes.

Par ailleurs, une attention particulière doit être portée à la qualité des estimations de charges de sinistres dossier/dossier sur les GRH dont le provisionnement utilise ces données. L'absence de révision des charges suite à la réception de nouveaux éléments ainsi que la présence de retards dans l'ouverture des dossiers sont autant d'éléments qui nuisent à la qualité globale du calcul de la meilleure estimation des engagements. L'entreprise d'assurance ou de réassurance doit notamment être en mesure de justifier les choix de barèmes d'ouverture qui, en fonction de la branche considérée, peuvent représenter une proportion significative des charges dossier/dossier de clôture. La politique de provisionnement pourra décrire les règles applicables aux gestionnaires de sinistres.

7.b. L'utilisation de données « externes »

Les sociétés peuvent utiliser des données provenant d'une source externe (Art.19 (4) du règlement délégué et Orientations 15 et 16) sous réserve que les critères suivants soient satisfaits :

- Capacité à démontrer que l'utilisation de données externes est plus adaptée que l'utilisation des seules données disponibles en interne ;
- Connaissance de l'origine des données ainsi que les hypothèses ou méthodologies utilisées pour les traiter ;
- Identification de toutes les tendances des données externes ainsi que toutes variations relatives aux hypothèses ou méthodologies utilisées pour traiter ces données ;
- Capacité à démontrer que les hypothèses et méthodologies énoncées sont représentatives des caractéristiques du portefeuille d'engagement de l'organisme.

Ces données externes peuvent notamment être utilisées pour pallier un manque d'historique ou de fiabilité des données de l'organisme (ex : indices d'inflations sectoriels, données en provenance d'un courtier/réassureur).



7.c. Liste non exhaustive des différents contrôles pouvant être mis en place pour s'assurer de la qualité des données

Les différents travaux pouvant être mis en place dans le cadre du provisionnement sont les suivants :

- Effectuer des réconciliations avec la comptabilité sur les flux de l'année pour les montants de primes et de sinistres ;
- Effectuer des tests de cohérences sur les montants de primes et de sinistres, afin de s'assurer qu'il n'y a pas de données aberrantes ;
- Effectuer des tests de non-régression des données sur les années antérieures ;
- Échanger avec les équipes de gestionnaires de sinistres pour les branches pour lesquelles le provisionnement se base sur les provisions Dossier/Dossier.



8. Autres provisions techniques

Dans cette partie nous parlerons des provisions techniques autres que les provisions pour sinistres à payer.

8.a. Provision pour frais de gestions des sinistres (PFGS)

L'objectif de cette provision est de couvrir les frais futurs indirects liés au règlement de tous les sinistres survenus à la date d'évaluation, que ceux-ci soient déclarés ou non ; i.e., couvrir les frais de gestion futurs des PSAP D/D et IBNR.

Les frais indirects correspondent notamment aux frais de structures et salaires des gestionnaires sinistres.

8.a.i. Rappel de la réglementation

Cette provision est définie dans l'article R331-16 du Code des Assurances :

La provision pour sinistres à payer [...] est complétée, à titre de chargement, par une évaluation des charges de gestion qui, compte tenu des éléments déjà inclus dans la provision, doit être suffisante pour liquider tous les sinistres.

8.a.ii. Méthodes

Nous notons que la réglementation n'impose pas de méthode pour le calcul de cette provision. Il existe plusieurs approches pour le calcul de la PFGS :

- Méthode par ratio (*dollar-based*) ;
- Méthode par cohorte (*count-based*) ;
- Méthode triangulaire.

8.a.iii. Méthode par ratio

L'idée de cette approche est que le coût de gestion d'un sinistre est proportionnel à son montant. Cela sous-entend qu'un sinistre de 10 000€ demanderait autant de frais de gestions que dix réclamations de 1 000€.

$$PFGS = \left(PSAP \frac{D}{D} + IBNR \right) \times ratio_{PFGS}$$
$$ratio_{PFGS} = \frac{\text{frais de gestion payés}}{\text{sinistres réglés}}$$

Le calcul peut être effectué par segment homogène de risques comme défini dans la partie 4.a Segmentation et mailles de provisionnement. Il est nécessaire d'être vigilant en cas d'existence de sinistres graves.



8.a.iv. Exemple

Année Calendaire	Frais de gestion	Réglements des sinistres
N-5	14.0	100.0
N-4	19.8	132.0
N-3	19.8	136.5
N-2	26.1	174.0
N-1	28.6	184.8
N	31.7	198.0

Nous obtenons alors les ratios de frais de gestion sur règlements par année calendaire suivants :

Année Calendaire	Ratio de PFGS
N-5	14.0%
N-4	15.0%
N-3	14.5%
N-2	15.0%
N-1	15.5%
N	16.0%

Nous pouvons ainsi retenir comme ratio de PFGS à appliquer 15%, soit la moyenne sur l'ensemble de l'histoire, ou alors choisir un ratio plus élevé pour prendre en compte la tendance à la hausse observée sur les 3 dernières années.

8.a.v. Méthode par cohorte

La méthode par cohorte est recommandée lorsque la méthode par ratio présente ces deux problèmes :

- Les frais de gestion des sinistres ne sont pas proportionnels aux montants des sinistres ;
- L'utilisation du ratio frais de gestion sur règlements mène à une provision volatile lorsque les règlements sont volatiles.

L'idée de l'approche par cohorte est que le même type de transaction présentera le même montant de frais de gestion et ce, sans prendre en compte le montant du sinistre.

Cette méthode se décompose en deux parties :

- Projection du coût moyen de gestion des sinistres ;
- Projection du nombre de sinistres.

Supposons que l'année de clôture soit l'année N

Pour une année calendaire i , avec $i \leq N$, le coût moyen des frais de gestion de sinistres est le suivant :

$$CM_i^{FG} = \frac{\text{frais de gestion}_i}{\text{Nombre de sinistres}_i} \times \frac{\text{facteur d'inflation}_N}{\text{facteur d'inflation}_i}$$



Avec :

- *frais de gestion*_{*i*}, le montant de frais de gestions payé lors de l'année calendaire *i* ;
- *Nombre de sinistres*_{*i*}, le nombre de sinistres ouverts lors de l'année calendaire *i* ;
- *facteur d'inflation*_{*i*}, le facteur d'inflation de l'année calendaire *i* ;
 - Ce facteur d'inflation permet d'obtenir un coût moyen en « as if » et n'est pas obligatoire ;
 - Il est possible d'utiliser le facteur de l'INSEE ou de France-inflation.

Ensuite, pour les années calendaires $i > N$, le coût moyen des frais de gestion de sinistres est défini comme suit :

$$CM_i^{FG} = CM_N^{FG} \times (1 + inflation)^{i-N}$$

La projection du nombre de sinistre peut être effectuée avec des méthodes triangulaires. Il est également possible d'utiliser des lois de survie.

