

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

Par : Serigne MAR

Sujet : **Assurance Emprunteur Collective: Modélisations de la sinistralité en modèle interne via une approche en tête par tête et en S/C dynamiques.**

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

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

*Membres présents du jury de  
la filière*

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

Entreprise : 

Nom : AXA France

Signature :

Directeur de mémoire en  
entreprise :

Nom : Camille VIGNON/Manon PHILBERT

Signature :


Invité

Nom :

Signature :

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


Signature du responsable entreprise



Secrétariat:

Signature du candidat

Bibliothèque:



# Remerciements

Au terme de ce travail, je saisis cette occasion pour exprimer ma gratitude à toute personne ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

Je tiens à remercier chaque membre de l'équipe Risk Management Modèles et Valorisation / EEV Collective d'AXA France pour son accueil, sa gentillesse, et pour m'avoir intégré dans une ambiance conviviale, motivante et chaleureuse.

Je remercie également Michel FONTEZ, responsable du département Modèles et Valorisation et Camille VIGNON responsable EEV Collective pour m'avoir accueilli au sein du département.

Mes remerciements s'adressent en particulier à Manon PHILBERT pour avoir accepté de m'encadrer dans ce mémoire. Je la remercie pour son implication, son soutien, ses critiques et ses encouragements tout au long de ce travail.

Je remercie mon directeur de mémoire académique, Olivier LOPEZ, directeur de l'ISUP, pour son orientation tout au long de ce mémoire. La pertinence de ses critiques et ses conseils m'ont permis d'approfondir mes travaux.

Je remercie enfin mes parents qui ont toujours été à mes côtés et qui m'ont toujours encouragé.

# Résumé

Lorsque l'on souhaite réaliser un emprunt auprès d'un établissement de crédit, il est nécessaire de souscrire une assurance emprunteur pour garantir notre emprunt. C'est une sécurité pour l'assuré et sa famille, c'en est une aussi pour l'organisme de crédit. Cette assurance prévoit le remboursement du capital restant dû ou des mensualités en cas de sinistre. Cette assurance de prêt (ou assurance emprunteur) est temporaire, limitée à la durée de l'emprunt. Elle prend donc fin dès que l'emprunt est remboursé, soit à la date de fin du prêt prévue initialement, soit suite à un rachat anticipé (cas très fréquent). L'assurance emprunteur est indispensable à l'obtention d'un emprunt auprès d'un établissement de crédit.

Ce mémoire a pour objectif de modéliser les contrats emprunteurs par une approche tête par tête. Le modèle actuel permettant de calculer les différents indicateurs de Solvabilité II (EOF, STEC, BEL, etc.), ainsi que les indicateurs de rentabilité (EEV, NBV, PVPF) sur la base d'une modélisation simplifiée du périmètre Emprunteurs en tenant compte de la modélisation via des S/C constants (pour toutes les garanties : Décès, incapacité temporaire, perte totale et irréversible d'autonomie) durant toute la durée du prêt, de la mutualisation du fonds de participations aux bénéficiaires pour plusieurs garanties d'un même contrat et sous Solvabilité II, l'application de la frontière des contrats.

Ainsi, nous devons faire évoluer la modélisation vers une représentation plus fidèle des engagements et des conditions contractuelles sur la base des données tête par tête. L'objectif de cette approche est de modéliser les flux de trésorerie des prestations (sinistres et primes) en fonction des probabilités de passer d'un état (garantie) à un autre et du capital restant dû en utilisant les tables réglementaires et les lois d'expérience, et du calcul des provisions.

Cette étude s'achève avec une autre modélisation via des S/C dynamiques avec une analyse d'impact des différents types de modélisation, notamment sur la VIF, le BEL et le STEC.

**Mots clés :** Contrat emprunteur, tête par tête, EOF, EEV, BEL, VIF, STEC, NBV.

# Abstract

When you want to make a loan from a credit institution, it is necessary to take out borrower insurance to guarantee our loan. It is a security for the insured and his family, it is also a security for the credit institution. This insurance provides for the reimbursement of the outstanding capital or monthly payments in the event of a claim. This loan insurance (or credit insurance) is temporary, limited to the duration of the loan. It therefore ends as soon as the loan is repaid, either on the end date of the loan initially scheduled, or following an early redemption (very common case). Creditor insurance is essential for obtaining a loan from a credit institution.

This thesis aims to model borrower contracts using a head-to-head approach. The current model making it possible to calculate the various Solvency 2 indicators (EOF, STEC, BEL, etc.), as well as profitability indicators (EEV, NBV, PVFP) on the basis of a simplified modeling of the borrowers perimeter taking into account the modeling via S/C flats (for all guarantees : death, temporary incapacity, total and irreversible loss of autonomy) throughout the duration of the loan, the pooling of the profit sharing fund for several guarantees of the same contract and under Solvency II, the application of the frontier of contracts.

Thus, we will have to make the modeling evolve towards a more faithful representation of commitments and contractual conditions on the basis of data head by head. The objective of this approach is to model the cash flows of the services (claims and premiums) according to the probabilities of moving from one state (guarantee) to another and of the outstanding capital using the regulatory tables and the laws of experience, and the calculation of provisions.

This study ends with another modeling via S/C dynamics with an impact analysis of the different types of modeling, in particular on the VIF, the BEL and the STEC.

**Keywords :** credit insurance, head by head, EOF, EEV, BEL, VIF, STEC, NBV.

# Table des matières

<b>Remerciements</b>	<b>i</b>
<b>Résumé</b>	<b>ii</b>
<b>Abstract</b>	<b>iii</b>
<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>I Assurance Emprunteur : Présentation et Généralités</b>	<b>2</b>
<b>1 Les caractéristiques de l'assurance Emprunteur</b>	<b>4</b>
1.1 Définition et Vocabulaire . . . . .	4
1.1.1 Définition . . . . .	4
1.1.2 Vocabulaire . . . . .	4
1.2 Contrat collectif et Contrat individuel . . . . .	5
1.2.1 Contrat collectif . . . . .	5
1.2.2 Contrat individuel . . . . .	5
1.3 La sélection médicale . . . . .	7
1.4 Les garanties proposées en assurance emprunteur . . . . .	8
1.4.1 Décès . . . . .	8
1.4.2 Perte Totale et Irréversible d'Autonomie . . . . .	8
1.4.3 Incapacité . . . . .	8
1.4.4 Perte d'emploi . . . . .	8
1.5 Les types de prêts . . . . .	9
1.6 Pluralité d'emprunteurs dans l'assurance de prêt . . . . .	9
1.7 Le remboursement anticipé . . . . .	10
1.8 La déclaration du risque . . . . .	10
1.9 Les acteurs de l'assurance emprunteur . . . . .	11
1.9.1 L'activité du marché en quelques chiffres . . . . .	11
<b>2 Le cadre prudentiel Solvabilité 2 et les réformes en assurance em- prunteur</b>	<b>13</b>
2.1 Le cadre prudentiel Solvabilité II . . . . .	13
2.1.1 Pilier 1 : les exigences quantitatives . . . . .	14
2.1.2 Le capital de solvabilité requis SCR ou STEC en modèle interne	15
2.1.3 Le minimum de capital requis MCR . . . . .	17
2.1.4 Le Best Estimate et la marge pour risque . . . . .	17

2.1.5	Bilans Solvabilité II . . . . .	19
2.2	Les réformes en assurance emprunteur . . . . .	20
2.2.1	Les conventions Belorgey et AERAS . . . . .	20
2.2.2	La loi LAGARDE . . . . .	21
2.2.3	La loi HAMON . . . . .	21
2.2.4	L'amendement BOURQUIN . . . . .	22
<b>3</b>	<b>Lois Biométriques et Comportementales</b>	<b>24</b>
3.1	Loi de maintien . . . . .	24
3.2	Les tables de mortalités . . . . .	25
3.2.1	les tables réglementaires . . . . .	25
3.2.2	les tables d'expérience . . . . .	26
3.3	Loi de Mortalité . . . . .	27
3.4	Loi d'incidence . . . . .	28
3.5	Lois de résiliations et de sorties . . . . .	29
<b>4</b>	<b>La tarification en assurance emprunteur</b>	<b>30</b>
4.1	Tableau d'amortissement de la dette . . . . .	30
4.1.1	Prêt Classique . . . . .	31
4.1.2	Prêt non amortissable : Prêt In fine . . . . .	35
4.1.3	Prêt avec option de leasing . . . . .	36
4.1.4	Prêt avec amortissement croissant . . . . .	37
4.2	Concepts de base sur la prime . . . . .	38
4.2.1	Le taux d'intérêt technique . . . . .	38
4.2.2	Relation entre la prime pure et la prime commerciale . . . . .	39
4.2.3	Relation entre la prime unique et le prime périodique . . . . .	40
<b>5</b>	<b>Les différents types de provisions et les principaux indicateurs de rentabilité</b>	<b>42</b>
5.1	Les différents types de provisions . . . . .	42
5.1.1	Les provisions mathématiques : PM . . . . .	42
5.1.2	les provisions pour risque croissant : PRC . . . . .	42
5.1.3	Les provisions pour sinistres à payer : PSAP . . . . .	42
5.1.4	Les provisions pour primes non acquises : PPNA . . . . .	43
5.2	Les principaux indicateurs de rentabilité . . . . .	43
5.2.1	EEV : European Embedded Value . . . . .	43
5.2.2	VIF : Value of Inforce . . . . .	44
5.2.3	STEC : Short Term Economic Capital . . . . .	44
5.2.4	EOF : Available Financial Ressources . . . . .	45
5.2.5	BEL : Best Estimate Liability . . . . .	45
<b>II</b>	<b>Modélisation</b>	<b>46</b>
<b>6</b>	<b>Exploration des données</b>	<b>48</b>
6.1	Présentation du Modèle interne : SUNRISE . . . . .	48
6.2	Construction des Model Points . . . . .	49
6.3	Présentation des données . . . . .	50

---

6.3.1	Caractéristique du portefeuille A . . . . .	51
6.3.2	Vue d'ensemble des données . . . . .	51
6.4	Agrégation des MP . . . . .	52
<b>7</b>	<b>Modélisation tête par tête</b>	<b>54</b>
7.1	Modélisation retenue . . . . .	54
7.1.1	Contexte . . . . .	54
7.1.2	Méthodologie et Hypothèses de modélisation . . . . .	54
7.2	Passage des états . . . . .	56
7.3	Projection du Capital Restant Dû : CRD . . . . .	57
7.4	Projection des prestations . . . . .	59
7.4.1	Calcul des probabilités de présence . . . . .	59
7.4.2	Calcul de la charge de sinistres . . . . .	60
7.5	Projection des Primes . . . . .	61
7.6	Projection des provisions . . . . .	62
7.6.1	Modélisation des provisions du stock . . . . .	62
7.6.2	Modélisation des provisions prospectives . . . . .	64
<b>8</b>	<b>Modélisation par cadence avec des S/C dynamiques</b>	<b>65</b>
8.1	Principe de la modélisation par cadence . . . . .	65
8.2	Calcul des S/C Dynamiques . . . . .	67
8.3	Taux de sortie résiliation . . . . .	68
<b>9</b>	<b>Implémentation dans le modèle interne : mesure et analyse des impacts des nouvelles modélisations</b>	<b>69</b>
9.1	Prise en compte de la modélisation tête par tête dans le modèle interne	69
9.2	Analyse d'impacts des modélisations . . . . .	70
9.2.1	Impact modèle S/C constants contre modèle tête par tête . . . . .	70
9.2.2	Impact entre le modèle en S/C constants et le modèle en S/C dynamiques . . . . .	73
9.2.3	Impact sur le Best Estimate of Liabilities des différentes modélisations . . . . .	75
<b>10</b>	<b>Test de sensibilités : Choc sur les lois de résiliations et de sorties</b>	<b>76</b>
	<b>Conclusion</b>	<b>78</b>
	<b>Bibliographie</b>	<b>79</b>
	<b>Sigles et abréviations</b>	<b>80</b>
	<b>Annexe A</b>	<b>81</b>
10.1	Tableau d'amortissement de la dette . . . . .	81
10.1.1	Prêt Classique . . . . .	81
10.1.2	Prêt non amortissable : Prêt In fine . . . . .	86
10.1.3	Prêt avec option de leasing . . . . .	87
10.1.4	Prêt avec amortissement croissant . . . . .	88
	<b><i>Executive Summary</i></b>	<b>1</b>

---

# Liste des tableaux

3.1	Exemple . . . . .	25
6.1	Base de données . . . . .	50
6.2	Zoom sur les 3 portefeuilles emprunteurs (A, B et C) . . . . .	51



# Table des figures

1.1	Mécanismes de fonctionnement d'un contrat emprunteur Collectif . . .	6
1.2	Mécanismes de fonctionnement d'un contrat emprunteur Individuel . .	6
1.3	Répartition des cotisations par type de prêt . . . . .	12
1.4	Distribution des cotisations par garantie . . . . .	12
2.1	La directive Solvabilité 2 . . . . .	14
2.2	Solvency Capital Requirement . . . . .	15
2.3	Les modules et sous-modules du SCR selon la formule standard . . . .	16
2.4	Bilan Solvabilité 2 : Approche économique . . . . .	19
2.5	Les principales lois de l'assurance emprunteur . . . . .	20
3.1	Probabilité de décéder avec la table TF00-02 abattu à 30% . . . . .	28
3.2	Probabilité de tomber en incapacité temporaire en fonction de l'âge . .	28
3.3	Probabilité de rachats des contrats en fonction de la durée du prêt . . .	29
4.1	Tableau d'amortissement classique . . . . .	32
4.2	Exemple d'application . . . . .	33
4.3	Evolution du taux technique : 60%TME . . . . .	39
5.1	Calcul du STEC . . . . .	44
6.1	Répartition du CRD en fonction de la durée du prêt et de l'âge . . . .	50
6.2	Répartition des 3 portefeuilles . . . . .	52
7.1	Exemple de projection en incapacité . . . . .	56
7.2	Évolution des probabilités de présence . . . . .	60
7.3	Calcul des prestations . . . . .	61
7.4	Calcul des prestations . . . . .	62
8.1	Modélisation par cadence . . . . .	65
8.2	Taux de résiliation par génération pour la garantie Décès . . . . .	68
9.1	Implémentation dans le modèle interne . . . . .	69
9.2	Décomposition de la PVFP entre la modélisation via S/C constants et la modélisation T/T . . . . .	70
9.3	Projection des primes acquises . . . . .	71
9.4	Projection de la sinistralité entre les différents modèles . . . . .	71
9.5	Projection des provisions . . . . .	72
9.6	Projection des provisions . . . . .	74

10.1	Tableau d'amortissement classique . . . . .	83
10.2	Exemple d'application . . . . .	84

# Liste des Algorithmes

# Introduction

L'assurance d'un prêt (ou assurance emprunteur) est une assurance temporaire, limitée à la durée d'un emprunt, qui garantit le remboursement de celui-ci en cas de décès. Elle est le plus souvent complétée par des garanties d'assurance de personnes couvrant les risques d'incapacité, d'invalidité et éventuellement de perte d'emploi. Le montant des cotisations au titre des contrats d'assurance emprunteur est de 9,1 milliards d'euros en 2017.

Historiquement, l'assurance emprunteur a été le plus souvent vendue couplée à l'offre de prêt. De ce fait, la part de marché des banques est de 84%, une ligne qui a très peu bougé depuis 2010 malgré les lois et amendements successifs visant à libérer ce marché.

Depuis 2018, l'amendement Bourquin permet à tout assuré de résilier son assurance emprunteur chaque année pour en souscrire une plus avantageuse. Ce nouvel amendement libère complètement le marché et touche avant tout les assurances collectives pour lesquelles il était impossible de résilier l'assurance au-delà de la première année et pour lesquelles l'équilibre des risques n'est plus assuré en cas de fuite des bons risques (jeunes assurés, non-fumeurs, de catégorie socioprofessionnelle moins risquée ayant pour l'heure une prime mutualisée désavantageuse). On peut tout de même redouter une accélération des résiliations pour l'assurance emprunteur individuelle à cause du buzz médiatique (meilleure prise de conscience des clients de l'intérêt à résilier combinée au comportement plus agressif des concurrents) et une dégradation, plus modérée, du business mix.

Cet amendement crée donc un environnement favorable aux assureurs pour accroître leur part de marché (aujourd'hui de seulement 15%) en capturant le stock des établissements de prêt. Il crée également l'obligation pour les établissements de prêt de s'adapter rapidement de façon à être en mesure d'assurer la rétention des contrats existants mais aussi de défendre une part de marché historiquement très importante.

## Première partie

# Assurance Emprunteur : Présentation et Généralités



# Chapitre 1

## Les caractéristiques de l'assurance Emprunteur

### 1.1 Définition et Vocabulaire

#### 1.1.1 Définition

Lorsque l'on souhaite réaliser un emprunt auprès d'un établissement de crédit, il est nécessaire de souscrire une assurance emprunteur pour garantir notre emprunt. C'est une sécurité pour l'assuré et sa famille, c'en est une aussi pour l'organisme de crédit. Elle prévoit le remboursement du capital restant dû ou des mensualités en cas de sinistre.

C'est une assurance temporaire, limitée à la durée du prêt et qui possède un schéma d'assurance particulier, dans le sens où le contrat lie trois parties : l'établissement de crédit, l'assureur et l'assuré. Elle garantit à l'organisme prêteur le remboursement du crédit ou le paiement des mensualités par l'assureur si le risque assuré se réalise. En parallèle, elle permet à l'assuré la conservation de ses biens en cas de perte de revenus et la non-transmission de ses dettes à ses héritiers en cas de décès, incapacité ou invalidité.

Les quatre parties du contrat d'assurance classique sont donc représentées et occupées comme suit :

- assuré : la personne qui emprunte l'argent auprès de l'établissement de crédit ;
- assureur : la compagnie d'assurance ;
- bénéficiaire : l'établissement de crédit ;
- souscripteur : dans le cadre d'un contrat individuel, c'est l'assuré ; alors que dans le cas d'un contrat collectif c'est l'établissement de crédit.

#### 1.1.2 Vocabulaire

Pour faciliter la compréhension du mémoire, nous allons définir quelques notions importantes à savoir :

- Délai de carence : C'est le temps minimal qui doit s'écouler après la date de signature du contrat pour pouvoir bénéficier des garanties. Par exemple, un contrat

souscrit en milieu de mois qui ne prendra effet qu'au début du mois suivant.

- Délégation d'assurance : C'est le fait de faire assurer son prêt auprès d'un assureur autre que celui proposé par l'établissement de crédit.
- Établissement de crédit : Les établissements de crédit recouvrent plusieurs types d'institutions dont en particulier les banques, mais également les établissements de crédit spécialisés principalement habilités à proposer des crédits.
- Franchise : Elle désigne un délai incompressible durant lequel l'assuré ne peut pas prétendre au versement de ses prestations. Par exemple, dans le cas d'un contrat emprunteur prévoyant une franchise de 90 jours en incapacité, le versement des prestations pour la réalisation de ce risque peut avoir lieu uniquement après 90 jours passés dans cet état.
- Quotité : C'est le taux de couverture proposé par l'assurance emprunteur, soit la part de capital à garantir. Par exemple, il est possible de retrouver un prêt sur deux têtes avec une quotité 60/40 : cela signifie que 60% du capital est assuré sur une première tête, tandis que les 40% restants sont eux garantis sur une seconde tête.
- Capital restant dû : Part du capital initial que l'emprunteur doit encore à l'organisme prêteur, à une date déterminée. Dans certains contrats, la cotisation d'assurance est calculée sur la base du capital restant dû.