Ainsi la PFGS se calcule de la façon suivante :

$$PFGS = \sum_{i \geq N} CM_i^{FG} \times \text{Nombre sinistres ouverts}_i$$

8.a.vi. Méthode triangulaire

Pour cette méthode, il faut attribuer les frais de gestions des sinistres à l'année de survenance des sinistres auxquels ils sont rattachés pour construire le triangle. Ensuite, il est possible de projeter le montant de PFGS à l'ultime à partir des méthodes présentées dans la partie 4.a Segmentation et mailles de provisionnement.

8.b. Provision pour prime non acquises (PPNA)

Cette provision a pour objectif de couvrir les risques sur des exercices ultérieurs pour les contrats ouverts à la date de clôture et correspond en comptabilité à 100% des primes émises non acquises.

8.b.i. Rappel de la réglementation

Cette provision est définie dans l'article R343-7 du Code des Assurances :

Provision destinée à constater, pour l'ensemble des contrats en cours, la part des primes émises et des primes restant à émettre se rapportant à la période comprise entre la date de l'inventaire et la date de la prochaine échéance de prime ou, à défaut, du terme du contrat ;

La méthode de calcul est définie dans l'article A331-16 du code des Assurances :

La provision pour primes non acquises est calculée prorata temporis [...] contrat par contrat ou sur la base de méthodes statistiques.

8.b.ii. Méthodes

La formule de calcul pour la PPNA est la suivante :

$$PPNA_{cl\acute{o}ture} = PPNA_{ouverture} + Prime\ \acute{e}mise - Prime\ acquise$$



Le *prorata temporis* implique que, par exemple, pour un contrat de durée d'un an souscrit le 1 avril de l'année N et avec une prime de 100, la prime acquise au 31 décembre sera de 75, soit 75% du montant de la prime émise. La prime non acquise sera donc de 25.

A noter que dans le cas de certaines branches spécifiques, pour lesquelles l'exposition au risque n'est pas uniforme tout au long de l'année d'assurance (ex : RC chasse pour laquelle le risque est concentré durant les périodes autorisées ou saisons), il est possible d'avoir recours à des coefficients d'acquisition qui diffèrent du *prorata temporis*.

8.c. Provision pour risques en cours (PREC)

Cette provision se calcule pour les contrats d'assurance dont la période de validité chevauche sur deux exercices comptables successifs. Elle sert à couvrir une potentielle insuffisance des primes par rapport aux sinistres attendus.

8.c.i. Rappel de la réglementation

Cette provision est définie dans l'article R343-7 du Code des Assurances :

Provision destinée à couvrir, pour l'ensemble des contrats en cours, la charge des sinistres et des frais afférents aux contrats, pour la période s'écoulant entre la date de l'inventaire et la date de la première échéance de prime pouvant donner lieu à révision de la prime par l'assureur ou, à défaut, entre la date de l'inventaire et le terme du contrat, pour la part de ce coût qui n'est pas couverte par la provision pour primes non acquises.

8.c.ii. Méthode

La formule de calcul pour cette provision est la suivante :

$$PREC = \max(S/P_{\text{chargé}} - 100\%, 0) \times PPNA$$

Le ratio de sinistralité est défini comme :

$$S/P_{\text{chargé}} = \frac{\text{Charge des Sinistres} + \text{Frais}}{\text{Primes acquise}}$$

Il est déterminé à partir des deux derniers exercices de survenance.

Les frais comprenant les frais de gestion des sinistres, les frais d'acquisition ainsi que les frais d'administration autres que ceux immédiatement engagés.

8.c.iii. Points d'attentions

Il est possible d'appliquer une autre méthode de calcul avec l'accord de l'ACPR si une évolution récente et significative de la sinistralité ou de la tarification conduit à une surestimation de la PREC.

La méthode de rattachement des sinistres dépend de la catégorie ministérielle, comme défini dans l'article 143-7 de l'ANC :

- A l'exercice de survenance pour les catégories ministérielles 20 à 31 ;
- A l'exercice de souscription pour les catégories ministérielles 35 à 38.

Par ailleurs, Il n'y a pas de compensation possible entre catégories ministérielles. La réassurance n'est pas non plus prise en compte dans le cadre de cette provision.



8.d. Frais d'acquisition reportés (FAR)

Cette provision correspond aux frais d'acquisition liées aux primes non acquises.

8.d.i. Rappel de la réglementation

Cette provision est définie dans l'article 151-1 du Code des Assurances :

Les entreprises pratiquant les opérations mentionnées au 2° ou au 3° de l'article L310-1 du code des assurances inscrivent à l'actif du bilan la fraction non imputable à l'exercice des frais d'acquisition des contrats constatés en charge de l'exercice.

8.d.ii. Méthodes

Les frais d'acquisition sont, contrairement aux autres provisions, placés dans les actifs. Ils sont généralement amortis de la même façon que les PPNA.

8.d.iii. Points d'attention

Il n'est pas possible d'amortir les FAR au-delà de la date à laquelle le souscripteur peut exercer son droit de résiliation (pour les contrats à reconduction tacite). La durée maximum pour l'amortissement des frais est de cinq ans. En cas de résiliation anticipée, d'annulation ou de transfert du contrat les frais sont amortis dans leur totalité.

8.e. Provision d'égalisation (PE)

L'objectif de cette provision est de couvrir les éventuelles pertes techniques sur les exercices futurs.

8.e.i. Rappel de la réglementation

Cette provision est définie dans l'article R343-7 du Code des Assurances :

- a) Provision destinée à faire face aux charges exceptionnelles afférentes aux opérations garantissant les risques dus à des éléments naturels, le risque atomique, les risques de responsabilité civile dus à la pollution, les risques spatiaux, les risques liés au transport aérien et les risques liés aux attentats et au terrorisme ;
- b) Provision destinée à compenser en assurance-crédit la perte technique éventuelle apparaissant à la fin de l'exercice ;
- c) Provision destinée à faire face aux fluctuations de sinistralité afférentes aux opérations d'assurance de groupe contre les risques de dommages corporels.

8.e.ii. Méthodes

La dotation à la provision d'égalisation limitée à **75%** du résultat technique positif net de réassurance. Ce dernier est également limité à un pourcentage des primes (nettes de réassurance) qui dépend de la



branche et de la taille du portefeuille (cf. [Articles 39 quinquies G](#)). Notons toutefois qu'il n'y a pas d'obligation de dotation même si le résultat technique est positif⁹.

A noter que les dotations de PE doivent être reprises au bout de 10 ans sauf :

- 12 ans pour les risques attentats et terrorisme ;
- 15 ans pour le risque transport aérien.

8.f. Provision mathématique pour rentes (PM de rentes)

Cette provision couvre les rentes en services pour les branches Automobiles et RC Générale

8.f.i. Rappel de la réglementation

Cette provision est définie dans l'article R343-7 du Code des Assurances :

Valeur actuelle des engagements de l'entreprise en ce qui concerne les rentes et accessoires de rentes mis à sa charge.