## 1.2 Contrat collectif et Contrat individuel

### 1.2.1 Contrat collectif

Un contrat de groupe correspond à des contrats collectifs proposés par les courtiers, les assureurs indépendants ou par les établissements prêteurs comme offre défensive en cas de refus du contrat bancaire. La segmentation y est plus forte, avec par exemple une discrimination selon l'âge ou la situation professionnelle, il se caractérise par son :

- Type de contrat : pour une assurance de groupe, le contrat est identique pour l'ensemble des emprunteurs et les risques sont mutualisés.
- Calcul des cotisations : elles sont calculées sur le capital initial.
- Évolution des cotisations : elles peuvent être révisées tout au long de la durée du prêt, en fonction du coût global des sinistres déclarés par l'ensemble des emprunteurs.

### 1.2.2 Contrat individuel

Les contrats individuels lient directement les assurés aux assureurs, indépendamment de la banque prêteuse. Ces contrats s'adressent soit aux bons profils de risques pour lesquels l'individuel est moins onéreux que le collectif (par exemple les non-fumeurs de moins de 40 ans), soit aux personnes qui ne parviennent pas à souscrire à une assurance collective en raison de risque jugé trop élevé, il est caractérisé par son :

- Type de contrat : le contrat est conçu sur-mesure
- Calcul des cotisations : elles sont calculées sur le capital restant dû et en fonction de l'âge et de la situation personnelle.



- Évolution des cotisations : parce que le capital restant dû diminue progressivement, le montant des cotisations est dégressif. Celles-ci ne peuvent évoluer en raison de la situation personnelle, notamment l'âge.

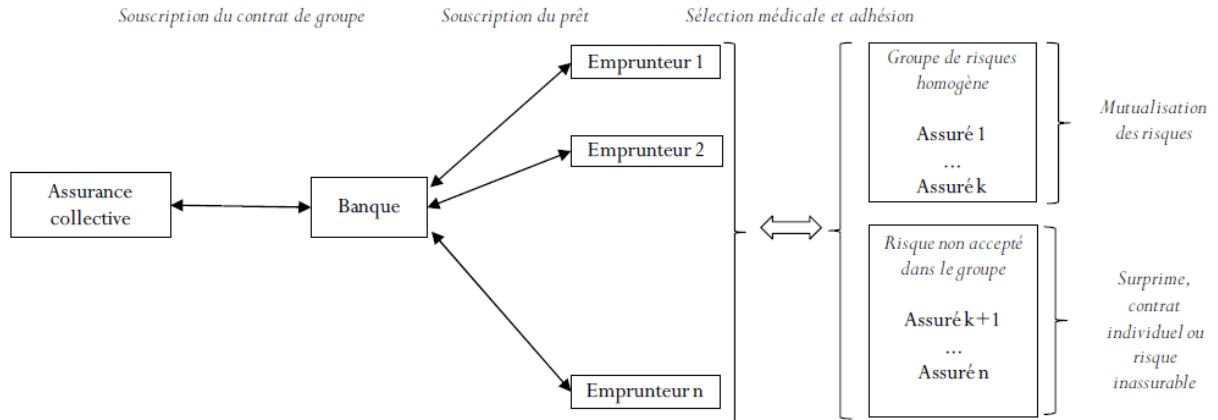


FIGURE 1.1 – Mécanismes de fonctionnement d'un contrat emprunteur Collectif

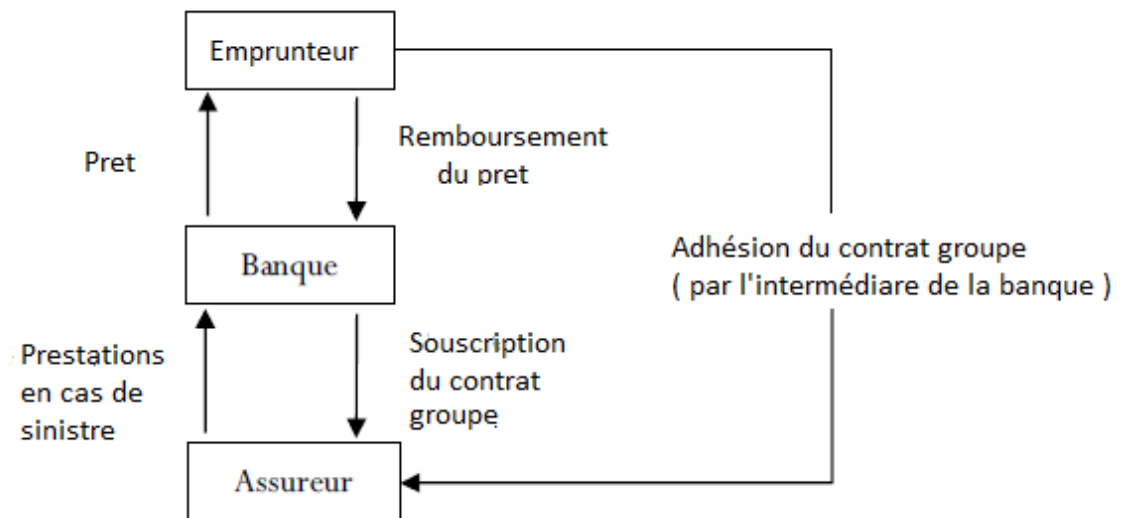


FIGURE 1.2 – Mécanismes de fonctionnement d'un contrat emprunteur Individuel

## 1.3 La sélection médicale

Pour maîtriser le risque pris en charge, l'assureur demande au souscripteur de remplir un questionnaire médical lors de l'adhésion à un contrat emprunteur.

Medical selection	
First year	46,0%
Second year	22,0%
Third year	0,0%
MNO	121%

Il existe quatre niveaux de questionnaires de santé :

- La déclaration de bonne santé ou déclaration d'état de santé ;
- Le questionnaire médical simplifié : celui-ci est constitué d'une dizaine de questions sur les traitements en cours, ou opérations subies ;
- Le questionnaire médical détaillé : par rapport au précédent, celui-ci établit des questions plus nombreuses et plus précises ;
- L'examen médical : il s'agit d'une visite médicale accompagnée d'analyses de sang, et éventuellement d'examens médicaux complémentaires.

Le questionnaire dépend de l'âge de l'assuré et du montant emprunté : en dessous d'un certain âge et d'un certain montant, la déclaration d'état de santé sera suffisante mais au-delà d'un âge et d'un montant emprunté l'assureur peut exiger des examens médicaux plus complets (examen cardiaque, analyses biologiques). Pour les contrats emprunteurs, il y a donc une sélection des risques. En effet, suite à ce questionnaire, l'assureur peut choisir d'accepter, d'accepter avec surprime, d'accepter avec des exclusions (exclusion de la couverture d'un risque) ou même de refuser d'assurer l'assuré. Ce questionnaire est confidentiel : seuls l'assuré, l'assureur et le conseiller médical en ont la connaissance. L'assuré se doit de répondre correctement au questionnaire de santé, auquel cas la garantie sera annulée et il ne sera pas indemnisé. Néanmoins si l'assuré est de bonne foi et que l'erreur a été découverte avant la survenance d'un sinistre, l'assureur peut alors demander une surprime ou de résilier le contrat.

### Impact de la sélection médicale

L'impact de la sélection médicale est double : elle réduit significativement le nombre de sinistres en comparaison à un échantillon aléatoire de la population non sélectionnée et réduit également la sinistralité sur les premières années suivant la souscription. En effet, en intégrant au portefeuille un individu en bonne santé, la probabilité de décès est plus faible dans les premières années suivant la souscription.

## 1.4 Les garanties proposées en assurance emprunteur

### 1.4.1 Décès

La garantie décès est obligatoire dans le cadre d'un contrat emprunteur. Si le décès de l'emprunteur survient, l'assureur verse à l'organisme prêteur :

- le capital restant dû au jour du décès ;
- les intérêts courus depuis l'échéance précédente jusqu'au jour du décès.

### 1.4.2 Perte Totale et Irréversible d'Autonomie

La Perte Totale et Irréversible d'Autonomie (PTIA) concerne la situation dans laquelle l'emprunteur est dans un état consolidé d'invalidité physique ou mentale qui l'empêche d'exercer une quelconque activité donnant lieu à une rémunération. L'assuré doit de plus avoir besoin de l'aide d'une tierce personne pour effectuer les activités de la vie courante. L'assureur verse alors par anticipation le montant du capital prévu en cas de décès calculé à la date de reconnaissance de la PTIA. Cette garantie est elle aussi obligatoire.

### 1.4.3 Incapacité

L'incapacité désigne l'impossibilité physique ou psychique d'exercer son activité professionnelle pendant une certaine durée. Elle peut être partielle ou totale.

- Incapacité Temporaire Totale (ITT) : Dans ce premier cas, les personnes ne peuvent exercer aucune activité pendant un certain temps. L'assureur prend en charge les échéances du prêt au prorata du nombre de jours correspondant à l'ITT. Notons qu'il existe une franchise de généralement 90 jours et que la durée maximale de prise en charge par l'assureur est de 1005 jours consécutifs.
- Incapacité Temporaire Partielle (ITP) : Dans ce second cas, l'incapacité est limitée à certaines activités. L'assureur prend alors en charge les échéances du prêt aux mêmes conditions que pour l'ITT. En cas de reprise de l'activité professionnelle à temps partiel, l'assureur indemnise sur la base d'un pourcentage de prestations dans la limite de 180 jours de prise en charge maximum.

### 1.4.4 Perte d'emploi

Cette garantie peut être proposée en option dans un contrat emprunteur. Il existe deux types de remboursements dans le cas de la perte d'emploi :

- la prise en charge définitive des mensualités par l'assureur ;
- le report des mensualités : l'assuré devra rembourser les avances au moment où il retrouvera un emploi ou à la fin du contrat.

Cette garantie ne couvre pas les périodes d'essai, les prises de préretraite, le chômage partiel, les démissions volontaires, la fin d'un contrat à durée déterminée (CDD), sauf éventuellement si celui-ci est intervenu pendant une période de chômage indemnisée. Pour pouvoir souscrire cette garantie, une déclaration de plein emploi (DPE) est nécessaire.

## 1.5 Les types de prêts

- **Crédits immobiliers** : Ils permettent l'acquisition ou la rénovation d'un logement. L'emprunteur ne peut accepter l'offre de prêt qu'à l'issue d'un délai d'acceptation de 10 jours. Ces prêts peuvent bénéficier d'aides sous certaines conditions. On distingue :
  - Les prêts classiques, amortissables, d'une durée maximum de 40 ans
  - Les prêts relais, non amortissables, dans l'attente de revente d'un bien, d'une durée maximum de 2 ans. Ils sont généralement en différé total (intérêts et capital).
  - Les prêts in fine, non amortissables, d'une durée maximum de 15 ans.
  - Les prêts 1% logement, accordés par des organismes d'aide au logement
  - Les prêts à taux zéro, réglementés par l'Etat : ils comportent des différés pouvant aller jusqu'à 17 ans
  - Les prêts en devises
- **Crédit à la consommation** : D'un montant maximum de 21 500 euros, ils sont soumis à la loi Scrivener 1 de 1978 et au code de la consommation. Leur durée moyenne est de 5 ans. L'emprunteur dispose d'un droit de rétractation de 7 jours à compter de la signature de l'offre de prêt. La réforme du crédit à la consommation, dite réforme Lagarde, qui est entrée en vigueur au second semestre 2010, modifie ces critères, afin de renforcer la protection des consommateurs. En particulier, le montant maximum passera à 75 000 euros et le délai de rétractation à 14 jours. Dans cette catégorie sont souvent classés les prêts étudiants, qui comportent un différé d'amortissement pendant la durée des études, et les prêts aux seniors. Les organismes de crédit à la consommation, tels Sofinco, Cetelem, sont les principaux acteurs de ce marché.
- **Crédit professionnel** : destinés à financer les divers investissements que sont amenées à réaliser les entreprises qui se développent (achat de matériel, campagne publicitaire,

## 1.6 Pluralité d'emprunteurs dans l'assurance de prêt

Un prêt peut être souscrit par deux individus. L'assurance couvre alors séparément chacun d'eux et les niveaux de couverture sur chacune des têtes sont déterminés lors de la souscription du contrat. Cette répartition de la couverture entre emprunteurs, appelée quotité, est souvent déterminée en fonction de la capacité de remboursement de chaque emprunteur et obéit aux règles suivantes :

- Pour un emprunteur seul, le prêteur exige une quotité égale à 100% ;
- Lorsque le crédit est réalisé par un couple d'emprunteur, tout pourcentage du capital peut être assuré, à condition que le total des deux quotités soit compris entre 100% et 200%.

La quotité s'applique à l'ensemble des garanties souscrites. Ainsi pour l'arrêt de travail, si chaque coemprunteur est couvert à hauteur de 50%, la prise en charge par l'assureur en cas d'arrêt d'un des deux emprunteurs est égale à 50% du montant de l'échéance

du prêt. En cas de décès, si chaque emprunteur est assuré à 100%, le capital restant dû est entièrement remboursé par l'assureur à la disparition d'un des deux assurés et le contrat d'assurance prend fin.

Dans la pratique, les banques préfèrent que la quotité corresponde à minima à la participation de chaque co-emprunteur au remboursement du prêt. En France, les statistiques montrent que la majorité des emprunts sont réalisés en couple (environ 83%) et que les quotités choisies sont alors majoritairement de 100% par têtes assurées (cela représente 71% des cas). Selon une étude récente, l'assurance emprunteur a évolué d'un régime « obligatoire » par dossier avec une quotité de 100% par couple à un régime « obligatoire » par emprunteur avec une quotité de 100% recommandée sur chaque tête.

## 1.7 Le remboursement anticipé

Le remboursement par anticipation d'un crédit consiste à le rembourser totalement ou partiellement avant la date de fin de contrat de prêt prévue initialement. Cependant, s'il n'existe pas de pénalité pour certains crédits à la consommation, des indemnités peuvent être demandées pour le remboursement anticipé d'un crédit immobilier.

En fait, les frais de pénalité de remboursements anticipés dépendent du type de crédit (immobilier, consommation, prêt conventionné. . .) et des clauses contractuelles. Pour un prêt à la consommation, une banque ou un établissement de crédit peut demander une indemnité de remboursement anticipé lorsque le montant du prêt est supérieur à 10 000 euros.

Pour le prêt immobilier, les prêteurs exigent dans la plupart des cas des pénalités de remboursement anticipé, ces frais ne peuvent pas dépasser les 3% du capital restant dû.

Si c'est la délégation d'assurance, c'est l'emprunteur qui informe son assureur du remboursement anticipé total de son crédit en cours, par lettre recommandée avec accusé de réception. Cependant, il doit fournir à son assureur une attestation prouvant la fin du contrat de crédit.

En cas de remboursement anticipé partiel, le contrat d'assurance emprunteur sera ajusté. Autrement dit, le montant de la prime d'assurance peut être révisé et adapté au capital restant dû et à la nouvelle situation de l'emprunteur.

## 1.8 La déclaration du risque

Si la souscription du prêt est optée pour l'assurance proposée par l'organisme de crédit, c'est à lui qu'il faudra adresser la déclaration, de préférence par lettre recommandée, pour faire fonctionner l'assurance. Il transmettra la demande d'indemnisation à l'assureur qui versera les indemnités prévues par le contrat d'assurance du prêt.

Si la souscription du prêt proposée n'est pas optée, il conviendra de s'adresser directement à l'assureur.

Quelle que soit la garantie mise en jeu, les délais de déclaration qui figurent dans le contrat d'assurance doivent être respectés. Dans le cas contraire, cela peut avoir pour conséquence la perte de l'indemnité ou le versement de l'indemnité uniquement à partir de l'envoi de la déclaration.

Si l'assureur se rend compte que la fausse déclaration est intentionnelle en prouvant la mauvaise foi de l'assuré, ce dernier pourra voir son contrat annulé rétroactivement sans qu'il puisse récupérer les cotisations déjà versées.

Il peut être tentant de minimiser voire de dissimuler certains faits dans le cadre d'une demande d'assurance de prêt, mais cette attitude peut avoir des conséquences très graves. Certains y voient un moyen de minorer le montant des primes versées pendant la durée du prêt immobilier.

Toutefois, l'annulation du contrat à l'initiative de l'assureur peut avoir des impacts financiers bien plus importants :

D'une part, si le prêt n'est pas assuré, la banque peut décider d'annuler le prêt. L'assuré doit alors se séparer de son bien sans maîtriser les conditions de la transaction (montant, délai). Il doit également trouver une solution de relogement rapidement dans le cas d'un crédit immobilier, ce qui est susceptible de lui coûter beaucoup plus cher. D'autre part, l'assuré s'expose à une amende d'un montant maximal de 375 000 euros ainsi qu'à une peine d'emprisonnement pouvant aller jusqu'à cinq ans.

## 1.9 Les acteurs de l'assurance emprunteur

### 1.9.1 L'activité du marché en quelques chiffres

Selon la Fédération Française de l'Assurance (FFA), le montant des cotisations au titre des contrats d'assurance emprunteur est de **9,1 milliards** d'euros en 2017, soit une progression de 3,7% après des progressions de 1,3% en 2016 et de 2,8% en 2015.

Ceci est largement expliqué par l'augmentation des encours de crédit immobilier avec un contexte de taux bas attractif pour les emprunteurs.

On distingue trois catégories de prêts mais les crédits immobiliers représentent **74%** des cotisations :

- **Crédits immobiliers 6,738 Milliards d'euros** de cotisations en 2017. L'adhésion de l'assuré est souvent subordonnée à une sélection médicale. Ce prêt permet l'achat (ou construction) d'une résidence principale, secondaire ou logement locatif
- **Crédit à la consommation 1,812 Milliards d'euros** : Crédits personnels, utilisables par fraction, prêts étudiants, prêts automobiles etc. . . Ils sont accordés pour financer l'achat de biens et de services
- **Crédit professionnel 533 Millions d'euros** de cotisations

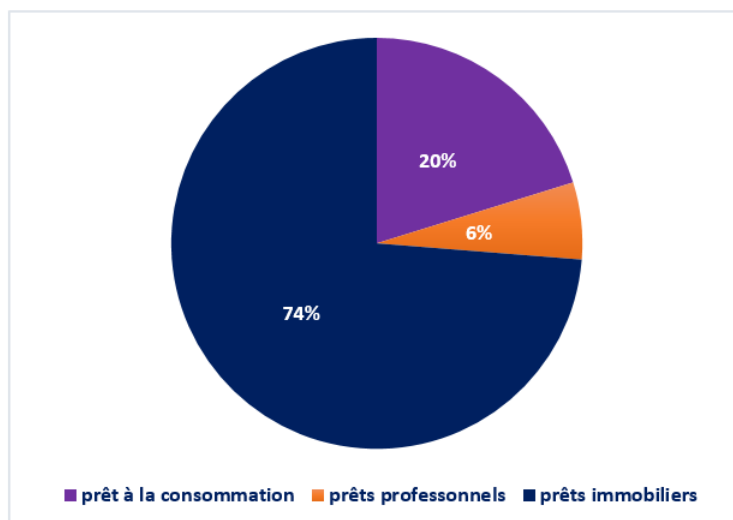


FIGURE 1.3 – Répartition des cotisations par type de prêt

En 2017, les cotisations relatives aux garanties incapacité-invalidité ont augmenté de 5 % et celles au titre des garanties décès de 4 %. Celles au titre des garanties perte d'emploi ont baissé de 3 %.

Les cotisations d'assurance emprunteur selon le type de garanties se répartissent de la façon suivante pour l'année 2017.

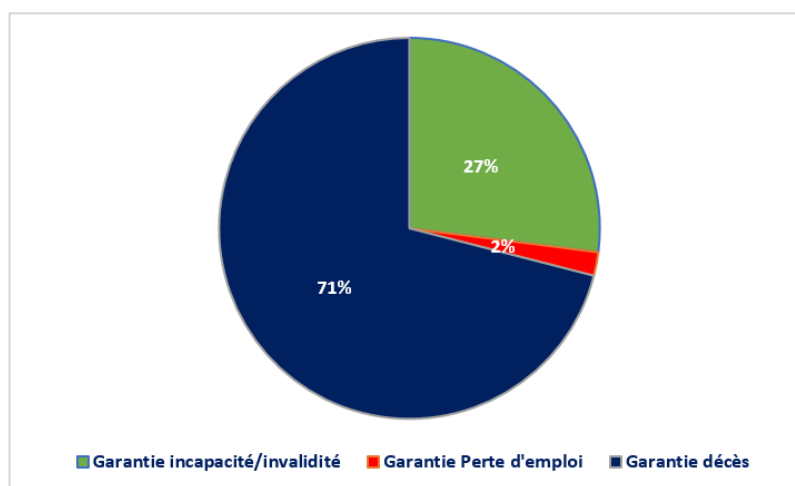


FIGURE 1.4 – Distribution des cotisations par garantie

# Chapitre 2

## Le cadre prudentiel Solvabilité 2 et les réformes en assurance emprunteur

Une compagnie d'assurance doit à tout moment être solvable, autrement dit elle doit être susceptible d'assumer à tout moment ses engagements vis-à-vis de ses assurés, quelles que soient les circonstances auxquelles elle peut être confrontée. L'importance des sommes en jeu et le rôle croissant des entreprises d'assurances dans la société ont conduit les pouvoirs publics à établir des normes permettant le contrôle de la solidité financière des différents intervenants : compagnies d'assurance, institution de prévoyance ou mutuelle.

Dans l'objectif d'harmoniser les différents systèmes de contrôle sur le plan européen, la Commission Européenne a établi un système de solvabilité commun. Il s'agissait dans un premier temps d'uniformiser les systèmes de calcul de la marge de la Solvabilité I. Puis elle a élaboré, dans le cadre de Solvabilité II, un référentiel unique afin de mieux évaluer et maîtriser le risque. Ainsi, le niveau et le contenu de la réserve de sécurité diffère profondément que l'on se place sous le régime Solvabilité I ou sous le régime Solvabilité II. Nous présentons ici de façon synthétique les exigences et les principes majeurs du régime Solvabilité II.

### 2.1 Le cadre prudentiel Solvabilité II

Dans la directive Solvabilité I consacrée à la marge de solvabilité, l'actif et le passif du bilan sont calculés en valeur historique et leur évaluation repose sur trois axes essentiels :

- **Pilier 1** : Les provisions techniques doivent être suffisantes pour assurer le règlement intégral des engagements ;
- **Pilier 2** : Les actifs en représentation de ces engagements doivent être sûrs, liquides et rentables ;
- **Pilier 3** : Les assureurs sont tenus de se doter d'un montant minimal de fonds propres formant une marge de solvabilité. Les besoins en marge de solvabilité sont calculés différemment selon que l'assureur opère en vie ou en non-vie, les assureurs mixtes étant alors contraints de cumuler les deux calculs. Ce montant minimum est complété par un fonds de garantie. Dans tous les cas, les modes de calcul sont encadrés



par la réglementation.

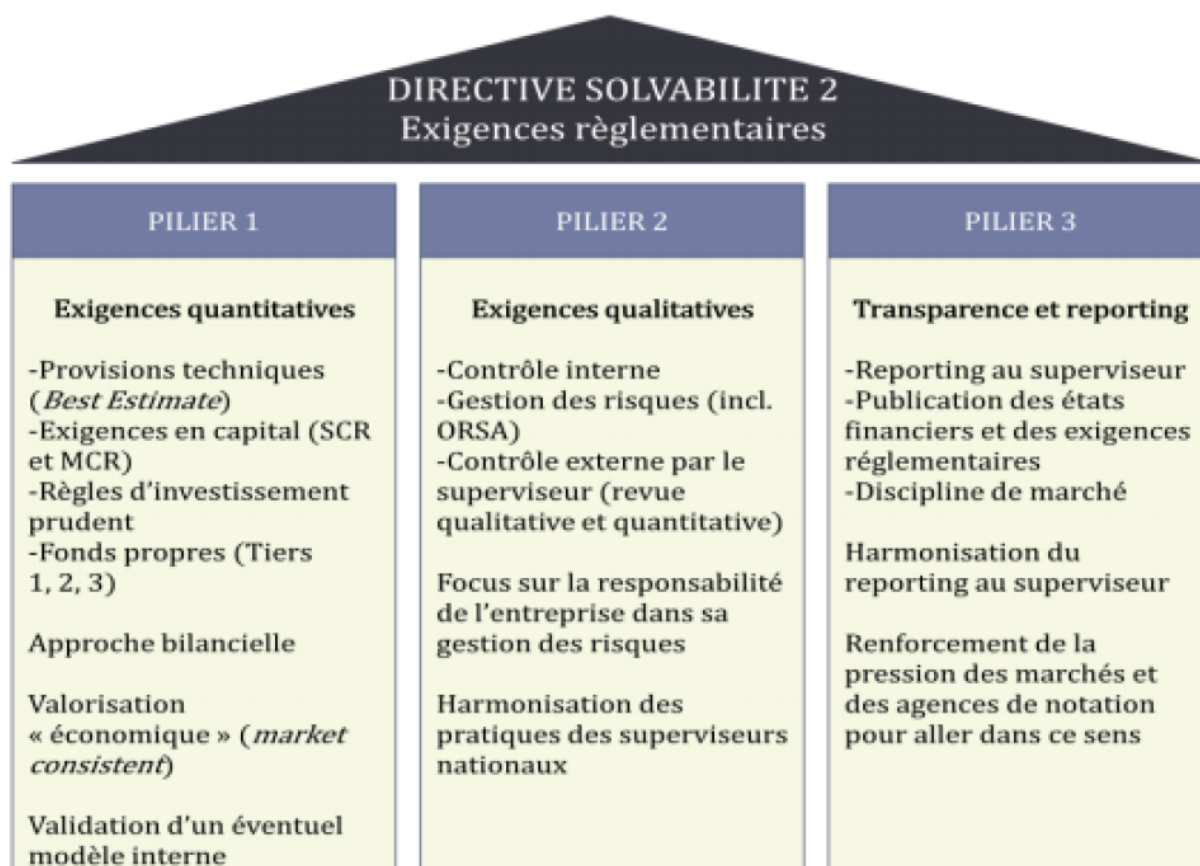


FIGURE 2.1 – La directive Solvabilité 2

### 2.1.1 Pilier 1 : les exigences quantitatives

Le premier pilier de la réforme fixe les normes quantitatives pour le calcul des provisions techniques, des exigences de solvabilité et de fonds propres. Ces exigences sont fondées sur une approche économique du bilan. Pour être en adéquation avec la réalité économique, les actifs et passifs doivent être évalués à la valeur de marché « fair value » ou « juste valeur ».

Par conséquent ce pilier définit les normes de calcul des composantes du bilan économique : valorisation de l'actif, du passif, et calcul des fonds propres, afin de les harmoniser à l'échelle européenne.

**L'actif** est valorisé en fair value, c'est-à-dire en juste valeur. La notion de juste valeur renvoie aux principes comptables anglo-saxons de donner une image en cohérence avec celle qu'ont les marchés financiers de l'actif de l'entreprise concernée.

**Le passif** (au sens restreint) est composé des fonds propres, de la marge pour risque et de la meilleure estimation.

### 2.1.2 Le capital de solvabilité requis SCR ou STEC en modèle interne

Le SCR représente le capital cible nécessaire permettant d'éviter la ruine à 99,5% sur un horizon d'un an. La charge en capital est calibrée afin que l'assureur puisse honorer ses engagements et ainsi, que la faillite ne se produise qu'une fois sur 200. Ce capital requis est évalué au moins une fois par an.

Son calcul peut être effectué par la formule standard ou par un modèle interne qui doit être soumis à l'approbation de l'autorité de contrôle prudentielle. Les organismes d'assurance ont aussi la possibilité de mettre en oeuvre un modèle interne partiel leur permettant de choisir les risques pour lesquels ils jugent la formule inadaptée.

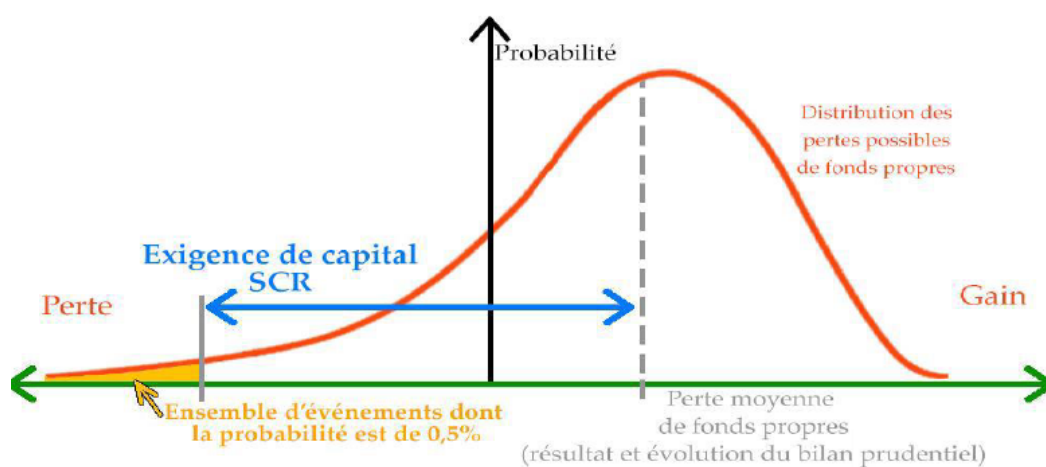


FIGURE 2.2 – Solvency Capital Requirement

$$\text{VaR}(X, \alpha) = \inf\{x / P(X \leq x) \geq \alpha\}$$

$$\text{SCR} = \text{NAV}_0 - \text{VaR}_{99,5\%} * (\text{NAV}_1) * \text{ZC}_0^1$$

- $\text{VaR}_{99,5\%}$  : La Value at Risk à 99.5% correspond à un risque de ruine à horizon 1an
- $\text{NAV}_t$  : valeur de l'actif nette à la date t
- $\text{ZC}_0^1$  : le prix à la date 0 du zéro coupon de maturité 1 an.
- **Le module Risque de Marché (Market Risk)** : Ce module correspond au risque de pertes dues aux fluctuations des instruments et produits financiers. Les sous-modules de risques pris en compte sont les suivants : le risque taux d'intérêt, le risque sur les actions, le risque portant sur les actifs immobiliers, le risque de spread, le risque monétaire, le risque de liquidité et de concentration.

- **Le module Risque de Souscription (Underwriting Risk)** : Ce module fait référence au risque spécifique des contrats d'assurance résultant notamment d'erreurs de tarification ou/et de provisionnement. Ce risque est subdivisé en trois risques : les risques Vie (Life), Non-Vie (Non-life) et Santé (Health).
- **Le module Risque de Contrepartie (Counterparty default Risk)** : Ce module concerne le risque de pertes dues au défaut d'une contrepartie.
- **Le module Risque liés aux Actifs Incorporels (Intangible Asset Risk)** : Ce module intègre le risque de marché et risque propre aux actifs incorporels. Les actifs incorporels représentent les actifs immatériels de l'entreprise.
- **Le module Risque Opérationnel (Operational Risk)** : Ce cinquième module concerne le risque de pertes dues à des erreurs de personnels, à des défaillances de systèmes ou processus internes, des évènements externes.

Le schéma ci-dessous répertorie les modules et sous-modules de risques :

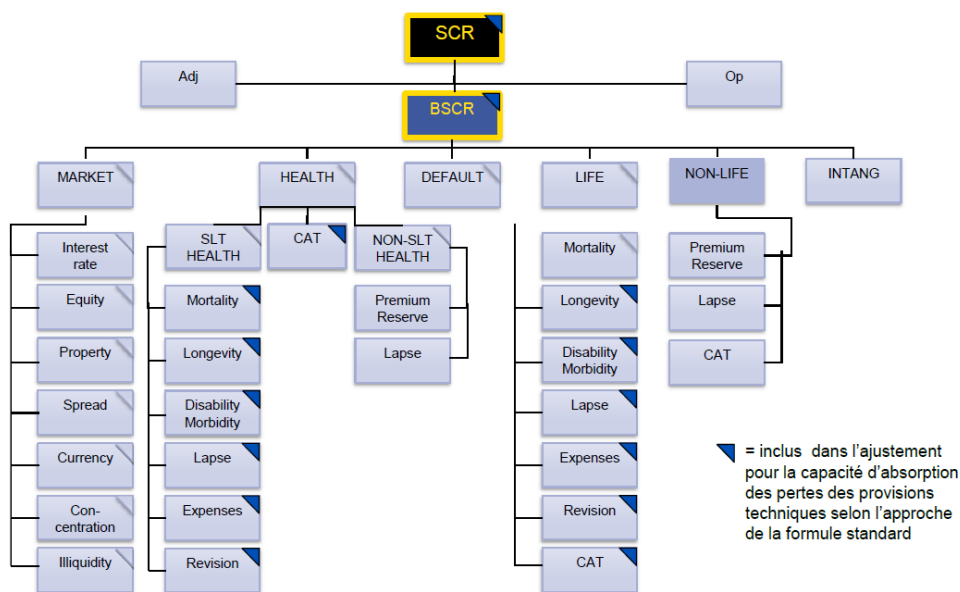


FIGURE 2.3 – Les modules et sous-modules du SCR selon la formule standard

Le calcul du SCR pour un module de risque repose sur l'agrégation des capitaux requis des sous-modules via une matrice de corrélation permettant de prendre en compte les dépendances entre les risques. Le SCR « global », capital permettant de faire face aux engagements, se définit à partir du BSCR, du SCRopérationnel et de l'ajustement comme ci-dessous :

$$\text{SCR} = \text{BSCR} + \text{SCR}_{\text{Op}} - \text{Adj}$$

- Le BSCR (« Basic Solvency Capital Requirement »), correspond au capital requis avant tout ajustement. Il se définit comme l'agrégation des charges en capital des modules de risques (hormis le risque opérationnel) à partir d'une matrice de corrélation ;
- SCRop correspond à la charge en capital pour faire face au risque opérationnel ;
- L' « Adj » est l'ajustement dû à l'effet d'absorption des risques des participations aux bénéficiaires et des impôts

### 2.1.3 Le minimum de capital requis MCR

- Le MCR correspond au seuil de fonds propres sous lequel l'entreprise d'assurance ne peut plus fonctionner normalement. Il se présente simplement comme une fonction linéaire des éléments suivants
- Les provisions techniques (PT)
- Les primes souscrites (PS)
- Le capital sous risque (CSR)
- Les impôts différés (ID)
- Les dépenses administratives (DA)

$$\text{MCR} = a\text{PT} + b\text{PS} + c\text{CSR} + d\text{ID} + e\text{DA}$$

Les paramètres a, b, c, d, e sont calibrés de façon à ce que l'entreprise puisse faire face à ses engagements à horizon d'un an avec une probabilité de 85%.

### 2.1.4 Le Best Estimate et la marge pour risque

Le best estimate correspond à l'espérance des cash-flows futurs des passifs d'assurance actualisés suivant la courbe de taux sans risque majorée du volatility adjuster (VA) diminué du credit risk adjustment (CRA).

$$\text{BestEstimate} = \text{Esp} \left( \sum_{t=0}^{\text{fin de vie des contrats}} \text{cash out flows}_t - \text{cash in flows}_t \right)$$

- Cash out flows : Ensemble des flux sortants qui englobe les prestations d'assurance et de réassurance, les frais associés au contrat, les commissions versées aux apporteurs d'affaires et les prélèvements sociaux.
- Cash in flows : Ensemble des flux entrants : les primes et les flux de réassurance en prenant en compte les probabilités de défaut des réassureurs.

### Théorie

Le best estimate des engagements est défini comme la valeur économique actuelle probable des flux futurs attendus pour une projection en run-off. Ces flux sont :

- Prestations (+) : décès, rachats totaux et partiels, arrivées à échéance
- Primes (-) et les entrées de portefeuilles (prises en compte selon les périmètres qui sont précisés par la suite)
- Frais attachés aux contrats (+) : frais d’acquisition des primes, frais d’administration, frais de gestion des sinistres
- Commissions versées aux réseaux et autres apporteurs (+) : commissions d’acquisition des primes, commissions de gestion
- Prélèvements sociaux (+)

L’actualisation est réalisée avec la courbe des taux sans risque (dérivée de la courbe des taux swaps) majorée du volatility adjuster diminué du CRA (fourni par AXA Groupe, et calibré selon la formule définie par EIOPA).

La détermination des flux futurs doit être fondée sur des informations et des hypothèses réalistes faisant appel à des méthodes actuarielles et statistiques adéquates, applicables et pertinentes. Les approches recommandées pour estimer les flux futurs sont l’approche par simulation, l’approche analytique et l’approche déterministe. Une combinaison des approches peut également être utilisée.

### Pratique

En pratique, AXA France retient une méthode indirecte pour calculer le BEL en utilisant l’équation suivante :  $BEL = VB - VIF$ .

Avec VB, la valeur boursière des actifs en représentation des provisions modélisées et la VIF est nette d’impôts car les impôts sont dans le bel.

Le modèle utilisé étant « market consistent » et les produits financiers étant attribués soit au BEL soit à la VIF, les deux méthodes BEL direct et BEL indirect sont équivalentes. Les sorties du modèle de projection permettent d’évaluer l’écart entre VB et  $VIF + BEL$  (« la fuite »). Suivant les instructions Groupe transmises fin 2015, AXA suit la méthodologie suivante d’allocation :

- L’allocation de la fuite se calcule par scénario (n) et par fond. Elle part de l’hypothèse que cette dernière est identiquement distribuée entre les scénarios.
- Par la suite, un arbre de décision est suivi afin de connaître la proportion de la fuite attribuée à la VIF ou au BEL :

Cas	Sous-cas	Ajout à la VIF	Ajout au BEL	
Fuite = VB - VIF - BEL > 0 où Fuite(n) = Fuite/N > 0	PVFP(n) > 0	Fuite(n) x (1-Tx PB)	Fuite(n) - Ajout à la VIF	
	PVFP(n) < 0	PVFP(n) + Fuite(n) > 0	-PVFP(n) + (1-Tx PB) x (PVFP(n) + Fuite(n))	Fuite(n) - Ajout à la VIF
		PVFP(n) + Fuite(n) < 0	Fuite(n)	
Fuite = VB - VIF - BEL < 0 où Fuite(n) = Fuite/N < 0		Fuite(n)		

### La MVM ou la marge pour risque

La Market Value Margin (MVM) est définie comme le montant de provisions complémentaires à ajouter aux provisions Best Estimate, calculé de telle manière que le montant total des provisions inscrites au bilan corresponde à celui qu'exigerait une tierce partie pour reprendre et honorer les engagements d'assurance et de réassurance. (Source : EIOPA TP. 5.2)

$$\text{MVM} = 6\% \cdot \sum \frac{\text{STEC}_{\text{sans VA}}(t)}{(1+tx(t))^t}$$

### 2.1.5 Bilans Solvabilité II

Les aspects quantitatifs de la directive SII sont plus adaptés à chaque organisme (liés au profil de risque de chaque organisme). La gestion des actifs est définie par le principe de la personne prudente, plus de principes et moins de règles.