Les hypothèses à appliquer pour le calcul de cette provision sont présentées dans les articles Art. 143-2 et 143-3 (modifiés par le Règlement ANC N°2018-08 du 26 décembre 2018 – applicable aux exercices ouverts à compter du 1^{er} janvier 2019)

8.f.ii. Méthodes

Cette provision est calculée « tête par tête ».

$$PM = \text{coefficient de rente} \times \text{capital constitutif} \times (1 + \text{taux frais de gestion})$$

$$\text{coefficient de rente} = \sum_{k=1}^{m-1} \frac{l_{x+k}}{l_x} \cdot \left(\frac{1+r}{1+i} \right)^k + \frac{m-1}{2m}$$

avec :

- l_x : nombre de survivants d'âge x selon la table de mortalité TD 88/90 ou table d'expérience certifiée ;
- i : taux d'actualisation, égal au $\min(60\% \text{ TME moyen 24 mois} + 10 \text{ bps} ; 3,5\%)$;
- r : taux de revalorisation, si applicable ;
- m : taux de fractionnement de la rente.

Le taux de revalorisation à appliquer est de 2% pour les sinistres dont l'accident est survenu à partir du 1^{er} janvier 2013. Pour les sinistres antérieurs à cette date, le FGO prend en charge la revalorisation des rentes.

A noter que la date de naissance retenue pour le calcul de la provision La date de naissance du rentier est reportée au 31 décembre le plus proche (règle des « 6 mois glissants »).

⁹ Cet aspect « discrétionnaire » fait que cette provision n'est pas considérée comme étant « économique » par certaines normes comptables ou prudentielles (ex : IFRS ou S2) et est donc retraitée (passage en fonds propres).



8.g. Provision pour rentes potentielles

Les rentes potentielles sont provisionnées sous forme de capital constitutif dans les PSAP conformément à l'alinéa 4° de l'Art. R343-7 du Code des Assurances.

8.g.i. Rappel de la réglementation

Cette provision est incluse dans les PSAP telle que définie dans l'article R343-7 du Code des Assurances :

Valeur estimative des dépenses en principal et en frais, tant internes qu'externes, nécessaires au règlement de tous les sinistres survenus et non payés, y compris les capitaux constitutifs des rentes non encore mises à la charge de l'entreprise. [...]

8.g.ii. Méthodes

La réglementation n'impose pas de méthodologie pour le calcul de cette provision. Chaque assureur peut mettre en place la méthode qui lui paraît adaptée en fonction de la taille et de la typologie de son portefeuille.

8.h. Provision pour risque croissant (PRC)

Cette provision a pour objectif de couvrir les engagements de l'assureur liés aux risques longs Santé et Invalidité « non-vie ».

8.h.i. Rappel de la réglementation

Cette provision est définie dans l'article R343-7 du Code des Assurances :

Provision pouvant être exigée pour les opérations d'assurance contre les risques de maladie et d'invalidité et égale à la différence des valeurs actuelles des engagements respectivement pris par l'assureur et par les assurés.

8.h.ii. Méthodes

La formule de calcul de la PRC est la suivante :

$$PRC = VAP_{\text{assureur}} - VAP_{\text{assuré}}$$

Où la *VAP* correspond à la Valeur Actuelle Probable. Dans le cadre de l'assureur il s'agit principalement de l'indemnisation envers l'assuré en cas de sinistre et dans le cadre de l'assuré il s'agit du règlement des primes.

L'estimation de cette provision doit prendre en compte les hypothèses suivantes :

- Table de mortalité : en vigueur ou certifiée ;
- Taux d'actualisation : taux du tarif ;
- Sinistralité :
 - Assurance Santé : fréquences et coûts des actes de santé observés sur le portefeuille, évolution de la consommation des coûts médicaux, par exemple l'indice CMT (Consommation Médicale Totale) ;
 - Assurance Dépendance : lois d'incidence (souvent confidentielles et fournies par les réassureurs).



Cette provision est présentée avec plus de détails dans le document [Provisions pour risques croissants](#) [Guidelines](#) publié en 2022 par le groupe de travail sur l'assurance emprunteur de l'IA.

8.i. Prévision de recours (PRAE)

Il s'agit d'évaluer les recours à encaisser par l'assureur en cours de vie des sinistres.

Cela permet d'avoir le calcul de la PSAP brute de recours et l'évaluation des recours à encaisser distinctement.

8.i.i. Rappel de la réglementation

L'article 143-10 de l'ANC décrète que les prévisions de recours doivent être séparées des PSAP, sauf pour les cas exceptionnels présentés dans l'article A.341-1 du Code des Assurances.

La provision pour sinistres à payer est toujours calculée pour son montant brut, sans tenir compte des recours à exercer ; les recours à recevoir font l'objet d'une évaluation distincte.

8.i.ii. Méthodes

Il n'y a pas de méthode particulière pour calculer les prévisions de recours. Il est toutefois possible de :

- Projeter directement le triangle des recours ;
- Projeter les triangles de sinistres bruts et nets de recours et considérer la différence entre les provisions résultantes comme étant la prévision de recours.

8.j. Provision pour sinistres non encore manifestés (PSNEM)

Cette provision a pour objectif de couvrir le risque long supporté par les garanties décennales de la branche Construction.

8.j.i. Rappel de la réglementation

Cette provision est incluse dans les PSAP telle que définie dans l'article R343-7 du Code des Assurances :

[...] Pour les garanties décennales d'assurance construction, le montant total des provisions pour sinistres à payer afférentes ne peut être inférieur à la somme du coût total des sinistres qui se sont manifestés jusqu'à la date d'inventaire et une estimation du coût des sinistres non encore manifestés et qui devraient se manifester d'ici à l'expiration de la période de prescription décennale.

Les principes à respecter pour le calcul de cette provision sont décrits dans les articles 143-13 à 143-15 de l'ANC :

Lors de chaque inventaire, le montant total des provisions pour sinistres à payer afférentes aux garanties décennales d'assurance construction ne peut, pour chaque année d'ouverture de chantier, être inférieur à la somme des éléments suivants :

1. le coût total des sinistres qui se sont manifestés jusqu'à la date de l'inventaire, comprenant :
 - a. d'une part, le coût total, estimé dossier par dossier, des sinistres qui ont été déclarés jusqu'à la date de l'inventaire, diminué des règlements déjà effectués et des frais déjà payés ;



b. d'autre part, une estimation prudente des sinistres non encore déclarés, effectuée sur la base de méthodes statistiques ;

2. une estimation, calculée selon les méthodes fixées à l'article 143-14 du présent règlement, du coût des sinistres non encore manifestés et qui devraient se manifester d'ici à l'expiration de la période de prescription décennale.