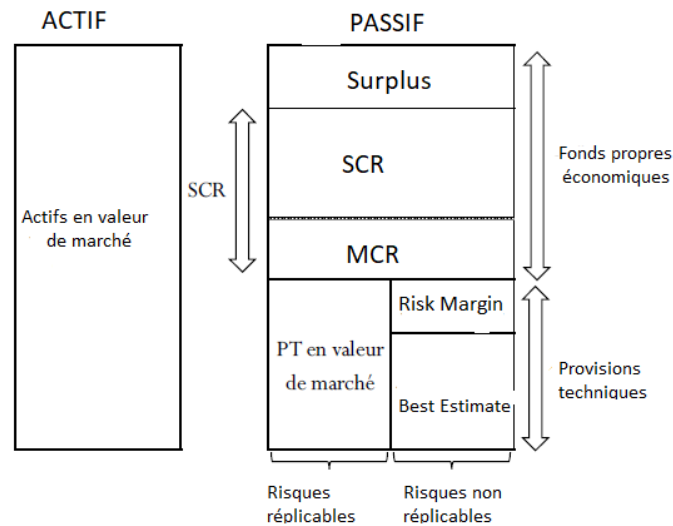


FIGURE 2.4 – Bilan Solvabilité 2 : Approche économique

## 2.2 Les réformes en assurance emprunteur

Historiquement, il était très difficile de découpler l'offre de prêt de l'assurance emprunteur car les établissements prêteurs avaient tendance à proposer systématiquement la souscription de leur propre assurance emprunteur à tout client souhaitant contracter un crédit immobilier. Beaucoup de clients, contraints par le délai limité d'obtention de l'assurance emprunteur, acceptaient naturellement cette offre.

Depuis 1986, l'article L122-1 du Code de la Consommation interdit pourtant cette pratique considérée comme une « vente liée ». Le 11 décembre 2001, la loi MURCEF (Mesures Urgentes de Réformes à Caractère Economique et Financier) venait même conforter cette interdiction en stipulant dans son article L 312-1-2 : « Est interdite la vente ou offre de vente de produits ou de prestations de services groupés, sauf lorsque les produits ou prestations de services inclus dans l'offre groupée ne peuvent être achetés individuellement, ou lorsqu'ils sont indissociables ».

Et pourtant, souscription de prêt immobilier et souscription d'assurance emprunteur sont régulièrement associées et proposées au client sous la forme d'un « package ».

Dans une volonté de promouvoir la protection et l'information de l'emprunteur, plusieurs lois et amendements ont vu le jour pour libérer progressivement le marché de l'emprunteur.

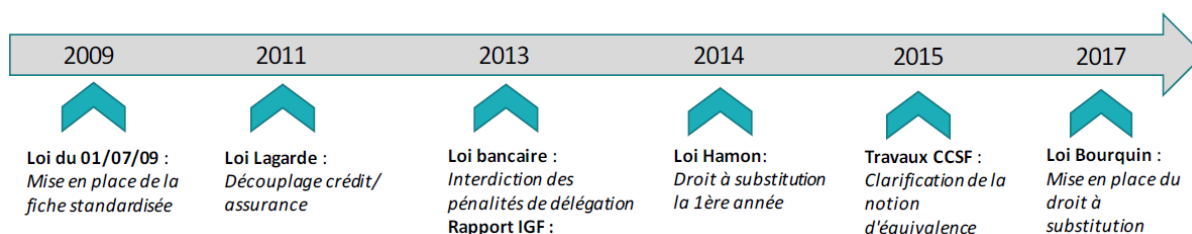


FIGURE 2.5 – Les principales lois de l'assurance emprunteur

### 2.2.1 Les conventions Belorgey et AERAS

La convention Belorgey a d'abord été mise en place en 2001 puis a été étendue en 2005. Elle était destinée à favoriser l'accès à l'assurance emprunteur pour les personnes présentant un risque aggravé de santé. En effet, l'octroi d'un prêt par une banque est soumis à certaines conditions, et un emprunteur présentant un grave problème de santé a une probabilité plus forte qu'un assuré en bonne santé de décéder. Le risque pour la banque de ne pas être remboursée peut donc être relativement élevé. De plus, les assureurs pratiquent une sélection médicale afin d'éviter d'attirer un nombre trop important de « mauvais risques » dans leur portefeuille. Dans ces conditions, un assuré en mauvaise santé avait donc peu de chances de pouvoir souscrire un emprunt.

En janvier 2006, une nouvelle convention est entrée en vigueur : la convention AERAS (s'Assurer et Emprunter avec un Risque Aggravé de Santé). Elle remplace et

complète la précédente convention Belorgey, en instaurant trois niveaux d'étude du dossier de demande de prêt pour les personnes qui présentent un risque aggravé de santé :

- le premier niveau correspond à une étude classique de la demande d'assurance par l'assureur. Ce dernier, en fonction du questionnaire médical renseigné par le demandeur d'assurance, peut accepter ou refuser d'assurer la personne. Dans ce dernier cas, c'est le second niveau d'étude qui prend le relais ;
- le deuxième niveau consiste en un examen approfondi du dossier par l'assureur, qui fait alors appel à un réassureur, afin d'évaluer au mieux le risque et de déterminer éventuellement des surprimes pour y faire face. L'assureur peut toutefois à nouveau refuser d'assurer le demandeur ;
- le troisième niveau intervient ensuite et c'est le Bureau Commun d'Assurances Collectives (BCAC) qui étudie le dossier, conjointement avec un pool d'assureurs et de réassureurs. Si la demande d'assurance est acceptée, le risque est alors partagé entre l'ensemble de ces assureurs et réassureurs.

La convention AERAS permet donc aux assurés qui présentent un risque aggravé de santé de s'assurer, moyennant des conditions particulières. Elle concerne aussi bien les prêts immobiliers que les prêts à la consommation et les prêts professionnels. D'autres règles sont également prévues par la convention AERAS, et ont trait par exemple à l'âge limite de l'emprunteur ou à la durée de l'emprunt. Un mécanisme d'écrêtement des surprimes est prévu (celles-ci pouvant représenter un coût très important), c'est-à-dire que celles dépassant de 1,5% le taux effectif global de l'emprunt sont prises en charge conjointement par les banques et les assureurs. Cette prise en charge est toutefois soumise à des conditions de ressources.

### 2.2.2 La loi LAGARDE

Lancée en septembre 2010, elle impose la possibilité de **déliasion des contrats de crédit et d'assurance emprunteur**. L'assuré est libre au moment de la souscription de choisir l'assurance de l'établissement prêteur ou une délégation d'assurance (auprès d'un autre organisme) à condition que les garanties soient égales à celles demandées par la banque.

Le principal frein pour le client reste le **temps limité** au moment de l'offre d'emprunt pour comparer les offres d'assurance sur le marché, ainsi que la complexité des démarches à effectuer. Par ailleurs, une fois l'assurance emprunteur souscrite, **il reste impossible d'en changer** en cours de vie du contrat.

### 2.2.3 La loi HAMON

Le projet de loi Hamon a été adopté par le Parlement le 13 février 2014. Cette loi permet à l'emprunteur ayant souscrit son assurance de prêt auprès de sa banque, de la **résilier pendant un an** à compter de la signature de l'offre de prêt.

Par ailleurs, la loi Hamon impose des délais de traitement de ce type de demandes :



le prêteur dispose d'un délai de dix jours ouvrés pour analyser l'acceptabilité de la demande du client et soit accepter la délégation via l'émission d'un avenant à l'offre de prêt, soit la refuser sur la base d'un retour écrit et justifié.

Enfin, la loi Hamon instaure une sanction en cas de non-respect des règles édictées, c'est-à-dire des délais de traitement ou dans des situations de refus non justifié : une amende de 3 000 euros. Notons cependant que, si cette sanction existe, l'autorité en charge de l'appliquer n'est pas définie et sa mise en oeuvre n'a aujourd'hui pas fait ses preuves.

Malgré la mise en place de ces avancées réglementaires, les taux de délégation n'ont, encore une fois, que très peu évolué. Ceci s'explique essentiellement par la mise en place par les banques de processus de traitement et d'échange avec le client particulièrement efficaces, et de dispositifs commerciaux complets.

## 2.2.4 L'amendement BOURQUIN

Depuis le 1er janvier 2018, l'**amendement Bourquin offre un droit de résiliation annuelle** de l'assurance emprunteur.

L'amendement Bourquin a pour but de donner les moyens aux consommateurs de mieux négocier le coût de leur crédit, et donc celui de l'assurance emprunteur. Cela permet aux emprunteurs de ne plus être obligés de négocier le montant de leurs cotisations d'assurance lors de la signature du crédit, et de pouvoir changer facilement de contrat si celui souscrit auprès de leur banque est trop onéreux.

Par ailleurs, beaucoup d'acteurs ont misé sur l'historique incapacité de résilier et ont mis en place des assurances emprunteur à prime constante. Or, le risque réel de l'emprunteur décroît avec le temps (le capital restant dû baisse au fur et à mesure que les mensualités du prêt sont réglées), ce qui accroît au fil du temps l'intérêt à résilier pour les assurés. En effet, le risque d'arbitrage est présent à chaque instant mais devient encore plus élevé en deuxième partie de prêt où le capital restant dû devient faible.

On peut dès lors anticiper des **arbitrages importants** de la part des assurés, probablement accrus par le buzz médiatique. **En trois mois d'application, 300 millions d'euros** de contrats d'assurance (incluant paiements futurs) ont été retirés aux banques et renégociés auprès d'autres assureurs.

**Cette libération du marché touche avant tout les assurances collectives** pour lesquelles il était impossible de résilier l'assurance au-delà de la première année et pour lesquelles l'équilibre des risques n'est plus assuré en cas de fuite des bons risques (jeunes assurés, non-fumeurs, de catégorie socioprofessionnelle moins risquée ayant pour l'heure une prime mutualisée désavantageuse).

On peut tout de même redouter une accélération des résiliations pour l'assurance emprunteur individuelle à cause du buzz médiatique (meilleure prise de conscience des clients de l'intérêt à résilier combinée au comportement plus agressif des compétiteurs)

et une dégradation, plus modérée, du business mix (même si la prime est individualisée, seuls les assurés en bonne condition pourront repasser une sélection médicale).

La libération du marché touchant davantage les assurances collectives, **on peut s'attendre à ce que l'assurance individuelle s'appuie sur cette évolution pour la transformer en une belle opportunité de croissance.**

# Chapitre 3

## Lois Biométriques et Comportementales

Dans le cadre de ce mémoire, il est primordial d'évaluer au mieux les risques portés par le portefeuille étudié. Cela implique l'utilisation des lois d'expérience pour les risques biométriques et comportementaux afin de mieux maîtriser et mesurer les risques induits par notre portefeuille.

### 3.1 Loi de maintien

La loi de maintien en dépendance est construite par Kaplan-Meier sur la base des observations du portefeuille réassuré entre 1994 et 2006, puis lissée. Elle est extrapolée aux âges extrêmes (raccordement aux tables réglementaires TGH/TGF). Ces hypothèses ont été validées en 2014, sur la base des observations supplémentaires de 2007 à 2012.

La loi de maintien est une loi en nombre par âge d'entrée en dépendance, ancienneté en dépendance et par genre.

La loi est appliquée à chaque contrat, en fonction du sexe de l'assuré, de l'âge d'entrée, et de l'ancienneté en dépendance.

Soit une population de  $n_0=N$  sinistres de durées allant de 1 à T, notons :  
 $d_t$  nombre de sorties avec durée t  
 $c_t$  nombre de censures de durée t (dossiers ouverts à la fin de période d'analyse)

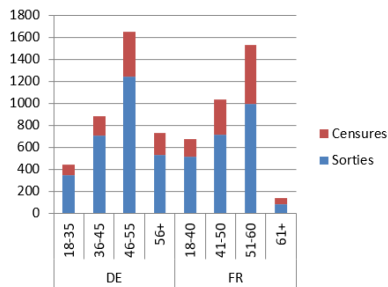
Pour tout  $t=1, \dots, T$  on calcule la loi de maintien comme suit :  
 $n_t = n_{(t-1)} - s_{(t-1)} - c_t$

$$\text{et } S_t = \begin{cases} 1 & \text{si } t=0 \\ s_{t-1} \left(1 - \frac{d_t}{n_t}\right) & \text{sinon} \end{cases}$$

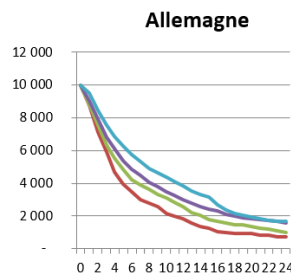
La durée de maintien en invalidité est relativement proche dans les deux pays mais un peu plus élevé en France pour les durées de 6 à 12 mois.

Durée	Sortie	Censurée	Restant	$q_x$	$s_x$
0	0	0	90	0%	100%
1	3	5	85	3.529%	96.471%
2	3	10	72	4.167%	92.451%
3	3	15	54	5.556%	87.315%
4	3	20	31	9.677%	78.865%
5	3	25	3	100%	0%

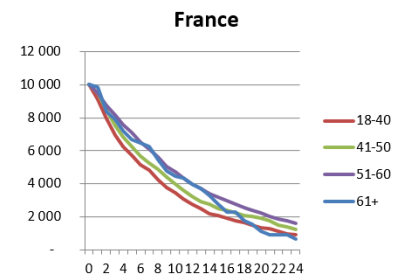
TABLE 3.1 – Exemple



(a) Nombre de censurées et de sortie en Allemagne et en France



(b) Nombre de décès en Allemagne par tranche d'âge



(c) Nombre de décès en France par tranche d'âge

Pour les deux pays, plus la population est âgée, plus la probabilité de maintien en perte d'emploi est élevée.

Concernant les courbes qui permettent de comparer les années de survie, nous trouvons très peu d'écart entre elles (la toute dernière année pour l'Allemagne est la seule exception).

## 3.2 Les tables de mortalités

### 3.2.1 les tables réglementaires

Les tables réglementaires comportent deux volets :

- Les tables TH et TF 00-02 pour les assurances en cas de décès ;
- Les tables avec des décalages d'âges pour les assurances en cas de vie (à l'exclusion des rentes).

Homologuées par l'arrêté du 20 décembre 2005, les tables TH et TF 00-02 ont été établies à partir des données de l'INSEE issues d'observations réalisées entre 2000 et 2002 et sont applicables aux contrats d'assurance vie souscrits depuis le 1er juillet 1993. La table TF décrit la mortalité féminine. La table TH est construite à partir de la population masculine.

De plus, la nécessité d'utiliser des tables de mortalité prospectives pour les rentes viagères a été prise en compte par le législateur et des tables de générations (TGH et TGF 05) ont été homologuées par un arrêté du 01/08/2006. Celles-ci ont été obtenues sur base de la mortalité de la population des bénéficiaires de contrats de rentes observée sur la période 1993-2005 et de données sur la population générale (INSEE) de

1962 à 2000. Ces tables servent depuis le 1er janvier 2007 à la tarification et au provisionnement des contrats de rentes viagères immédiates ou différées. Elles imposent un tarif minimal.

### 3.2.2 les tables d'expérience

Dans le cadre du suivi technique de ses produits et au regard de l'article A. 132-18 du Code des assurances, un assureur peut souhaiter utiliser des tables de mortalité d'expérience en lieu et place des tables officiellement en vigueur pour justifier du niveau de la prime pure dans les contrats qu'il couvre et du niveau de provisionnement des engagements dans les comptes sociaux. Il apparaît en effet opportun, dans ce cadre, de cerner au mieux tout « comportement » de la population assurée qui serait significativement différent des tables réglementaires.

La procédure d'agrément des actuaires indépendants habilités à certifier et à suivre les tables de mortalité (et les lois de maintien en incapacité de travail et en invalidité) est définie par l'Institut des Actuaires, après avis de la Commission de Contrôle des assurances et de la Commission de Contrôle des mutuelles et des institutions de prévoyance :

- dans le cadre des arrêtés du 19 mars 1993 (entreprises d'assurances), du 13 octobre 1993 (mutuelles), du 21 décembre 1993 (institutions de prévoyance) concernant les lois de mortalité,
- dans le cadre de l'arrêté du 28 mars 1996 (entreprises d'assurances, mutuelles et institutions de prévoyance), concernant les lois de maintien en incapacité de travail et en invalidité.

Cette procédure comprend la mise en place d'une Commission d'Agrément indépendante et souveraine dans ses missions d'habilitation des Actuaires à certifier et à suivre les tables de mortalité et les lois de maintien en incapacité de travail et en invalidité. Elle a été approuvée par les membres de la Commission d'Agrément le 3 décembre 2002. Elle a été ratifiée par le Conseil d'administration de l'Institut des Actuaires le 11 décembre 2002 et transmise aux autorités de tutelle le 18 décembre 2002.

En pratique la mise en place, et l'autorisation d'utilisation, d'une table d'expérience comporte 3 étapes :

- La construction de la table ;
- La certification initiale ;
- Le suivi annuel destiné à assurer la pérennité du droit d'utilisation de la table.

Le rapport final de certification doit s'assurer que la table permet la « constitution de provisions suffisantes et prudentes ». Ce document doit en particulier :

- « valider les données utilisées et leurs sources, qu'elles soient internes ou externes à l'entreprise ;
- vérifier les hypothèses de travail et les modalités utilisées pour construire les tables de mortalité ou les lois de maintien en incapacité de travail ou en invalidité ;
- s'assurer que les principes de prudence communément admis ont été respectés ; eu égard aux risques induits (en particulier stabilité des tables ou des lois de maintien) ;
- définir précisément les conditions d'application et de validité des éléments certifiés, les statistiques ou tableaux de bord à préparer périodiquement par l'entreprise pour

permettre le suivi des résultats d'expérience. »

Le suivi doit être annuel. En l'absence de suivi, la validité des tables (et des lois de maintien) cesse deux ans après leur certification. La validité des tables de mortalité est limitée à cinq ans (celle des lois de maintien en incapacité et en invalidité à quatre ans).

Le point important que l'on peut retenir est que la certification ne concerne pas une table dans l'absolu, mais une table utilisée pour un contrat ou un groupe de contrats particuliers, au regard notamment du risque induit par le contrat considéré.

### 3.3 Loi de Mortalité

Les assurés des portefeuilles d'assurance emprunteur présentent en général une mortalité nettement plus faible que celle issue des tables réglementaires, principalement pour deux raisons :

- Les assurés sont des actifs en bonne santé du fait de la sélection médicale réalisée en amont ;
- Du fait de leurs catégories socioprofessionnelles qui leurs permettent d'accéder à l'emprunt, ils présentent une meilleure espérance de vie.

La loi de mortalité des autonomes correspond à un abattement de 30% des tables réglementaire TH00-02 et TF00-02, déterminé en positionnement les taux bruts issus de l'expérience. Les taux bruts sont construits par Kaplan-Meier sur la base des observations du portefeuille réassuré entre 1994 et 2006.

La loi de mortalité des autonomes est une loi en nombre par âge atteint et par genre. La loi est appliquée à chaque contrat, en fonction du sexe et de l'âge de l'assuré.