Pour effectuer l'estimation mentionnée au 2 de l'article 143-13 du présent règlement, les entreprises calculent, pour chaque exercice d'ouverture de chantier, séparément pour les garanties décennales de responsabilité civile et pour les garanties décennales de dommage aux ouvrages, l'ancienneté n des chantiers ainsi que les montants A_n et B_n , définis comme suit :

n = différence de millésime entre l'exercice sous inventaire et l'exercice d'ouverture des chantiers ;

A_n = coût total, estimé dossier par dossier, des sinistres afférents aux garanties décennales d'assurance construction délivrées pour des chantiers d'ancienneté n et qui se sont manifestés jusqu'à la date de l'inventaire, diminué des recours encaissés ou à encaisser ;

B_n = montant des primes émises et des primes restant à émettre, nettes des primes à annuler et des frais d'acquisition, afférent à ces mêmes garanties.

L'estimation des sinistres non encore manifestés, effectuée séparément pour les garanties décennales de responsabilité civile et pour les garanties décennales de dommage aux ouvrages, est égale au plus élevé des deux montants MS_n et MP_n suivants :

$$MS_n = a_n \times A_n;$$

$$MP_n = b_n \times B_n,$$

a_n et b_n prenant les valeurs suivantes :

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
an	0	0	3,4	2	1,4	1	0,7	0,5	0,35	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05
bn	1	1	0,95	0,85	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

L'estimation mentionnée au 2 de l'article 143-13 du présent règlement est égale à la somme de l'estimation des sinistres non encore manifestés en responsabilité civile et de l'estimation des sinistres non encore manifestés en dommage aux ouvrages, calculées comme il est prescrit ci-dessus et majorées d'une estimation du montant des recours à encaisser.

Lorsque les éléments d'information disponibles conduisent à estimer un coût des sinistres non encore manifestés supérieur au montant résultant de l'application de la méthode prévue au 2 de l'article 143-13 du présent règlement, l'entreprise constitue des provisions à due concurrence du coût estimé. Une autre méthode de calcul peut être appliquée dans les conditions prévues au 2° de l'article A.341-1 du code des assurances.

8.j.ii. Méthodes

L'estimation de la Provision pour sinistres non encore manifesté sur les garanties décennales Construction est basé sur plus approche :



- Une estimation des A_n et des B_n utilisé dans le calcul de la PSNEM réglementaire sur le portefeuille de l'assureur afin de challenger le niveau des provisions statutaire. Cette approche nécessite une profondeur d'historique suffisante ;
- Une estimation basée sur une approche triangle imbriqué, Le premier triangle Survenance X période de développement permet d'estimer la charge ultime des sinistres déjà en portefeuille. Ce triangle est ensuite transformé en DROC X survenance afin d'estimer la charge ultime pour toutes les DOC du portefeuille.

8.j.iii. Point d'attention

L'Article 143-15 de l'ANC implique que les compagnies d'assurance doivent effectuer un calcul de la PSNEM économique afin de valider la suffisance du calcul réglementaire.



9. Annexes

9.a. Références théoriques

- Cours assurance dommage, Université Dauphine/Adrien SURU, 2014, « **Principes de base de l'assurance dommage** »
- Cours « **Méthodes de Chain-Ladder et Mack** », Euria/K. TRAORE & F. VERMET, 2018.
- Working Paper Series by the University of Applied Sciences bfi Vienna, 2012, « **A practical guide to the use of the chain-ladder method for determining technical provisions for outstanding reported claims in non-life insurance** »
- Mémoire CEA/Joachim LEMAIRE, « **Impacts du provisionnement en norme actuelle et en norme Solvabilité 2** »
- Mémoire ISFA/Clémence MICHAUD, 2012, « **La mesure du risque de provisionnement à un an en assurance non-vie – prise en compte du jugement d'expert et de données exogènes** »
- Mémoire UFR Strasbourg/Marie LOUIS, 2010, « **Evaluation des provisions techniques non-vie dans le contexte de Solvabilité 2** »
- A. E. Renshaw, R. J. Verrall. *A Stochastic Model Underlying the Chain-Ladder Technique*. 1998.
- **Assurance IARD – Interprétation des chiffres**, M. Luzi, éd. Economica AAA

9.b. Autres articles

- [Bornhuetter–Ferguson as a General Principle of Loss Reserving](#), Klaus D. Schmidt & Mathias Zocher
- [Actuariat de l'Assurance Non-Vie # 10](#), Arthur Charpentier
- [Manuel Bel Non-Vie](#), Groupe de travail de l'Institut des actuaires « **Best Estimates Liabilities Non-Vie** », 2016.
- [Rapport du groupe de travail sur le calcul du best estimate en assurance dommages](#), ACAM 2007
- Provisionnement Technique en Assurance Non-vie, perspectives actuarielles modernes, C. Partrat et al., éd. Economica AAA
- [Les méthodes stochastiques de provisionnement et incertitude sur l'estimation des provisions](#), N. Balson, Formation Sépia, Septembre 2008



9.c. Lexique

Provisions Techniques	Les provisions techniques sont l'ensemble des provisions et des réserves constituées par l'assureur pour faire face à ses engagements vis-à-vis des assurés et des bénéficiaires à la date d'inventaire. Elles sont inscrites au passif du bilan de la compagnie.
Provision pour sinistres à payer (PSAP)	Correspond à la valeur estimative des dépenses en principal et en frais, tant internes qu'externes, nécessaires au règlement de tous les sinistres survenus et non payés, y compris les capitaux constitutifs des rentes non encore mises à la charge de l'entreprise. Composée des provisions D/D et des provisions pour sinistres tardifs (IBNR).
Provisions Dossier/Dossier (D/D)	Ces provisions correspondent aux charges à prévoir pour faire face à la sinistralité déclarée mais non encore réglée et à la sinistralité non encore déclarée mais prévisible des contrats en cours.
Provisions pour sinistres tardifs (IBNR)	Ces provisions couvrent l'insuffisance potentielle de provisionnement des sinistres survenus et déclarés à la date de clôture des états financiers (IBNeR) et le coût ultime des sinistres survenus mais non encore déclarés à la date de clôture (IBNYR).
Provision pour Frais de Gestion des Sinistres (PFGS)	Correspond aux futurs frais de règlement des sinistres qui ne peuvent être directement attribués à un sinistre spécifique.
Provision pour Sinistres non encore manifestés (PSNEM)	La PSNEM est une spécificité de l'assurance construction qui doit être constituée pour les risques des garanties décennales de l'assurance construction gérée en capitalisation : responsabilité civile décennale et dommages ouvrages. Il s'agit d'une évaluation des sinistres à survenir pendant la période de garantie restante au-delà de l'exercice d'inventaire, soit pendant 10 ans après la date d'ouverture du chantier plus 2 ans de période de prescription.
Charge de sinistre	Correspond à la somme des règlements et de la provision D/D.
Règlement (ou paiement)	Correspond à la somme des montants des pertes payées pour l'ensemble des transactions et des sinistres.
Prime Emise	Correspond à la somme totale des primes émises pour ses différents contrats par une compagnie d'assurance au cours d'une période donnée.
Prime Acquis	Correspondent aux primes acquises sur la partie d'un contrat d'assurance qui a expiré.
Prime Acquises non Emises	Correspondent aux montants de primes correspondant à une période antérieure à la date d'inventaire et n'ayant pas fait l'objet d'émission.
Provision de primes émises non acquises	Les primes émises non acquises sont les montants de primes émises avant la date d'inventaire et portant sur une période de risque postérieure à celle-ci.
Ratio de Sinistralité	Il s'agit du rapport sinistres/primes.
Ratio Combiné	Correspond rapport entre la charge de sinistres et les frais généraux au numérateur et les primes au dénominateur.