**La mortalité des femmes étant plus faible que celle des hommes, du fait de la sélection médicale c'est la table TF 00-02 avec un abattement de 30% que nous utiliserons dans le cadre de la tarification du décès car elle fournit un tarif plus prudent.**

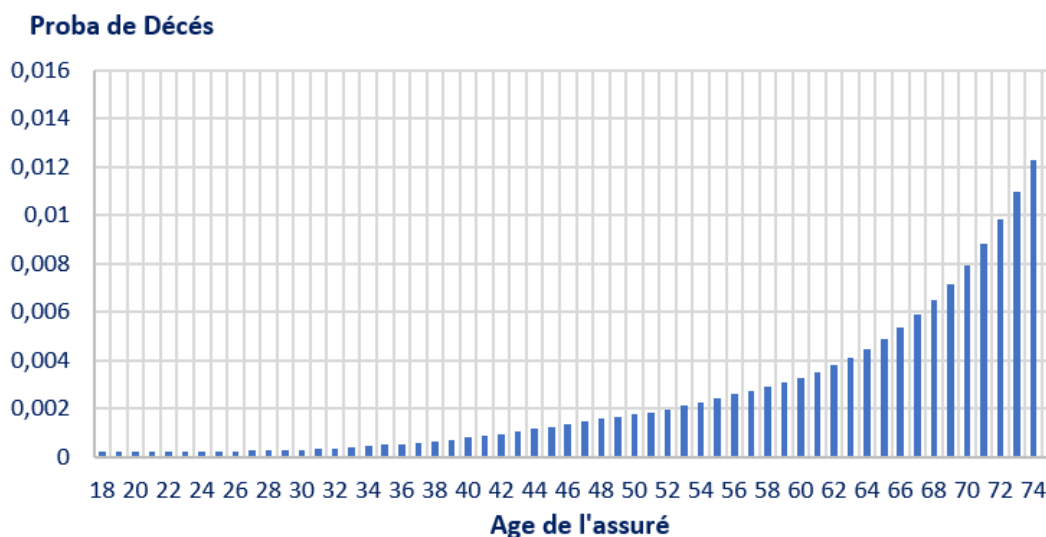


FIGURE 3.1 – Probabilité de décéder avec la table TF00-02 abattu à 30%

### 3.4 Loi d'incidence

La loi d'incapacité temporaire est construite par Kaplan-Meier sur la base des observations du portefeuille réassuré entre 2000 et 2014, puis lissée. Elle est extrapolée au-delà aux âges extrêmes (extrapolation cubique). Les observations sur la période antérieure à 2000 n'ont pas été retenues ; la gestion des demandes de sinistres y étant trop généreuse (état de dépendance réelle plus faible que celui prévu contractuellement).

La loi intègre par ailleurs une prudence de 3% visant à prendre en compte l'allègement de la sélection médicale.

La loi d'incidence est une loi en nombre par âge atteint et par genre.

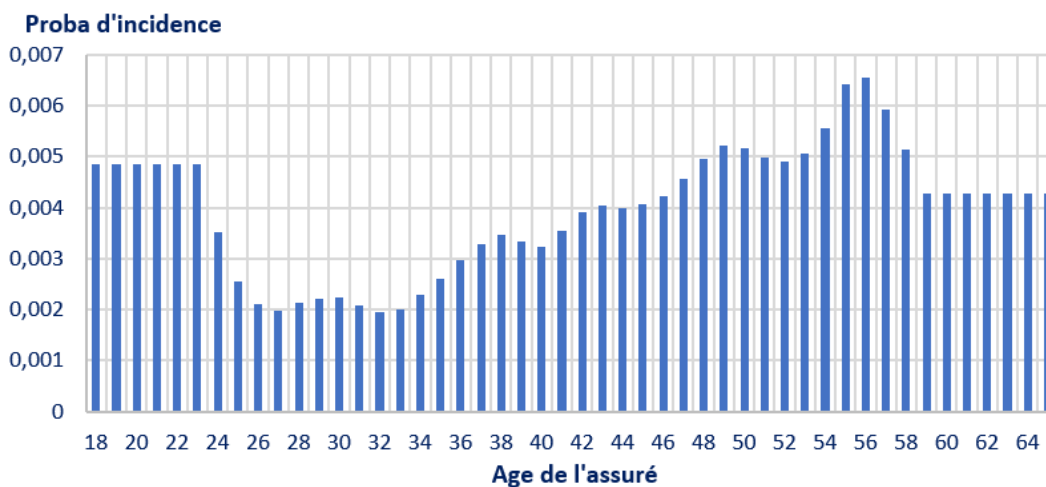


FIGURE 3.2 – Probabilité de tomber en incapacité temporaire en fonction de l'âge

### 3.5 Lois de résiliations et de sorties

Les lois de résiliations et de sorties utilisées pour la modélisation tête par tête ont été calibrées en utilisant les lois de résiliations du quatrième trimestre (Q4) 2018 (construit sur l'historique) fournies par la Direction Technique d'AXA France, auxquelles on enlève le  $Q_x$  moyen sur le portefeuille Crédit Foncier de France (A) calculé avec un âge moyen. En effet, la loi de résiliation prend déjà en compte la loi de sortie liée au décès, nous évitons ainsi de double-compter le décès dans le but d'avoir une loi de rachat propre pour le modèle tête par tête.

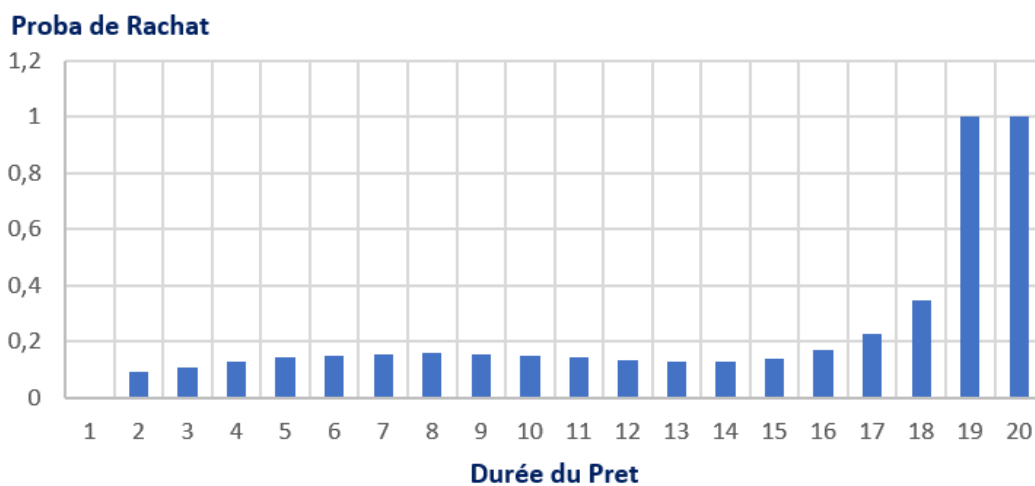


FIGURE 3.3 – Probabilité de rachats des contrats en fonction de la durée du prêt



# Chapitre 4

## La tarification en assurance emprunteur

Dans ce chapitre, nous étudions le calcul des tableaux d'amortissement qui seront implémentés dans notre modèle interne, SUNRISE. Pour un contrat d'assurance emprunteur, le tableau d'amortissement permet de connaître les flux de capitaux garantis en cas de survenance d'un sinistre. Les garanties varient d'un contrat à un autre mais le plus souvent l'assureur verse le capital restant dû à l'établissement de credit, ainsi que les intérêts courus en cas de décès de l'assuré.

### 4.1 Tableau d'amortissement de la dette

Lorsque l'on souhaite réaliser un emprunt auprès d'un établissement de crédit, il est nécessaire de souscrire une assurance emprunteur pour garantir cet emprunt. C'est une sécurité pour l'assuré et sa famille, c'en est une aussi pour l'organisme de crédit. Elle prévoit le remboursement du capital restant dû ou des mensualités en cas de sinistre.

Le risque décroît avec deux phénomènes opposés :

1. **Le nombre des sinistres augmente avec l'âge de l'assuré ;**
2. **Les prestations décroissent grâce à la diminution progressive du capital restant dû (CRD) au fur et à mesure que l'assuré paie ses mensualités.**

Nous définissons les notations suivantes :

- Capital emprunté  $V_0$
- durée  $N$
- au taux d'intérêt  $i$
- Capital amorti à chaque échéance  $r$
- Intérêts à chaque échéance  $I_p = V_{p-1} * i$
- échéance totale  $a_p = I_p + r$
- $d$  = période différée

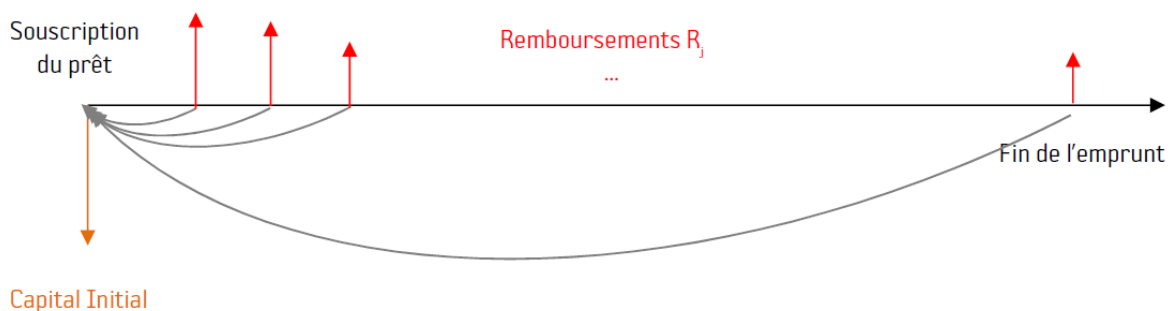
### 4.1.1 Prêt Classique

Dans certains cas, l'emprunteur peut avoir besoin de moduler ses remboursements. Le contrat de prêt peut alors prévoir que pendant un certain temps, l'emprunteur suspendra ses remboursements ou les effectuera de façon spécifique. On rencontre deux types de différé :

- Le différé est un différé total, si aucun versement n'est effectué durant la période de différé, dans ce cas les intérêts continuant à courir, ils viendront s'ajouter au capital restant dû.
- Le différé est un différé partiel ou d'amortissement, si seuls les intérêts sont payés durant la période de différé. Dans ce cas les intérêts dus étant payés, le capital restant dû n'est pas modifié. Dans chacun de ces cas le coût de l'emprunt est surenchérit par rapport à un emprunt à annuité constante sans différé.

#### Prêt amortissable sans différé

Dans ce cas c'est l'annuité qui est constante, les intérêts sont calculés sur le capital restant dû avant chaque annuité et l'amortissement du capital est la différence entre l'annuité et les intérêts sur le capital restant dû.



Le remboursement constant a comprend : une part  $r$  d'amortissement de capital et une part  $I$  d'intérêt sur le capital restant dû

$$a = V_0 \times \frac{i}{\left[1 - \frac{1}{(1+i)^n}\right]} \quad \boxed{r_p = r_1 \times (1+i)^{p-1}}$$

Nous venons de calculer l'amortissement  $r_j$  à chaque versement, posons nous la question maintenant du montant remboursé cumulé  $R_p$  après le  $p^{ieme}$  paiement.

$$\boxed{R_p = V_0 \times \left[ \frac{(1+i)^p - 1}{(1+i)^n - 1} \right]}$$

Le capital restant dû en p est le montant du principal encore à rembourser à la période p. C'est le capital initial diminué des amortissements, on peut le calculer en actualisant les annuités restantes.

$$V_p = \frac{a}{(1+i)} + \frac{a}{(1+i)^2} + \frac{a}{(1+i)^3} + \dots + \frac{a}{(1+i)^{n-p}} \quad \boxed{V_p = \frac{a}{i} \times \left[ 1 - \frac{1}{(1+i)^{n-p}} \right]}$$

Les intérêts  $I_p$  payer au  $p^{ieme}$  remboursement sont :

$$\boxed{I_p = a \times \left[ 1 - \frac{1}{(1+i)^{n-(p-1)}} \right]}$$

Période	Annuité $a$	Intérêts de la période	Amortissement Capital remboursé	Capital restant dû
0				$V_0$
1	$a$	$I_1 = V_0 \times i$	$r_1 = a - I_1$	$V_1 = V_0 - r_1$
2	$a$	$I_2 = V_1 \times i$	$r_2 = a - I_2$	$V_2 = V_1 - r_2$
P	$a$	$I_p = V_{p-1} \times i$	$r_p = a - I_p$	$V_p = V_{p-1} - r_p$
N	$a$	$I_n = V_{n-1} \times i$	$r_n = a - I_n$	0

FIGURE 4.1 – Tableau d'amortissement classique

### Application

Soit un emprunt de montant  $V_0 = 100\ 000$  au taux d'intérêts  $i = 5\%$  pour une durée de 10 ans, paiement annuel.

Echéance	Total échéance	Intérêts	Capital remboursé	Capital restant dû
		5%		100 000.00 €
1	12 950.46 €	5 000.00 €	7 950.46 €	92 049.54 €
2	12 950.46 €	4 602.48 €	8 347.98 €	83 701.56 €
3	12 950.46 €	4 185.08 €	8 765.38 €	74 936.18 €
4	12 950.46 €	3 746.81 €	9 203.65 €	65 732.53 €
5	12 950.46 €	3 286.63 €	9 663.83 €	56 068.70 €
6	12 950.46 €	2 803.44 €	10 147.02 €	45 921.68 €
7	12 950.46 €	2 296.08 €	10 654.37 €	35 267.31 €
8	12 950.46 €	1 763.37 €	11 187.09 €	24 080.22 €
9	12 950.46 €	1 204.01 €	11 746.45 €	12 333.77 €
10	12 950.46 €	616.69 €	12 333.77 €	0.00 €
Total	129 504.57 €	29 504.57 €	100 000.00 €	

FIGURE 4.2 – Exemple d'application

### Prêt amortissable avec différé total

Durant les  $d$  premières périodes il n'y a aucun paiement. Pour autant les intérêts sur le capital emprunté courent.

$$a_{at} = V_0 \times i \times \frac{(1+i)^n}{(1+i)^{n-d} - 1}$$

$$I_{d+j} = V_0(1+i)^d \times i \left[ \frac{(1+i)^{n-d} - (1+i)^{j-1}}{(1+i)^{n-d} - 1} \right]$$

L'intérêt n'étant pas honoré il vient s'ajouter au capital emprunté, le capital restant dû à la fin de la première période est :

Pour  $t \in [1, d]$

$$V_t = V_0(1+i)^t$$

pour  $t \in [d+1, n]$  en prenant  $t = d+j$  avec  $j \in [1, n-d]$

$$\sum_{j=1}^{n-d} (1+i)^{j-1} = \frac{(1+i)^j - 1}{i}$$

$$V_{d+j} = V_0(1+i)^d \left[ \frac{(1+i)^{n-d} - (1+i)^j}{(1+i)^{n-d} - 1} \right]$$

**Prêt amortissable avec différé partiel**

Les intérêts sont payés durant le différé, l'amortissement  $a_{da}$  ne commence qu'à la période  $d+1$ .

avec  $j=1$   $I_{d+1} = V_0 \times i$

avec  $j \in ]1, n-d]$

$$I_{d+j} = \left[ V_0(1+i)^{j-2} \left[ 1 - \frac{i}{(1+i)^{n-d} - 1} \right] - V_0 \frac{(1+i)^{n-d}}{(1+i)^{n-d} - 1} \times ((1+i)^{j-2} - 1) \right] \times i$$

Nous retrouvons la valeur de l'annuité constante sur  $(n-d)$  périodes, l'intérêt étant payé pendant la période de différé, l'annuité ce calcul à partir de  $V_0$  pour une durée  $(n-d)$ .

$$a_{da} = \frac{V_0 \times i}{1 - \frac{1}{(1+i)^{n-d}}}$$

Nous retrouvons la formule du capital restant dû :

$$V_{d+1} = V_0 \left[ 1 - \frac{i}{(1+i)^{n-d} - 1} \right]$$

$$V_{d+2} = V_0(1+i) \left[ 1 - \frac{i}{(1+i)^{n-d} - 1} \right] - V_0 \times i \frac{(1+i)^{n-d}}{(1+i)^{n-d} - 1}$$

$$V_{d+3} = V_0(1+i)^2 \left[ 1 - \frac{i}{(1+i)^{n-d} - 1} \right] - V_0 \times i \frac{(1+i)^{n-d}}{(1+i)^{n-d} - 1} \times \frac{(1+i)^2 - 1}{i}$$

avec  $j \in [1, n-d]$

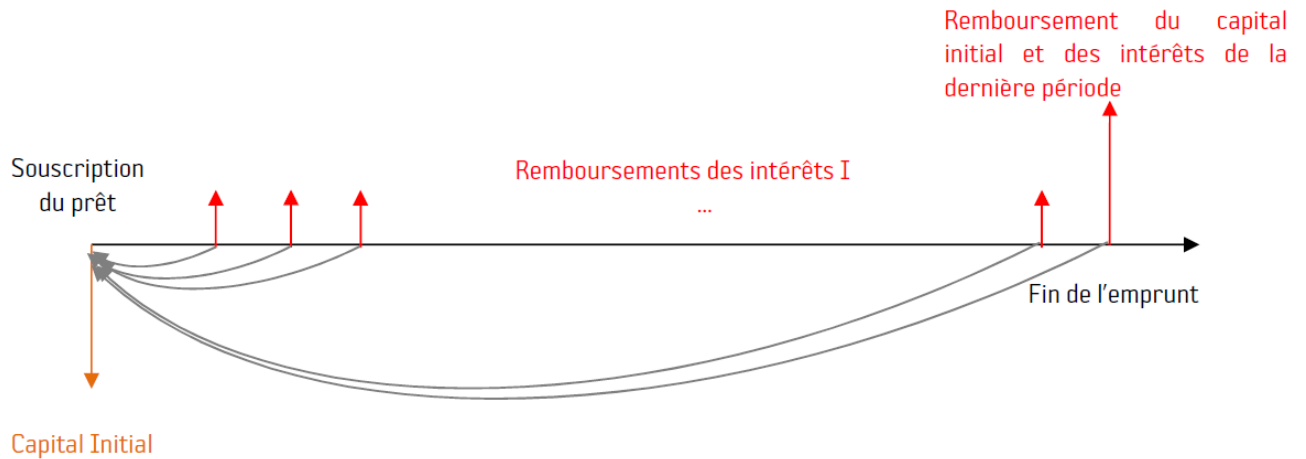
$$V_{d+j} = V_0(1+i)^{j-1} \left[ 1 - \frac{i}{(1+i)^{n-d} - 1} \right] - V_0 \frac{(1+i)^{n-d}}{(1+i)^{n-d} - 1} \times ((1+i)^{j-1} - 1)$$

Comme on pouvait s'y attendre le coût du crédit avec différé, même partiel, est plus élevé que le coût du crédit avec annuités constantes, du fait du non amortissement du capital pendant le différé les intérêts payés ne diminuent pas avec les amortissements.

### 4.1.2 Prêt non amortissable : Prêt In fine

L'amortissement in fine consiste à rembourser le capital en une seule fois à l'échéance du prêt.

Les intérêts peuvent être payés périodiquement ou à l'échéance. Ce type de prêt s'applique sur des durées courtes et les intérêts sont calculés selon la méthode des intérêts simples.



- Capital emprunté  $V_0$
- durée  $n$
- au taux d'intérêt  $i$
- Capital amorti à chaque échéance pour  $j < n$   $r_j = 0$
- Intérêts à chaque échéance  $I_p = V_0 \times i$
- Total échéance  $a_{j < n} = I_p$  et  $a_n = I_p + V_0$

Période	Annuité $a_t$	Intérêts de la période	Amortissement Capital remboursé	Capital restant dû
0				$V_0$
1	$a_1 = I_p$	$I_1 = V_0 \times i$	$r_1 = 0$	$V_0$
2	$a_2 = I_p$	$I_2 = V_0 \times i$	$r_2 = 0$	$V_0$
P	$a_p = I_p$	$I_p = V_0 \times i$	$r_p = 0$	$V_0$
N	$a_n = I_n + V_0$	$I_n = V_0 \times i$	$r_n = V_0$	0

### 4.1.3 Prêt avec option de leasing

Le leasing consiste en un crédit à la consommation, destiné à l'acquisition (temporaire ou non) d'un bien. Cette hypothèse intervient lorsque vous n'êtes pas certain de vouloir conserver le bien à l'issue de l'échéance : dès lors, vous restituerez le bien. En revanche, si vous désirez garder le bien, il vous suffira de lever l'option d'achat. L'achat peut même, dans certaines conditions, être réalisé en cours de location.

Dans le cadre du crédit-bail, l'établissement de crédit qui fait l'acquisition du bien pour le compte de l'emprunteur, puis le prête. L'emprunteur doit alors verser un loyer mensuel pendant la durée du leasing. A l'issue, il faudra décider de conserver ou non l'objet de l'achat.

Un certain pourcentage du prêt n'est pas payé par mensualités, mais par un paiement forfaitaire à la fin de la durée du prêt.

Le solde impayé l'instant  $t=0$  diminue du montant de l'acompte :

$$\Leftrightarrow V_0 = \text{Capital initial} - \text{Acompte}$$

$$\Leftrightarrow V_T = \text{Capital initial} \times (1 - \text{Call option \%})$$

Calcul de la valeur actuelle au temps 0 ( $PV_0$ )

$$PV_0 = \text{Capital initial} - \text{Acompte} - PV \text{ of call Option}$$

$$PV_0 = \text{Capital initial} - \text{Acompte} - \text{Capital initial} \times \frac{\text{Call Option \%}}{(1+r)^T}$$

$$PV_0 = \text{Capital initial} \times \left(1 - \frac{\text{Call Option \%}}{(1+r)^T}\right) - \text{Acompte}$$

Ensuite la valeur actuelle est amortie :

$$PV_0 = \sum_{i=1}^T \frac{E}{(1+r)^i}$$

$$E = \frac{PV_0 \times r}{\left(1 - \frac{1}{(1+r)^T}\right)}$$

La fonction de leasing :

- Ne fonctionne pas avec le type de prêt : In Fine
- Ne fonctionne avec aucun type de report
- Ne fonctionne pas avec un taux d'intérêt variable
- Ne fonctionne pas avec un remboursement progressif

- Ne fonctionne pas avec un prêt à taux zéro (PTZ)

#### 4.1.4 Prêt avec amortissement croissant

Dans ce type de prêt, les annuités augmentent progressivement.

- L'utilisateur peut choisir le report du capital, le report du capital et des intérêts ou aucun report ;
- Ne peut pas utiliser la fonction de location d'options d'achat ;
- Un taux d'intérêt variable est possible.

$$V_t = 0 \text{ pour } t \leq d \text{ si différé total} \\ = I_t \text{ pour tout } t \leq d \text{ si différé partiel}$$

Pour tout  $t > d$ ,

$$V_{t-1} = \sum_{i=t}^T \frac{a_i \times (1+g)^{i-t}}{(1+r_t)^{i-t+1}}$$

On remplace par  $j = \frac{(1+g)}{(1+r_t)}$ , alors on :

$$V_{t-1} = a_t \times \frac{1 - j^{T-t+1}}{r_t - g}$$

On peut déduire la formule suivante :

$$a_t = \frac{OB_{t-1} \times (r_t - g)}{1 - \left(\frac{1+g}{1+r_t}\right)^{T-t+1}}$$

où  $g$  représente le taux de croissance de l'amortissement.



## 4.2 Concepts de base sur la prime

Nous distinguons deux articles importants :

### Article A. 132-1 du Code des Assurances :

« Les tarifs pratiqués par les entreprises pratiquant des opérations mentionnées au 1° de l'article L 310-1, [...] doivent être établis d'après un taux au plus égal à 75 % du taux moyen des emprunts de l'État français calculé sur une base semestrielle sans pouvoir dépasser, au-delà de huit ans, le plus bas des deux taux suivants : 3,5 % ou 60 % du taux moyen indiqué ci-dessus.

Pour les contrats à primes périodiques ou à capital variable, quelle que soit leur durée, ce taux ne peut excéder le plus bas des deux taux suivants : 3,5 % ou 60 % du taux moyen indiqué ci-dessus.[...] »

### Article A. 335-1 du Code des Assurances :

« Les tarifs pratiqués par les entreprises d'assurance sur la vie et de capitalisation comprennent la rémunération de l'entreprise et sont établis d'après les éléments suivants :

- Un taux d'intérêt technique fixé dans les conditions prévues à l'article A. 132-1.
- Une des tables suivantes :
  - a) Tables homologuées par arrêté du ministre de l'économie et des finances, établies par sexe, sur la base de populations d'assurés pour les contrats de rente viagère, et sur la base de données publiées par l'Institut national de la statistique et des études économiques pour les autres contrats ; Tarification en Assurance Emprunteur : Création de tables de mortalité d'expérience après segmentation d'un portefeuille de prêts personnels par scoring.
  - b) Tables établies ou non par sexe par l'entreprise d'assurance et certifiées par un actuaire indépendant de cette entreprise, agréé à cet effet par l'une des associations d'actuaire reconnues par l'autorité mentionnée à l'article L. 310-12. ».

### 4.2.1 Le taux d'intérêt technique

Il correspond au rendement financier minimum sur lequel s'engage l'assureur pour un contrat portant sur la vie. Il sert aux calculs des engagements de l'assureur envers les assurés et à la tarification des contrats.

Son calcul et son utilisation varie au regard de la durée des engagements et du type de contrat regardé :

Type de contrat	Conditions
Contrats à primes uniques	Avant 8 ans $\leq 75\%$ TME
	Après 8 ans $\leq \min(60\% \text{ TME} ; 3,5\%)$
Contrats à primes périodiques ou à capital variable	$\leq \min(60\% \text{ TME} ; 3,5\%)$

Dans le modèle interne, on prend un taux technique égal à 60%TME.

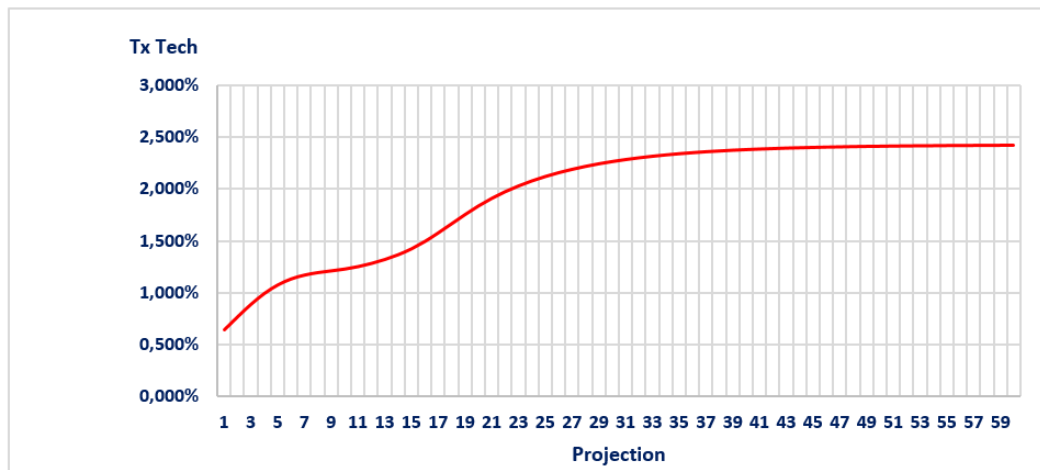


FIGURE 4.3 – Evolution du taux technique : 60%TME

#### 4.2.2 Relation entre la prime pure et la prime commerciale

Dans le cas d'un contrat d'assurance emprunteur, l'emprunteur s'engage à verser une prime d'assurance en contrepartie du remboursement du capital restant dû ou des échéances de prêt en cas de réalisation du risque garanti.

La méthode de tarification utilisée est généralement celle qui est appliquée lors de la tarification d'un produit d'assurance vie. Et, dans ce cadre, le **code des Assurances (Article A. 132-1 et A. 335-1)** impose, entre autres, d'appliquer la méthode d'égalisation des engagements de l'assuré et de l'assureur pour obtenir le taux de prime technique et ainsi en déduire la cotisation que paiera l'assuré.

La prime pure correspond au coût du risque seul. Le montant de la prime pure est déterminé par le principe d'équivalence suivant :

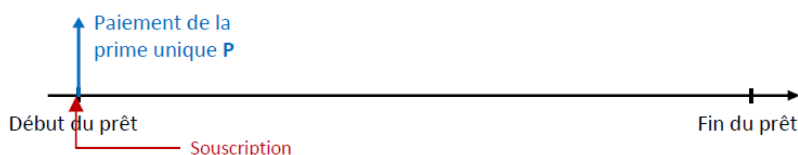
$$VAP_{Assureur}(0) = VAP_{Assuré}(0)$$

La prime commerciale correspond aux prestations payées à l'assuré en cas de sinistre auxquelles on ajoute des chargements et la rémunération de la banque partenaire.

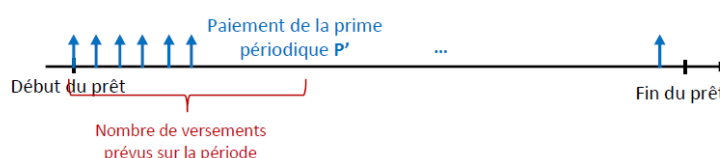
$$prime_{commerciale} = \frac{Prime_{pure}}{(1 - chargements)}$$

### 4.2.3 Relation entre la prime unique et le prime périodique

• La **prime unique** correspondant le paiement de l'assurance est effectué en un seul versement au moment de la souscription du prêt.



• La **prime périodique** correspondant à un paiement fractionné sur l'année avec des échéances de versement bien définies; elle peut être semestrielle, mensuelle ou trimestrielle. Le schéma suivant en illustre le principe :



On exprime le lien entre la prime pure unique et la prime pure annuelle avec la formule suivante :

$$P = P^a \times \sum_{l=0}^{N-1} \frac{1}{(1+i)^l} = P^a \times \ddot{a}$$

Où :

- $P$ , la prime unique annuelle du contrat ;
- $P^a$ , la prime pure annuelle du contrat ;
- $P^{frac}$ , la prime pure périodique ou fractionnée du contrat ;
- $N$  représente la durée du prêt en année ;
- $k$  le nombre de périodes ou fractions ;
- $i$  le taux technique annuel ;
- $\ddot{a}$  est la somme des facteurs d'actualisation.

$$P^a \times \ddot{a} = P^{frac} \times \sum_{j=0}^{N \times k - 1} \frac{1}{((1+i)^{\frac{1}{k}})^j} = P^{frac} \times \ddot{a}^{(k)}$$

# Chapitre 5

## Les différents types de provisions et les principaux indicateurs de rentabilité

### 5.1 Les différents types de provisions

#### 5.1.1 Les provisions mathématiques : PM

Les provisions mathématiques correspondent à une charge de sinistre connue, imputable à l'assureur, mais dont le paiement se fera postérieurement. La PM est la valeur actuelle des engagements futurs de l'assureur. Les provisions mathématiques des droits individualisés sont calculées tête par tête selon les règles, formules et paramètres des notes techniques des contrats.

La PM évolue selon les hypothèses de sinistres sur primes et de cadence de règlement des sinistres. Les dotations et reprises de PM modélisées sont des éléments constitutifs de la marge technique.

#### 5.1.2 les provisions pour risque croissant : PRC

La provision pour risque croissant permet, dans le cadre des contrats à tarification à prime constante quel que soit l'âge ou décroissante, de faire face à l'évolution des risques qui croissent avec l'âge (article R. 331-6 5° du code des assurances). La provision pour risques croissants est égale à la différence des valeurs actuelles des engagements respectivement pris par l'assureur et les assurés.

#### 5.1.3 Les provisions pour sinistres à payer : PSAP

D'après le code des assurances, il s'agit de la valeur estimative des dépenses nécessaires au règlement de tous les sinistres survenus et non payés. Autrement dit, la PSAP est assimilée à une réserve susceptible de couvrir la différence entre les règlements déjà effectués aux bénéficiaires des contrats et l'estimation de la charge définitive du sinistre, dite charge ultime. Par exemple, des PSAP peuvent être comptabilisées lors de l'absence de certaines pièces justificatives suite à un décès. Dans ce cas, le sinistre est

bien connu mais le règlement est en attente.

#### 5.1.4 Les provisions pour primes non acquises : PPNA

La provision pour primes non acquises constate pour l'ensemble des contrats en cours, la part, calculée au prorata temporis, des primes émises et des primes restant à émettre qui se rapporte à la période comprise entre la date d'inventaire et la prochaine échéance de la prime ou à défaut le terme du contrat (article R.331-6 2° du code des assurances).

Autrement dit, la PPNA représente la part des primes perçues dans l'année au titre des garanties accordées pour les exercices suivants.

## 5.2 Les principaux indicateurs de rentabilité

### 5.2.1 EEV : European Embedded Value

En Vie, la valeur est l'actualisation des cash-flows futurs prévisionnels pour l'actionnaire, elle est calculée à l'aide du modèle de projection de cash flows appelé EEV :

- Projection des comptes de résultats prévisionnels annuels (en fonction des prélèvements qui seront effectués sur les contrats en portefeuille, des frais généraux et des commissions, etc. . . .)
- Calcul de la Valeur du Portefeuille (VIF)
- Calcul du BEL.

$$\mathbf{EEV = ANAV + VIF}$$

L'Embedded Value est un indicateur permettant de mesurer la valeur totale d'un portefeuille d'assurance pour l'actionnaire. Elle est la somme de :

- L'Adjusted Net Asset Value (ANAV) qui correspond à la richesse immédiatement disponible pour l'actionnaire, c'est-à-dire la valeur nette comptable des fonds propres statutaires, réévaluée des plus-values latentes revenant à l'actionnaire, nettes d'impôt.
- La Value of Inforce (VIF) : valeur actuelle des résultats futurs distribuables à l'actionnaire générés par le portefeuille de contrats de la société.

#### Risque neutre :

La valorisation est faite dans un univers « risque neutre » (les flux futurs de résultats seront actualisés au taux sans risque, c'est-à-dire que tous les actifs ont le même rendement moyen) et intègre des conditions économiques (taux d'actualisation, rendement des actifs, inflation..) entièrement basées sur la courbe des taux swap (elle intègre aujourd'hui une prime de liquidité pour prendre en compte le risque lié à la nature long terme de certains engagements).

De plus, les actifs sont tous martingales, c'est-à-dire que l'espérance du cours actualisé est égale au cours présent.

### 5.2.2 VIF : Value of Inforce

La VIF représente la valeur du portefeuille, autrement dit, la somme actualisée des résultats futurs.

La VIF est traditionnellement décomposée en 3 éléments :

- la PVFP (Present Value of Future Profits) : valeur actuelle des résultats statutaires nets d'impôts, hors prise en compte du coût d'immobilisation de la Marge de Solvabilité.
- le Coût du Capital (TCoC) : coût d'immobilisation pour l'actionnaire de la Marge de Solvabilité, mesuré par différence entre la valeur actuelle des résultats dégagés sur la MSR (Marge de Solvabilité Réglementaire) et le montant initial de la MSR.
- la Valeur Temps des Options et Garanties (TVOG) : coût des garanties financières accordées aux assurés.

### 5.2.3 STEC : Short Term Economic Capital

C'est l'équivalent du SCR calculé via le modèle interne d'AXA France. C'est l'équivalent sous Solvabilité II de la Marge de Solvabilité Réglementaire sous Solvabilité I.

Le STEC est le montant des pertes économiques qu'AXA France est susceptible d'encaisser sur une année, basé sur des risques bicentennaires, pouvant se produire au moins une fois tous les 200 ans (pertes économiques par opposition aux pertes comptables i.e. en incluant les pertes non réalisées et les pertes de profits futurs inclus dans la valeur de la compagnie).

C'est le montant de fonds propres requis pour avoir une probabilité de ruine inférieure à 0,5% (soit un rating de niveau A).

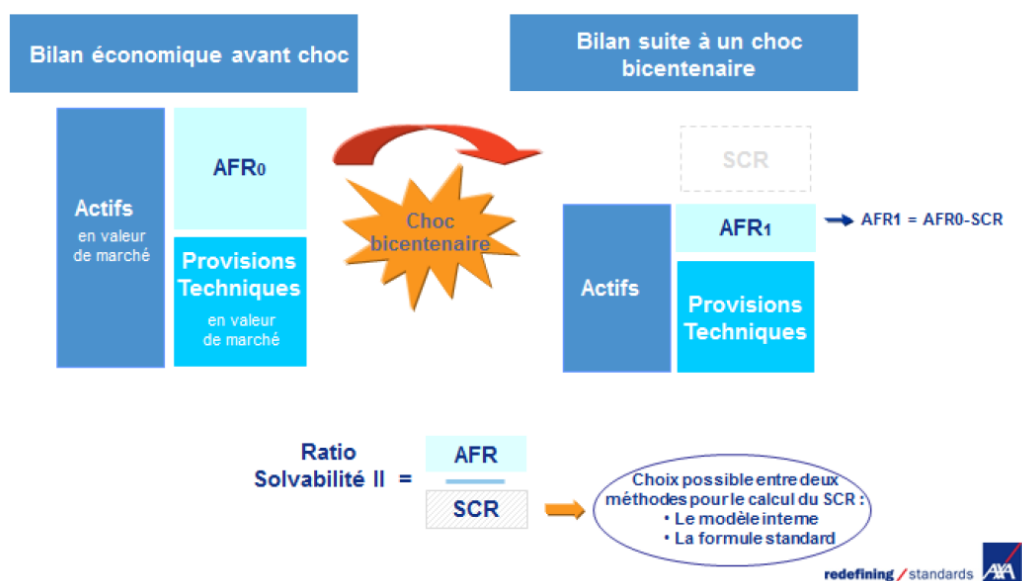


FIGURE 5.1 – Calcul du STEC

### 5.2.4 EOF : Available Financial Resources

L'EOF correspond aux capitaux disponibles sous Solvabilité II. Le ratio de solvabilité se calcule comme le rapport EOF/STEC. Il faut un taux de couverture supérieur à 100% pour ne pas être pénalisé par l'ACPR (Autorité de Contrôle Prudentiel et de Régulation).

Sous Solvabilité II le capital disponible inclut :

- les fonds propres durs ;
- les plus ou moins-values non réalisées sur la totalité des actifs ;
- les marges de prudence dans les passifs ;
- les profits d'investissement futurs ;
- les profits futurs sur la prime non acquise ;
- les profits futurs découlant des contrats assurance vie en portefeuille ;
- le tout réduit d'une marge de prudence explicite sur les passifs.

Ainsi l'EOF correspond à la valeur économique de l'entreprise. De façon générale on considère que l'EOF est proche de l'EEV (il est tout aussi sensible aux conditions financières que l'EEV).

### 5.2.5 BEL : Best Estimate Liability

Le BEL est la meilleure vision économique des engagements de l'assureur. Le calcul du BEL passe par une projection actualisée des cash-flows des passifs d'assurance. Il est calculé à partir de la projection du compte de résultats et des prestations versées aux assurés sur 60 ans, déterminée à l'aide de différentes hypothèses.

En pratique, AXA France retient une méthode indirecte pour calculer le BEL en utilisant l'équation suivante :

$$\text{BEL} = \text{VB} - \text{VIF}$$

Avec VB, la valeur boursière des actifs en représentation des provisions modélisées. Le modèle utilisé étant « market consistent » et les produits financiers étant attribués soit au BEL soit à la VIF, les deux méthodes BEL direct et BEL indirect sont équivalentes.



Deuxième partie

Modélisation



# Chapitre 6

## Exploration des données

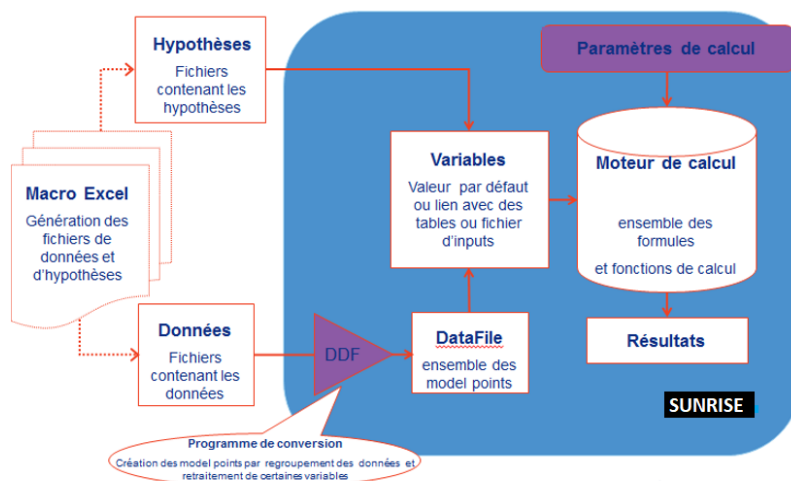
Pour respecter la confidentialité des données et des clients, nous allons changer les noms de nos portefeuille et choisir des montants arbitraires.