Provision pour égalisation

C'est une provision qui a pour objet de faire face aux fluctuations de sinistralité à venir par la mise en réserve d'une quote-part des résultats des bonnes années et une reprise les mauvaises années. Elle est encadrée par des règles techniques et fiscales.

Provision pour risque en cours (PREC)

C'est la provision que l'on doit constituer lorsque le montant attendu des primes pour les exercices suivants celui au cours duquel la clôture est faite, ne permet pas de couvrir le montant des risques à survenir au cours de ces mêmes exercices. La PREC est à constituer pour les branches dont le S/P est supérieur à 100 %.



9.d. Exemple de validation des hypothèses du modèle de Mack

Nous allons utiliser dans le cadre de la validation des hypothèses du modèle de Mack, un triangle de paiements cumulés de la garantie RC Matériel (triangle ci-dessous). Ce triangle concerne 25 années de survenance (de 1994 à 2018).

		Période de développement												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Période d'origine	N-12	38,18	54,17	55,24	55,73	55,87	55,92	55,94	55,95	55,96	55,96	55,97	55,97	55,97
	N-11	42,49	60,19	61,25	61,47	61,59	61,65	61,73	61,74	61,75	61,75	61,75	61,75	61,75
	N-10	44,83	62,99	64,21	64,21	64,66	64,71	64,75	64,77	64,78	64,78	64,78	64,78	64,78
	N-9	46,07	66,58	68,11	70,87	68,70	68,74	68,75	68,75	68,75	68,75	68,76		
	N-8	47,44	68,98	70,56	67,82	70,98	71,22	71,38	71,39	71,40				
	N-7	46,75	65,93	67,43	65,78	67,89	67,98	68,01	68,03					
	N-6	45,34	63,92	65,52	62,19	65,89	66,00	66,07						
	N-5	43,15	60,92	61,94	62,19	62,31	62,43							
	N-4	42,31	60,51	61,78	62,26	62,40								
	N-3	30,12	45,86	47,24	47,50									
	N-2	32,49	48,83	50,33										
	N-1	32,74	49,44											
	N	34,16												

Figure 48 : triangle de paiements cumulés

		Période de développement												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Coefficient CL	1,44	1,02	0,99	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coefficient retenu	1,51	1,02	0,99	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Figure 49: coefficient de développement

Le triangle des coefficients individuels associé est le suivant :

		Période de développement												
		1/0	2/1	3/2	4/3	5/4	6/5	7/6	8/7	9/8	10/9	11/10	12/11	13/12
Période d'origine	N-12	1,42	1,02	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	N-11	1,42	1,02	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	N-10	1,41	1,02	1,00	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	N-9	1,45	1,02	1,04	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	N-8	1,45	1,02	0,96	1,05	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	N-7	1,41	1,02	0,98	1,03	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	N-6	1,41	1,02	0,95	1,06	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	N-5	1,41	1,02	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	N-4	1,43	1,02	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	N-3	1,52	1,03	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	N-2	1,50	1,03	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	N-1	1,51	1,03	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	N	1,51	1,03	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Figure 50 : coefficient de développement historique

9.d.i. Hypothèse d'indépendance des sinistres par année de survenance

Cette hypothèse peut être vérifiable soit graphiquement en représentant les coefficients de développement ligne à ligne en fonction de leur médiane, soit d'une manière plus rigoureuse, en se basant sur un test statistique (détaillé ci-dessous). Si ces coefficients ne sont pas trop dispersés autour de la valeur médiane, cela voudra dire que l'hypothèse d'indépendance est vérifiée.

v. Validation des hypothèses à l'aide d'un test statistique

La prochaine étape consiste à vérifier si, pour chaque année de développement, les facteurs de développement observés sont supérieurs ou inférieurs à leur valeur médiane de l'année de développement. Ces positions sont notées « + » si le facteur de développement est supérieur à la médiane et « - » sinon.

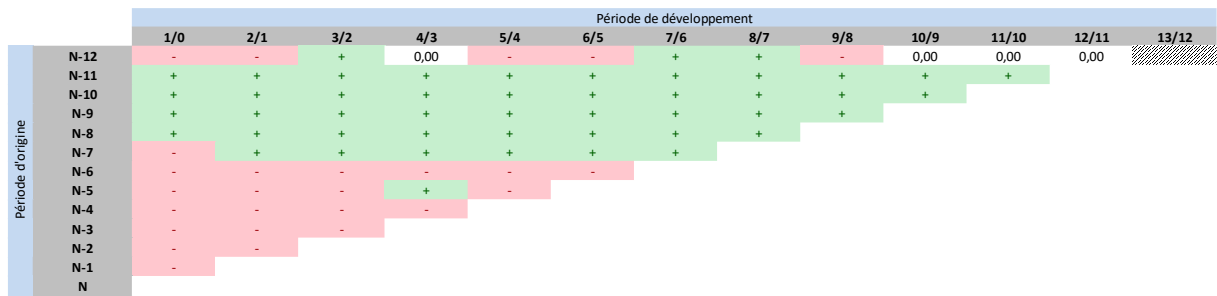


Figure 51 : identifier les facteurs de développement supérieur (+) et inférieur (-) à la médiane

Pour juger l'indépendance entre années de survenance, nous n'allons pas raisonner sur le nombre de fois où dans un développement les coefficients ont été supérieurs (ou inférieurs) à la valeur médiane, mais sur le minimum des deux.

Soit n_{i+} le nombre de coefficient au-dessus de la médiane et n_{i-} le nombre de coefficient en dessous de la médiane par période de développement i . Ainsi, nous ne prenons pas en compte les coefficients égaux à la médiane.

Notons $Z_i = \min(n_{i+}, n_{i-})$ et posons $n_i = n_{i+} + n_{i-}$. Sous l'hypothèse d'indépendance, il doit y avoir autant de valeurs au-dessus qu'en dessous de la médiane.

Nous allons tester cela non pas avec n_{i+} mais avec Z_i . Sous l'hypothèse que Z_i suit une loi normale, nous avons :

$$\mathbb{E}(Z_i) = \frac{n_i}{2} - c_i \text{ et } \text{Var}(Z_i) = \frac{n_i \times (i-1)}{4} - c_i \times (n_i - 1) + \mathbb{E}(Z_i) - \mathbb{E}(Z_i)^2$$

$$\text{Avec } c_i = \left(\frac{i-1}{\lfloor (i-1)/2 \rfloor} \right) \times \frac{n_i}{2^{n_i}}$$

Nous obtenons ainsi le tableau ci-dessous.