### 6.1 Présentation du Modèle interne : SUNRISE

SUNRISE est un logiciel de projection financière dynamique. Il est utilisé au sein d'AXA France pour modéliser l'actuariat vie ; il intègre les branches métiers de la Prévoyance Collectives.

Le schéma ci-dessous présente la structure générale du modèle qui permet, à partir de la base de données disponible :

- De construire l'ensemble des entrées du modèle en cohérence avec les assurés couverts et le contrat étudié. Ces hypothèses et paramètres sont conformes avec l'objectif Best Estimate de Solvabilité 2 ;
- De modéliser l'ensemble des flux de trésorerie futurs (primes, prestation) liés à la vie du contrat ;
- De projeter les comptes de résultats et les commissions apporteurs conformément aux dispositions financières ;
- Par la prise en compte de tous ces éléments, d'évaluer les montants de Best Estimate et de SCR.



AXA France utilise plusieurs modes de projections dans le modèle interne pour réaliser les calculs dans un environnement risque-neutre.

**Le mode ALM** permet de prendre en compte les interactions actif-passif et de capturer la valeur temps des options et garanties.

**Le mode passif seul** est utilisé pour les périmètres sans interaction avec l'actif (prévoyance et santé individuelle) et nécessitant une projection à la maille plus fine pour prendre en compte les caractéristiques du passif (périmètre des produits traditionnels).

**Une simulation en déterministe** permet de réaliser les interactions Actif/Passif, cela correspond à la meilleure estimation de la société des rendements futurs en fonction des comportements des marchés financiers à la date d'observation ainsi que des historiques observés. On parlera du scénario central.

**Une simulation stochastique** revient à effectuer la projection de différentes variables d'intérêt sur 4.000 scénarios représentant plusieurs mondes différents, sur **60 ans** (par exemple : scénario de hausse ou de baisse des taux, changement des hypothèses de mortalité, ...).

Les 4.000 scénarios sont générés de manière à simuler la volatilité des différentes classes d'actifs dont la moyenne est égale au taux sans risque. Les scénarios financiers défavorables conduisent à mesurer l'impact des garanties et des options de rachats. Cet impact est égal à la différence de la moyenne des 4.000 scénarios et la valeur centrale déterministe.

## 6.2 Construction des Model Points

Les model points sont des agrégations du portefeuille qui regroupent des engagements ayant les mêmes caractéristiques techniques et financières.

Les model Points du marché Emprunteur sont distingués par :

- Clause de participation aux bénéfices ;
- Garantie (décès, invalidité et incapacité) ;

Sur chaque Model Point, nous récupérons l'ensemble des données contractuelles ainsi que les données d'inventaire (CRD, provisions techniques, prime annuelle, âge quotité, etc. ...).

### 6.3 Présentation des données

La base de données soumise à notre étude concerne l'année 2018, on y retrouve des contrats emprunteurs têtes par têtes du portefeuille **A** qui regroupe uniquement des prêts immobiliers. On trouvera donc des prêts sur de longues durées (plus de 15 ans) avec des capitaux initiaux empruntés conséquents. Ces données ont été fournies par AXA Partners qui est une entité d'AXA.

Elle contient 625 000 lignes, chaque ligne représentant un contrat et 15 variables.

Variable	Description
numéro_prêt	Le numéro du prêt
capital_emprunte_initial	Capital Initial
CRD	Capital Restant Dû
quotité_assuree	Quotité assurée
taux_intérêt	Taux d'intérêt de l'emprunt
garantie	DIT, Décès-PTIA
âge	Âge de l'assuré
date_naissance	Date de naissance de l'assuré
date_effet_assurance	Date de début de couverture
primes_annuelles	Primes en fonction du Capital initial
durée_résiduelle	Durée de prêt restante
Type_prêt	Classique ou In Fine
Country	Le pays (FR)
Portefeuille	A
PM_stock	Provisions Mathématiques du stock
PPNA_stock	Provisions pour primes non acquises du stock

TABLE 6.1 – Base de données

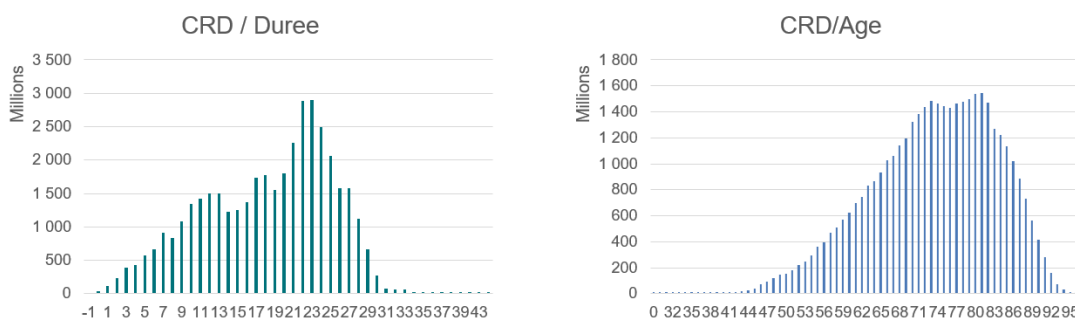


FIGURE 6.1 – Répartition du CRD en fonction de la durée du prêt et de l'âge

### 6.3.1 Caractéristique du portefeuille A

Caractéristiques	Portefeuille A
Type de prêts	Classique/ in fine
Garanties Vie	DC/PTIA / IT
Carence	Aucune
Franchise	120 jours
Limites des garanties	Décès/PTIA à 75 ans et IT à ans
Primes	Périodique % CI

- CI : capital initial
- DC : décès
- IT : incapacité temporaire
- PTIA : Perte Totale et Irréversible d'autonomie

### 6.3.2 Vue d'ensemble des données

Le périmètre emprunteur s'inscrit dans le business de la Prévoyance Collective. On trouvera ci-dessous un tableau résumant les différents contrats associés au périmètre Emprunteur.

Portefeuille	Primes	PPNA	Sinistres	PM	PSAP	PRC
B	5 337 153	20 452 768	3 241 040	0	4 492 691	0
A	21 086 068	0	8 458 518	9 316 461	12 973 126	0
C	14 719 614	19 625 831	1 370 891	14 833	3 208 728	0
Total	41 140 335	40 078 598	13 070 449	9 331 295	20 674 545	0
Total Emp	83 812 394	62 189 548	29 310 754	20 330 697	47 293 530	1 470 518

TABLE 6.2 – Zoom sur les 3 portefeuilles emprunteurs (A, B et C)

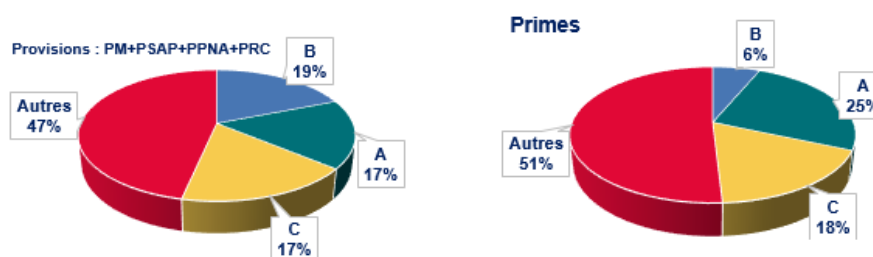


FIGURE 6.2 – Répartition des 3 portefeuilles

➔ **Volumes des portefeuilles de l'étude:**

PTF	Primes			Provisions (PM+PSAP+PPNA+PRC)			Sinistres		
	A	C	B	A	C	B	A	C	B
Deces	14 911 328	85 433 412	55 099 573	11 723 542	132 751 247	223 524 084	49 060 098	6 002 255	29 087 784
IT	6 172 239	32 323 499	0	166 593 155	50 043 893	0	18 608 047	4 964 869	0

➔ **Volume de chaque portefeuille par rapport au business Emprunteurs**

Garantie Décès	Primes	Provisions	Sinistres	Garantie IT	Primes	Provisions	Sinistres
A	25%	2%	29%	A	27%	30%	29%
C	18%	19%	4%	C	18%	10%	8%
B	11%	34%	17%	B	0%	0%	0%
Autres	46%	45%	50%	Autres	55%	60%	64%

## 6.4 Agrégation des MP

La base de données concernant le portefeuille A contient environ 625 000 lignes, chaque ligne représentant un contrat. Dans un souci de minimisation du temps de calcul sous SUNRISE, ces données ont été agrégées pour obtenir environ 205 model points pour le portefeuille A.

L'agrégation a été faite en prenant en compte 2 critères :

- L'âge de l'assuré ;
- La durée résiduelle du prêt ;

On décrit ci-dessous la méthode utilisée pour regrouper les contrats selon les deux critères mentionnés :

### 1. Regroupement par âge :

o En partant du plus jeune âge de la table de mortalité utilisée, on regroupe les MP en fonction des probabilités de décès : on distingue chaque classe d'âge par un seuil de probabilité de décès de 0,1% (en partant du premier âge de la classe). Ainsi la différence entre les probabilités de décès de deux contrats regroupés dans un même model point sera inférieur au seuil de 0,1%

### 2. Regroupement par durée résiduelle du prêt :

o On regroupe pour chaque durée résiduelle, les montants de CRD correspondants. Ensuite on regroupe les durées résiduelles entre elles en partant de la durée la plus faible. On arrête le regroupement une fois que l'écart de CRD de la première durée et la dernière durée a atteint 100 M€. On arrête également l'agrégation lorsque 8 tranches de durées résiduelles ont été regroupées. Cette méthode d'agrégation permet ainsi de réduire significativement le nombre de model points.

La base de données cible a été agrégée par la maille :  
**Garantie x type de prêt x classe âge x classe durée .**



# Chapitre 7

## Modélisation tête par tête

Dans cette partie, nous détaillons la modélisation tête par tête optée avec notamment le calcul du CRD, le calcul de la charge de sinistre, la projection des prestations, la projection des primes, la projection des provisions etc. Ensuite, nous illustrons l'application des différentes modélisations présentées sur notre jeu de données constitué. Cette nouvelle modélisation représente un modèle plus fidèle des engagements et des conditions contractuelles sur la base de données tête par tête.

### 7.1 Modélisation retenue

#### 7.1.1 Contexte

Le modèle actuel permettant de calculer les différents indicateurs S2 (EOF, STEC, BEL, . . . ), ainsi que les indicateurs de rentabilité (EEV) est basé sur une modélisation simplifiée du périmètre Emprunteurs.

⇒ Modélisation via S/C constants sur la durée de projection (pour toutes les garanties);

⇒ Mutualisation du fonds de PB pour plusieurs garanties d'un même contrat;

⇒ Sous Solvabilité 2, application de la frontière des contrats.

Suite aux recommandations de l'ACPR et de l'équipe de contrôle du modèle interne au groupe AXA, nous devons faire évoluer la modélisation vers une représentation plus fidèle des engagements et des conditions contractuelles.

#### 7.1.2 Méthodologie et Hypothèses de modélisation

L'objectif des recommandations de l'ACPR et de l'équipe de contrôle du modèle interne au groupe AXA étant d'avoir un modèle permettant de mieux refléter la réalité des contrats, le choix a été fait d'étudier le passage d'une méthode « S/C constants » à une projection « tête par tête ».

Les hypothèses suivantes sont communes à tous le portefeuille A.

Les contrats présents en portefeuilles sont tous des contrats immobiliers français :

- o Tables de Décès : (TF00-02 ajustée par un abattement de  $\alpha\%$ )
- o Table d'invalidité : même règle que pour le décès
- o Table de maintien en incapacité : table d'expérience tenant compte de la période de franchise + paramètres d'ajustement liée à la sélection médicale
- o Loi d'entrée en incapacité : table d'expérience
- o Loi de rachats/résiliation

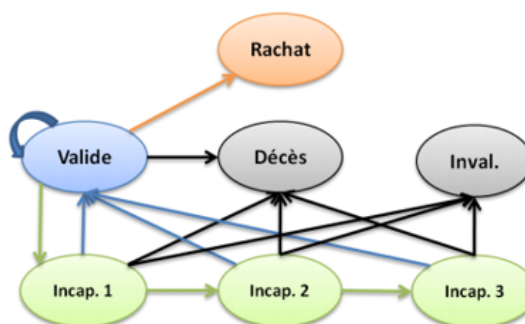
## 7.2 Passage des états

Différents états sont possibles pour l'assuré (valide, incapacité, invalide, décès, rachat...). Le modèle suivra pour chaque pas de temps le nombre d'assuré dans chaque état.

Certains états sont absorbants (décès, rachats, invalidité) et provoquent ainsi la sortie de l'assuré du portefeuille lorsque ce dernier rejoint l'un des états précédemment cités. Ci-dessous, les différents états considérés ainsi que les transitions possibles :

→ Données nécessaires au suivi de la population:

- Table de mortalité (par âge)
- Loi de passage en incapacité (par âge)
- Loi de maintien en incapacité (par âge et durée passée en incapacité)
- Loi de passage en invalidité
- Taux de rachats/résiliations



### Zoom sur la détermination du taux d'incapacité

A chaque pas de temps, les individus en incapacité correspondent à :

- ⇒ Les individus en incapacité en  $(t-1)$  et qui se maintiennent en incapacité en  $t$  ;
- ⇒ Les individus tombant en incapacité à la période  $t$ .

**Exemple** : pour un individu de 20 ans en  $t=0$  en période de projection on regarde la probabilité d'être en incapacité temporaire à  $t=3$  pour un assuré âgé de 20 ans à la date de projection ( $t=0$ ).

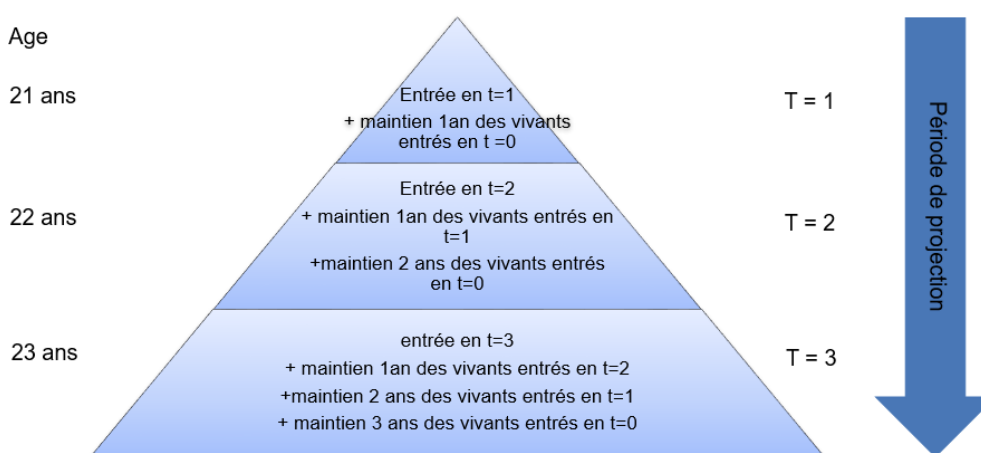


FIGURE 7.1 – Exemple de projection en incapacité

**Exemple numérique** : un individu de 20 ans en  $t=0$  en période de projection 3.

periode de projection	age	duree en incap	incidence_incap	proba_maintien_incap	med_selection	proba_maintien_incap
0	20	3	0,004815917	0,012117303	0	0,012117303
1	21	2	0,004815917	0,029116632	0,22	0,022710973
2	22	1	0,004815917	0,105416139	0,46	0,056924715
3	23	0	0,004815917	1	0	1

→ Formule utilisée à  $t = 3$  :

$$\begin{aligned} \text{proba\_incap\_total}(20,3) = & \text{incidence\_incap}(23) \times \text{proba\_maintien}(23,0) \\ & + \text{incidence\_incap}(22) \times \text{proba\_maintien}(22,1) \\ & + \text{incidence\_incap}(21) \times \text{proba\_maintien}(21,2) \\ & + \text{incidence\_incap}(20) \times \text{proba\_maintien}(20,3) \end{aligned}$$

$$\text{Résultat : proba\_incap\_total}(20,3) = 0,005257792$$

## 7.3 Projection du Capital Restant Dû : CRD

Pour chaque pas de projection jusqu'à la fin de la durée du prêt, un CRD est calculé selon le type de prêt et selon la garantie.

⇒ Garantie Décès (DC) : en cas de décès de l'assuré, **le capital restant dû** du prêt à la date du décès de l'assuré est remboursé par l'assureur.

⇒ Garantie Invalidité (PTIA) : En cas de perte totale et irréversible d'autonomie de l'assuré, **le capital restant dû** du prêt est remboursé par l'assureur. (Identique à la garantie décès).

⇒ Garantie Incapacité (IT) : en cas d'incapacité temporaire de l'assuré, l'assureur prend en charge les mensualités du crédit (**amortissement + intérêts**) sur toute la durée du sinistre (hors période de carence et de franchise)

La modélisation retenue est une modélisation de type tête par tête, pour chaque model point, un échéancier du prêt sera calculé.

On disposera alors, à chaque pas de temps, du Capital Restant Dû. Cette étape permet ainsi de calculer une charge de sinistre pour chaque garantie (Décès, Invalidité et Incapacité), la projection des primes et les provisions mathématiques.

<p><b>prêt « In Fine » :</b></p> $I_t = OB_{t-1} \times r_t$ $E_t = I_t \text{ si } t < T \text{ et } E_T = I_T + CRD_{T-1}$ $OB_0 = \text{Initial Capital et } OB_t = OB_{t-1} \text{ si } 0 < t < T \text{ et } OB_T = 0$	<p><b>prêt «classique»:</b></p> $I_t = OB_{t-1} \times r_t$ $E_t = \frac{OB_{t-1} \times r_t}{\left(1 - \frac{1}{(1 + r_t)^{T-t+1}}\right)}$ $OB_t = OB_{t-1} - E_t + I_t$
---	--

$I_t$  = Intérêts dû pour la période t ;  
 $E_t$  = tième versement périodique ;  
 $OB_t$  = Capital restant dû ;  
 $r_t$  = taux d'emprunt du prêt.

Taux_Emp_Ann	CRD	Durée_Résiduelle	Age_Pondere
3,28%	2 289 482	19	54

Prêt Classique_DC				
	interets	annuités	amortissements	CRD
0				2 289 482
1	75 042	163 792	88 751	2 200 731
2	72 133	163 792	91 660	2 109 072
3	69 128	163 792	94 664	2 014 408
4	66 026	163 792	97 767	1 916 641
5	62 821	163 792	100 971	1 815 670
6	59 512	163 792	104 281	1 711 390
7	56 094	163 792	107 699	1 603 691
8	52 564	163 792	111 229	1 492 463
9	48 918	163 792	114 874	1 377 589
10	45 153	163 792	118 639	1 258 949
11	41 264	163 792	122 528	1 136 421
12	37 248	163 792	126 544	1 009 877
13	33 100	163 792	130 692	879 185
14	28 817	163 792	134 975	744 210
15	24 393	163 792	139 399	604 811
16	19 824	163 792	143 968	460 842
17	15 105	163 792	148 687	312 155
18	10 231	163 792	153 561	158 594
19	5 198	163 792	158 594	-

Dans cet exemple de calcul de CRD, on a un type de prêt classique où l'assuré rembourse des annuités constantes et des intérêts et en cas de la réalisation du risque, l'assureur rembourse intégralement le capital restant dû.