Année de survenance	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
n_{i+}	4	5	6	5	4	4	8	7	5	1	2	4	8	5	7	4	7	5	4	3	4	3	2	1
n_{i-}	10	7	6	7	7	6	3	4	7	10	8	6	2	5	2	4	1	2	2	2	0	0	0	0
$Z_i = \min(n_{i+}, n_{i-})$	4	5	6	5	4	4	3	4	5	1	2	4	2	5	2	4	1	2	2	2	0	0	0	0
n_i	14	12	12	12	11	10	11	11	12	11	10	10	10	10	9	8	8	7	6	5	4	3	2	1
$\lfloor n_i/2 \rfloor$	7	6	6	6	5	5	5	5	6	5	5	5	5	5	4	4	4	3	3	2	2	1	1	0
$\mathbb{E}(Z_i)$	5,534	4,646	4,646	4,646	4,146	3,77	4,146	4,146	4,646	4,146	3,77	3,77	3,77	3,77	3,27	2,906	2,906	2,406	2,063	1,563	1,25	0,75	0,5	0
$\text{V}(Z_i)$	1,350	1,168	1,168	1,168	0,918	0,986	0,918	0,918	1,168	0,918	0,986	0,986	0,986	0,986	0,736	0,804	0,804	0,554	0,621	0,371	0,438	0,188	0,25	0

Figure 52 : estimation des Z_i par période d'origine

Le test sera effectué sur la somme des Z_i . En effet, sous l'hypothèse nulle (indépendance des sinistres par année de survenance), nous avons :

- $\mathbb{E}(Z) = \mathbb{E}(Z_1 + \dots + Z_{24}) = \mathbb{E}(Z_1) + \dots + \mathbb{E}(Z_{24})$
- $\text{Var}(Z) = \text{Var}(Z_1 + \dots + Z_{24}) = \text{Var}(Z_1) + \dots + \text{Var}(Z_{24})$

Il faudra retirer tous les Z_i où $n_i \leq 1$ car dans ce cas l'espérance est nécessairement égale à notre valeur observée. Dans notre exemple, il n'y a que lors de la dernière année de survenance (l'année 24) que nous observons ce problème.

$$\text{Notre statistique de test sera alors : } t = \frac{Z_1 + \dots + Z_{24} - \mathbb{E}(Z_1 + \dots + Z_{24})}{\sqrt{\text{V}(Z_1 + \dots + Z_{24})}}$$



Si nous supposons que t suit approximativement une loi Normale $(0,1)$, notre statistique de test prendra la valeur de $t = -2,31$. Pour un niveau de confiance à 95%, l'hypothèse d'indépendance des années de survenance est rejetée car la statistique de test est en dehors de l'intervalle $[-1,96; 1,96]$.

Une autre façon de vérifier le test est de s'assurer que :

$$\sum \mathbb{E}(Z_i) - 2 \times \sqrt{\sum \text{Var}(Z_i)} \\ \leq \sum Z_i \leq \sum \mathbb{E}(Z_i) + 2 \times \sqrt{\sum \text{Var}(Z_i)}$$

Remarque : Malgré le fait que le test statistique que nous avons effectué ne nous permet pas de valider l'hypothèse d'indépendance des sinistres selon les années de survenance, celui-ci nous permet de valider les choix des coefficients de passage, et plus particulièrement le 1^{er} coefficient.

En effet, si nous regardons de plus près le triangle des coefficients individuels, nous pouvons observer une hausse significative des coefficients à partir de l'année de survenance 2015.

Cela vient confirmer le choix de notre premier coefficient, qui est calculé comme la pondération des paiements cumulés à partir de la survenance 2015 par les coefficients individuels des mêmes années.

vi. Validation des hypothèses à l'aide d'une représentation graphique

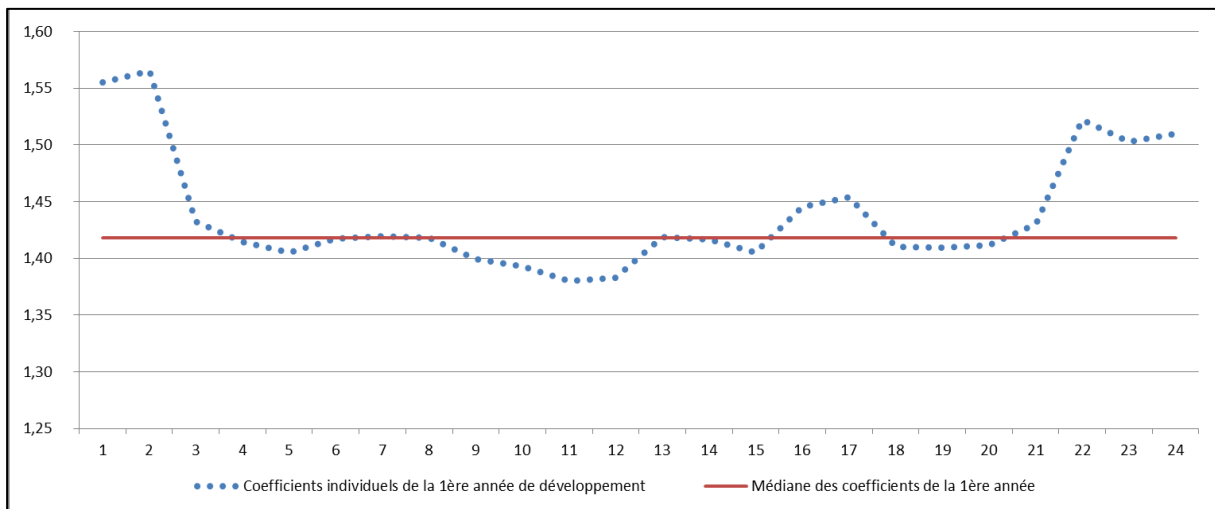


Figure 53 : RCM - coefficients individuels de la 1ère année de développement

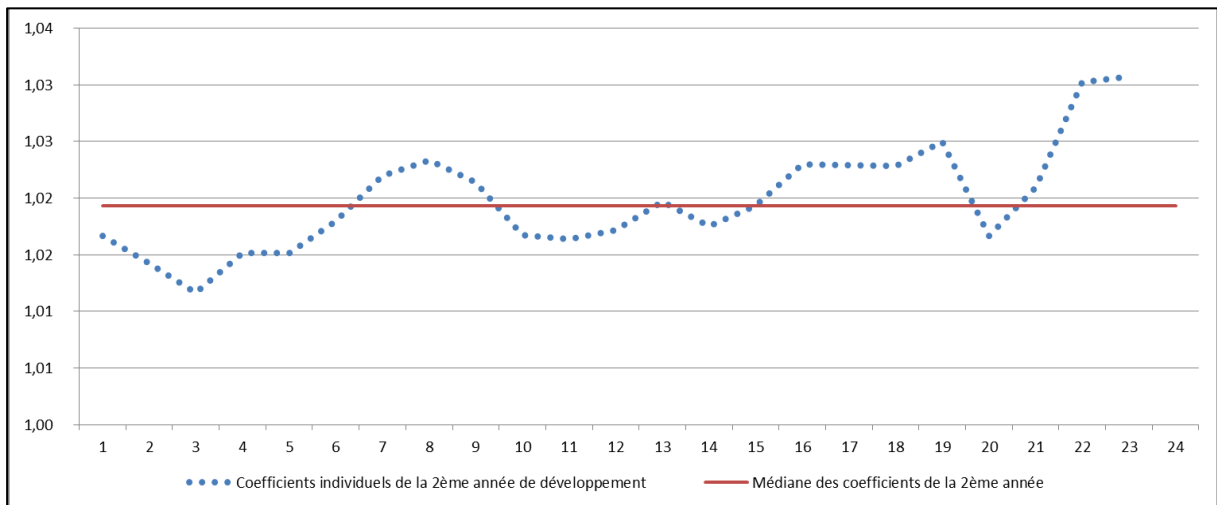


Figure 54 : RCM - Coefficients individuels de la 2ème année de développement

9.d.ii. Hypothèses sur l'espérance

Pour vérifier la deuxième hypothèse, on pourra tracer les $C_{i,j+1}$ en fonction des $C_{i,j}$ afin de voir s'il existe approximativement une relation linéaire autour de la droite passant par l'origine.

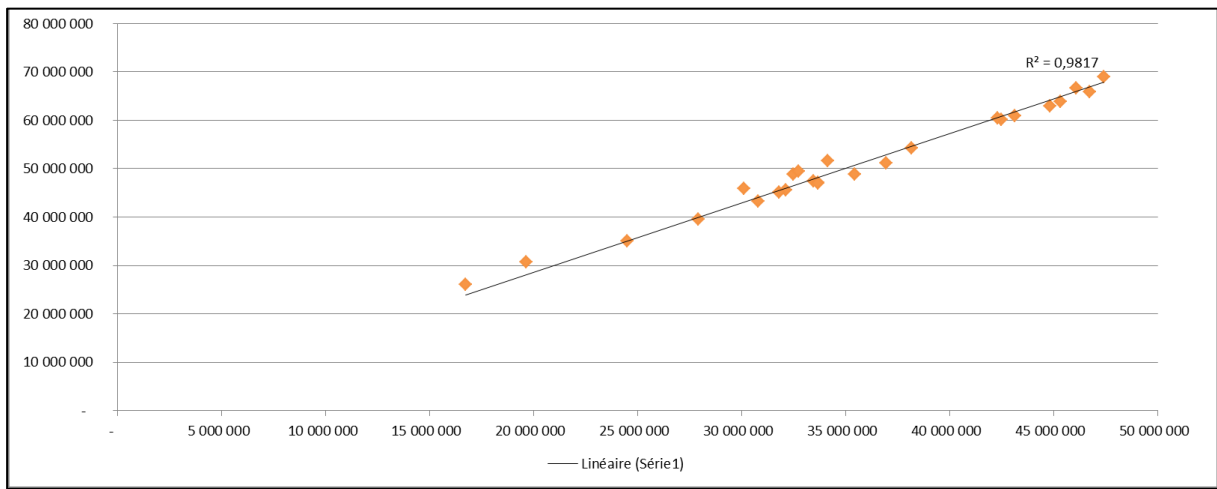


Figure 55 : Paiements cumulés de la 1ère année de développement en fonction des paiements cumulés de la 2ème année de développement

9.d.iii. Hypothèse sur la variance

Pour vérifier la troisième hypothèse, on représentera les résidus $\frac{C_{i,j+1} - \hat{\lambda}_j C_{i,j}}{\sqrt{C_{i,j}}}$ en fonction des $C_{i,j}$. Si l'hypothèse est validée, les résidus ne devraient pas montrer de tendance spécifique mais sembler aléatoires.



9.e. La place du modèle de Mack en France et à l'international

Au début de l'année 2016, un [panorama mondial du provisionnement](#) en assurance non-vie a été publié par l'ASTIN (*Actuarial Studies in Non life Insurance*). Cette étude confronte l'utilisation des méthodes déterministes et stochastiques et nous allons ici nous intéresser à l'utilisation de la méthode de Mack en France, mais également à l'international.

Les résultats sont issus de la synthèse des réponses de 535 compagnies d'assurance dans 42 pays différents, ce qui représente 87% du marché de l'assurance non-vie.

9.e.i. Usage du modèle de Mack en France

Les résultats présentés sont basés sur la réponse de 10 compagnies d'assurance dont la taille (en termes de chiffre) est répartie comme suit :

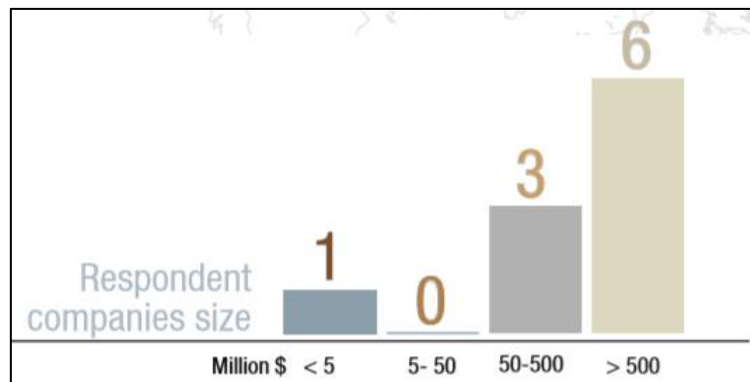


Figure 56 : usage du modèle de Mack sur le marché français

A noter qu'en France, l'activité d'assurance est très concentrée : 6 acteurs suffisent à dépasser 50% du marché de l'assurance non-vie. Le panel répondant est donc représentatif du marché français.

La méthode de Mack est utilisée :

- En tant que méthode principale de calcul des provisions par 30% du panel ;
- En tant que méthode comparative par 20% du panel ;
- Et n'est pas du tout utilisée pour les 50% restants.



1. Standard claims: triangle-based technologies

	Main method	Peer method	Informational	Unused	
DETERMINISTIC	Percentage	10%	0%	10%	80%
	Loss ratio	50%	20%	10%	20%
	Chain ladder	100%	0%	0%	0%
	Bornhuetter-Ferguson	60%	0%	10%	30%
	Cape Cod	10%	0%	0%	90%
	Average cost	80%	10%	0%	10%
	De Vylder	10%	0%	0%	90%
	Fisher-Lange	10%	0%	10%	80%
	GLM	0%	10%	0%	90%
	Munich Chain Ladder	0%	0%	0%	100%
STOCHASTIC	Market-based std dev	0%	10%	0%	90%
	Internal calibration	20%	0%	10%	70%
	Mack	30%	20%	0%	50%
	Merz & Wüthrich	30%	0%	20%	50%
	GLM	0%	10%	0%	90%
	Bootstrap / CL	30%	20%	10%	40%
	Bootstrap / BF	30%	0%	0%	70%
	RJMCMC	0%	10%	0%	90%

Figure 57 : méthode de provisionnement sur le marché français

9.e.ii. Usage du modèle de Mack dans le monde

A l'échelle mondiale, voici la répartition par taille des compagnies répondantes :

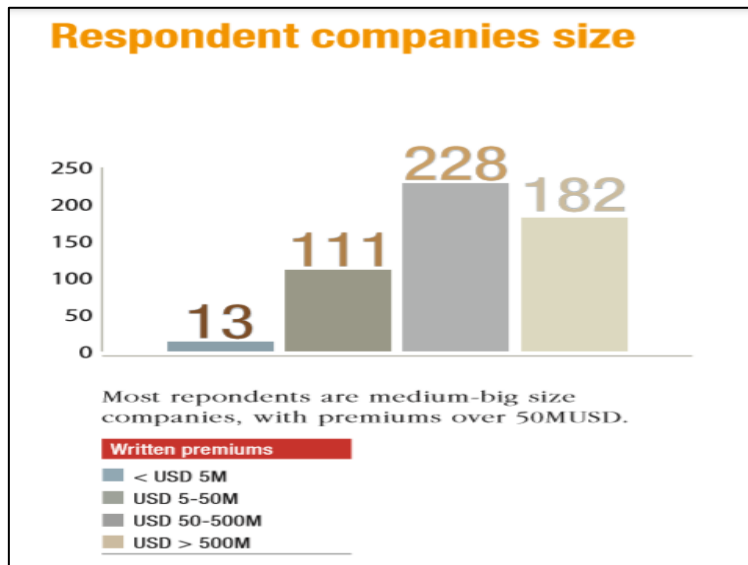


Figure 58 : usage du modèle de Mack dans le monde

Si l'on s'intéresse à présent à l'échelle mondiale, on observe que la méthode de Mack est la plus utilisée (45%) des méthodes stochastiques :

- 28% en méthode principale ;
- 7% à titre comparatif ;
- 10% à titre informatif.



Elle est suivie de près par la méthode de Bootstrap¹⁰ (40% d'utilisation).

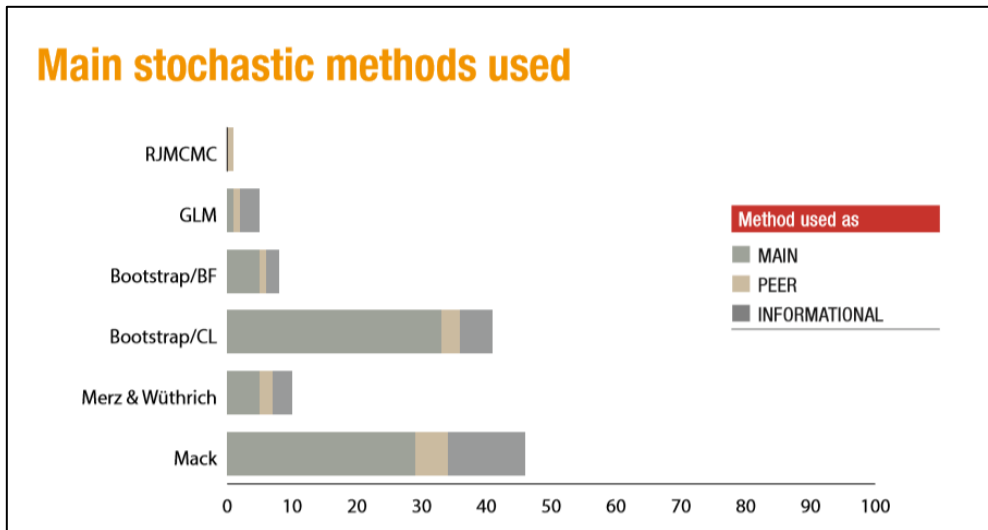


Figure 59 : comparaison de l'usage du modèle de Mack avec d'autres méthodes

C'est donc la méthode de Thomas Mack, mise en place en 1990 en Allemagne qui a été la première employée pour apprécier le caractère aléatoire des réserves. La carte illustre une nouvelle fois le caractère géopolitique et politique de la propagation des différentes méthodes. Ainsi, la méthode de Mack est majoritairement utilisée en Suisse, Allemagne, Italie, Belgique, Finlande.

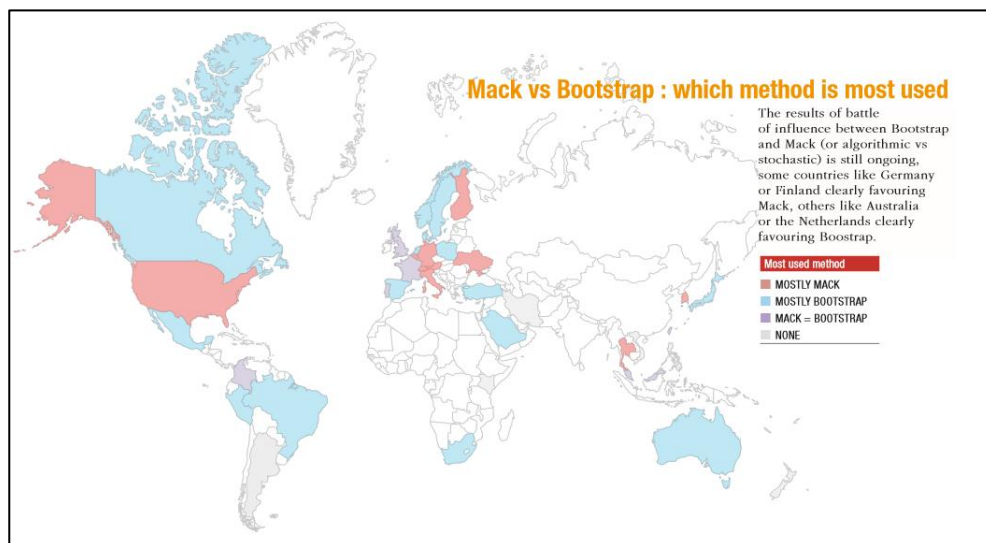


Figure 60 : Mack vs Bootstrap : quelle méthode est la plus utilisée ?

¹⁰ Pour rappel, la méthode algorithmique de Bootstrap a été inventée dans sa forme générale au milieu du siècle dernier et ce n'est qu'au début du 21^{ème} siècle qu'elle a été popularisée en assurance (grâce aux travaux des anglais Peter England et Richard Vennell).