## 7.4 Projection des prestations

Les niveaux de CRD ayant déjà été déterminés, on calcule la probabilité de présence de l'assuré dans le portefeuille en fonction du temps de projection  $t$ .

### 7.4.1 Calcul des probabilités de présence

En utilisant les lois biométriques (loi de rachat, lois de décès, loi d'invalidité et les lois d'incapacité temporaire), nous allons pouvoir calculer une probabilité de présence pour chaque pas de temps et pour chaque model point en fonction de ses spécificités.

Soit la Proba de presence = la probabilité de presence de l'assuré dans le portefeuille  
 $x$  = age de l'assuré  
 $t$  = le pas de projection

#### Calcul de la Probabilité de Présence pour la garantie décès

Proba de presence ( $t$ ) =  $(1 - \text{Proba de décès } (x+t-1) - \text{Proba de rachat } (x+t-1)) \times \text{Proba de presence } (t-1) \quad \forall t \geq 1$   
 Proba de presence ( $0$ ) = 1

#### Calcul de la Probabilité de Présence pour la garantie invalidité

Proba de presence ( $t$ ) =  $(1 - \text{Proba d'invalidité } (x+t-1) - \text{Proba de rachat } (x+t-1)) \times \text{Proba de presence } (t-1) \quad \forall t \geq 1$   
 Proba de presence ( $0$ ) = 1

#### Calcul de la Probabilité de Présence pour la garantie incapacité temporaire

Proba de presence ( $t$ ) =  $(1 - \text{Proba d'incapacité temporaire } (x+t-1)) \times \text{Proba de presence } (t-1) \quad \forall t \geq 1$   
 Proba de presence ( $0$ ) = 1

La probabilité de présence pour la garantie incapacité temporaire décroît plus lentement que celle du décès et l'invalidité car pour l'IT il n'y pas de rachat étant donné que les probabilités de rachat sont très élevées.

Guarantee_ID	Type prêt Garantie	Age Ponderé	Durée Assurance	Durée résiduelle
64569	CLASSIQUE-Deces_PTIA	62	5	18
	CLASSIQUE-DIT	54	8	22

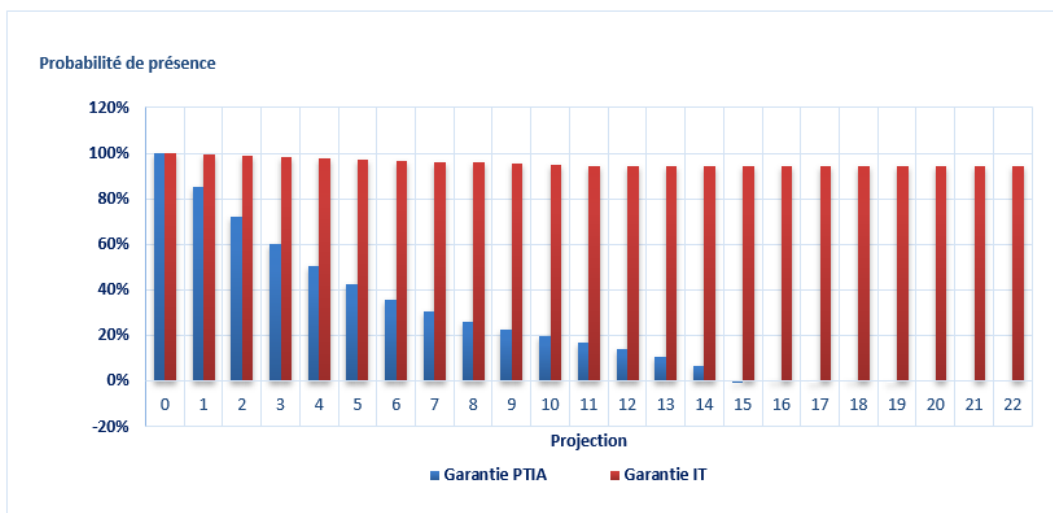


FIGURE 7.2 – Évolution des probabilités de présence

### 7.4.2 Calcul de la charge de sinistres

Les niveaux de CRD et les probabilités de présence étant connus, en utilisant les lois biométriques, nous allons pouvoir projeter les sinistres pour chaque pas de projection jusqu'à la fin de la durée du prêt.

#### Garantie Décès

Type de prêt = CLASSIQUE

Prestations(t)=Proba de presence (t) x Proba de décès (t) x (1- Proba de rachat (t)) x CRD(t)

Type de prêt = IN FINE

Prestations(t)=Proba de presence (t) x Proba de décès (t) x (1- Proba de rachat (t)) x Capital initial

#### Garantie Invalidité

Type de prêt = CLASSIQUE

Prestations(t)=Proba de presence (t) x Proba invalidité (t) x (1- Proba de rachat (t)) x CRD(t)

Type de prêt = IN FINE

Prestations(t)=Proba de presence (t) x Proba invalidité (t) x (1- Proba de rachat (t)) x Capital initial

#### Garantie Incapacité temporaire

Type de prêt = CLASSIQUE

Prestations(t)=Proba de presence (t) x Proba incapacité temporaire(t) x (intérêts(t) + amortissements(t) )

Type de prêt = IN FINE

Prestations(t)=Proba de presence (t) x Proba incapacité temporaire(t) x intérêts (t)

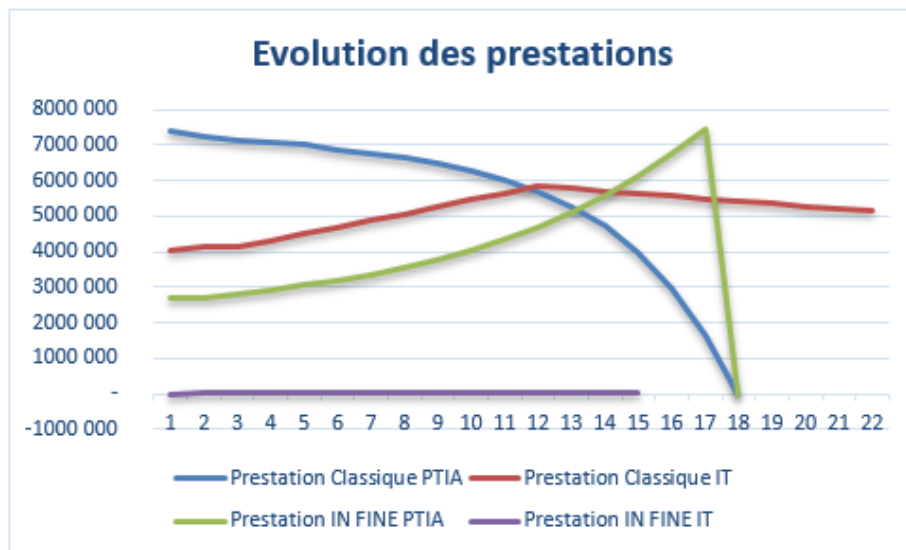


FIGURE 7.3 – Calcul des prestations

## 7.5 Projection des Primes

Les primes seront projetées spécifiquement pour chaque garantie et selon chaque type de prêt selon la modélisation tête par tête en utilisant les hypothèses barométriques, les primes initiales et la probabilité de présence.

Les primes seront projetées en fonction des primes annuelles du stock qui sont constantes durant toute la durée de projection.

Pour la garantie IT, en cas de réalisation du risque, l'assureur ne paie que les intérêts plus les amortissements s'il s'agit du prêt classique, en cas de prêt in fine, seuls les intérêts seront remboursés.

### Primes Garantie DIT

Primes de Décés (t) = Proba de présence (t) x (1 - Proba de décès (t+x)) x (1 - Proba de rachat (t+x)) x Primes init x Prop DC

Primes d'incap temporaire (t) = Proba de présence (t) x (1 - Proba incapacité temporaire (t+x)) x Primes init x Prop IT

où Prop IT + Prop DC = 1

Primes DIT = Primes de Décés (t) + Primes d'incap temporaire (t)

### Primes Garantie Décés-PTIA

Primes de Décés (t) = Proba de présence (t) x (1 - Proba de décès (t+x)) x (1 - Proba de rachat (t+x)) x Primes init x Prop DC

Primes d'invalidité = Proba de présence (t) x (1 - Proba d'invalidité (t+x)) x (1 - Proba de rachat (t+x)) x Primes init x Prop INVAL

où Prop INVAL + Prop DC = 1

Primes Décés-PTIA = Primes de Décés (t) + Primes d'invalidité (t)



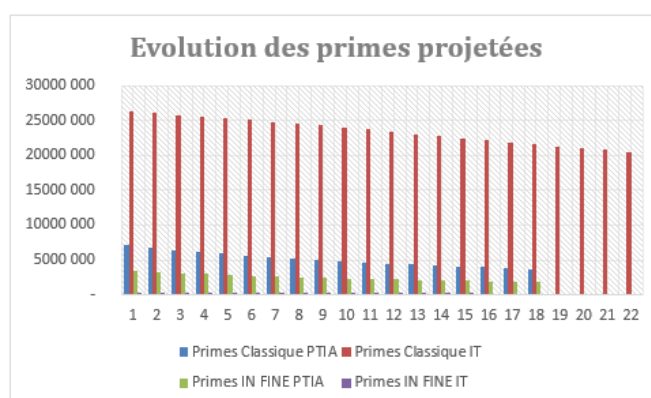


FIGURE 7.4 – Calcul des prestations

## 7.6 Projection des provisions

### 7.6.1 Modélisation des provisions du stock

#### Cadences PSAP/PM du stock

Dans le besoin en Solvabilité II d'être aligné avec les provisions sociales officielles, on garde les montants initiaux des PM et PSAP sans les recalculer.

Le stock de PM sera projeté comme modélisé actuellement dans le modèle interne, en suivant une loi d'écoulement ajustée à chaque portefeuille, donc il n'y a pas de recalcul de cette PM avec les données initiales.

La PM évolue selon les hypothèses de sinistres sur primes et de cadence de règlement des sinistres. Les dotations et reprises de PM modélisées sont des éléments constitutifs de la marge technique.

Dans le modèle, la PSAP évolue selon les hypothèses de sinistres sur primes et de cadence de sinistres. Les dotations et reprises de PSAP modélisées sont des éléments constitutifs de la marge technique. Ces provisions dans la modélisation couvrent les IBNR et les produits d'incapacité / invalidités.

Dans un premier temps nous recalculons les provisions avec les prestations et les cadences d'année d'inventaire, en commençant par la dernière année comptable.

Afin que les stocks de provisions soient liquidés correctement :

- Pour la garantie CORPO : le stock de PSAP sera liquidé suivant la même cadence que le stock de PM ;
- Pour la garantie DECES : le stock de PM sera liquidé suivant la même cadence que le stock de PSAP.

Le calcul des provisions se fait de la manière suivante :

Pour  $i = \{0, \dots, n\}$  (survenance) :

$$Provisions_{2018}^{2018-i} = \frac{\sum_C Prestations_C^{2018-i}}{CadenceInventaire_i} * (1 - CadenceInventaire_i)$$

Puis, pour  $k = \{1, \dots, 60\}$  (comptable) :

$$Provisions_{2018+k}^{2018-i} = \frac{\sum_C Prestations_C^{2018-i}}{CadenceInventaire_i} * (CadenceInventaire_k - CadenceInventaire_{k-1})$$

Les cadences de règlement des provisions du stock vont alors suivre les cadences de règlements de l'année d'inventaire selon la répartition des provisions futures du stock par année comptable.

$$CadenceStock_k = \frac{Provisions_{2018+k}^{Total}}{Provisions_{2018}^{Total}}$$

### Stock de la PPNA

La provision pour primes non acquise constate pour l'ensemble des contrats en cours, la part, calculée au prorata temporis, des primes émises et des primes restant à émettre qui se rapporte à la période comprise entre la date d'inventaire et la prochaine échéance de la prime ou à défaut le terme du contrat (article R.331-6 2° du code des assurances). Autrement dit, la PPNA représente la part des primes perçues dans l'année au titre des garanties accordées pour les exercices suivants.

Les hypothèses de résiliation des primes déterminent les primes émises de l'année, et on suppose que la PPNA est égale à un pourcentage des primes émises.

D'une manière générale, les primes d'assurance doivent être payées en début de période couverte, laquelle ne coïncide pas forcément avec l'exercice comptable, donc une partie des primes d'assurance payables au cours de celui-ci est destinée à couvrir des risques de la période suivante.

La modélisation de l'écoulement du stock de PPNA se fait en utilisant le taux de PPNA (calculé à  $t=0$  et qui reste constant durant toute la durée de projection) et le chiffre d'affaire qui évolue dans le temps, on aura alors :

$$\text{Taux de PPNA} = \frac{\text{PPNA du Stock}}{\text{Chiffre d'affaires Courant}}$$

$$PPNA_t = \text{Taux de PPNA} \times CA_{t-1}$$

$$\text{Delta PPNA} = PPNA_t - PPNA_{t-1}$$

$$\text{Primes acquises} = CA \text{ emise} - \text{Delta de PPNA}$$

### 7.6.2 Modélisation des provisions prospectives

La PM prospective concerne uniquement la garantie Incapacité Temporaire car dans cette garantie une fois que le risque se réalise, l'assureur verse des mensualités périodiques considérées comme des rentes alors que pour le décès et l'invalidité, l'assureur rembourse le capital restant dû en une seule fois.

Cette PM est calculée comme la différence entre la Valeur Actuelle Nette (VAN) des sinistres futures et la VAN des primes futures.

$$PM = VAN(\text{Sinistres}) - VAN(\text{Primes})$$

$$PM = \sum_{t=1}^N (\text{Sinistres}_t - \text{Primes}_t) \times \frac{1}{(1 + TME)^t}$$

Provisions prospectives	Modélisation
PM	La PM concerne uniquement la garantie IT. Elle est calculée comme la différence de VAN(sinistres_futurs_IT) et VAN(primes_futures_IT)
PSAP	On suppose que les sinistres sont réglés immédiatement, il n'y a donc pas d'écarts dans le temps pour le règlement, ainsi aucune nouvelle PSAP ne sera constituée via les nouvelles primes reçues
PPNA	PPNA : Le stock de PPNA qui ne concerne pas CFF, sera écoulé avec une loi définie en hypothèse ( modélisation actuelle)

# Chapitre 8

## Modélisation par cadence avec des S/C dynamiques

### 8.1 Principe de la modélisation par cadence

Le modèle Prévoyance Collective est un modèle en S/C Flats (c'est à dire des S/C constants durant toute la durée de projection à la granularité marché x garantie ) permettant de modéliser la majorité des produits de Prévoyance tels que l'emprunteur.

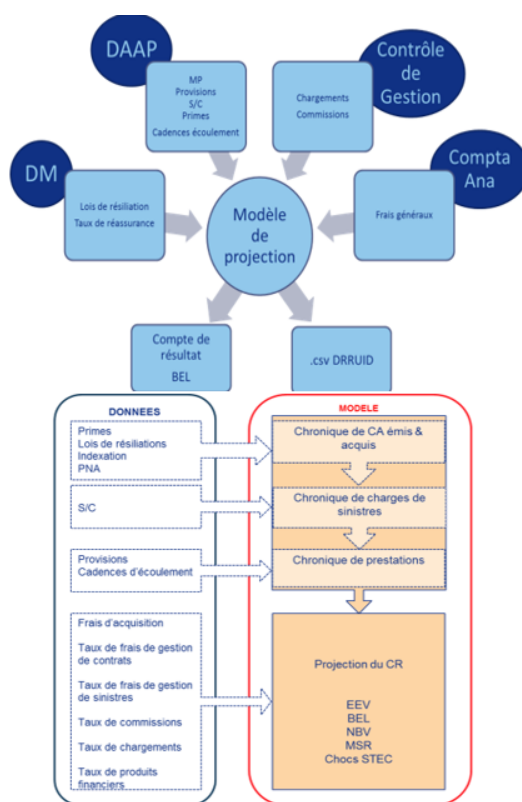


FIGURE 8.1 – Modélisation par cadence

La charge de sinistres dans cette modélisation est calculée en appliquant les S/C sur le chiffre d'affaire. Cette charge de sinistres est égale à la somme entre le MR Claims et le CR Claims.

$$\text{Charge de Sinistres} = \text{Chiffre d'affaires} \times S/C$$

$$\text{Charge de Sinistres} = \text{MR Claims} + \text{CR Claims}$$

Le Claims-Reserves CR concernant les PSAP est une provision écoulee sous forme de cadence à des groupes d'assurés alors que le Mathematical Reserve MR, la provision sera payée sous forme de rente ajouté à la prestation.

A noter que sur l'emprunteur, la part de MR Claims concernant les rentes est nulle car l'assureur est censé rembourser immédiatement les prestations en capital restant dû en cas de décès ou d'invalidité, et les intérêts et amortissements en cas d'incapacité temporaire.

Les primes acquises sont modélisées par génération en utilisant un taux d'indexation, un taux de répartition et un taux de sortie global qui inclut les sorties d'invalidité et de rachats, déduit du delta de PPNA.

On aura alors :

$$\text{Primes émises par Gen}(t) = \text{Primes émises Stock} \times (\text{Taux de Répartition}(t))$$

$$\text{Primes émises}(t) = \text{Primes émises par Gen}(t) \times (1 + \text{Taux d'indexation}) \times (1 - \text{Taux de sortie}(t))$$

$$\text{Primes acquises} = \text{Primes émises}(t) - \text{Delta de PPNA}(t)$$

A noter que le taux de sortie global est par génération, et inclut les résiliations, les rachats et les sorties naturelles.

Le taux d'indexation sert à avoir en première année de projection le chiffre d'affaire du plan stratégique.

Dans cette nouvelle modélisation, nous allons recalculer les S/C en utilisant des S/C dynamiques et recalculer les taux de sortie global en utilisant les lois biométriques.

## 8.2 Calcul des S/C Dynamiques

Dans cette modélisation, pour compléter les hypothèses du modèle, nous allons maintenant construire les S/C dynamiques à la granularité marché x garantie x type de prêt, à l'aide du CRD, de la prime annuelle et des lois biométriques.

Dans le modèle actuel, on utilise des S/C constants sur l'ensemble du périmètre emprunteur, en particulier sur A durant toute la durée de projection. Ces S/C constants ont été calculés par la Direction de l'Actuariat et Assurances de Personnes (DAAP) comme suit :

$$S/C = \frac{\text{Sinistres} + \text{Delta de PM} + \text{Delta de PSAP-IT}}{\text{Primes acquises} + \text{Delta de PPNA}}$$

Les nouvelles S/C dynamiques seront calculées en adaptant la méthodologie comme suit :

### 1. CRD :

En projetant le CRD selon le type de prêt (CLASSIQUE ou IN FINE) en utilisant la probabilité de présence pour obtenir un CRD qui ne concerne que les assurés présents dans le portefeuille à l'instant t de la projection.

### 2. Primes

En projetant tête par tête les primes par MP à l'aide des lois biométriques et la probabilité de présence.

$$\begin{aligned} \text{Primes DC}(t) &= \text{Primes} \times \text{Proba présence}(t) \times (1 - \text{Proba rachat}(x+t)) \times (1 - \text{Proba DC}(x+t)) \\ \text{Primes INV}(t) &= \text{Primes} \times \text{Proba présence}(t) \times (1 - \text{Proba rachat}(x+t)) \times (1 - \text{Proba INV}(x+t)) \\ \text{Primes IT}(t) &= \text{Primes} \times \text{Proba présence}(t) \times (1 - \text{Proba IT}(x+t)) \end{aligned}$$

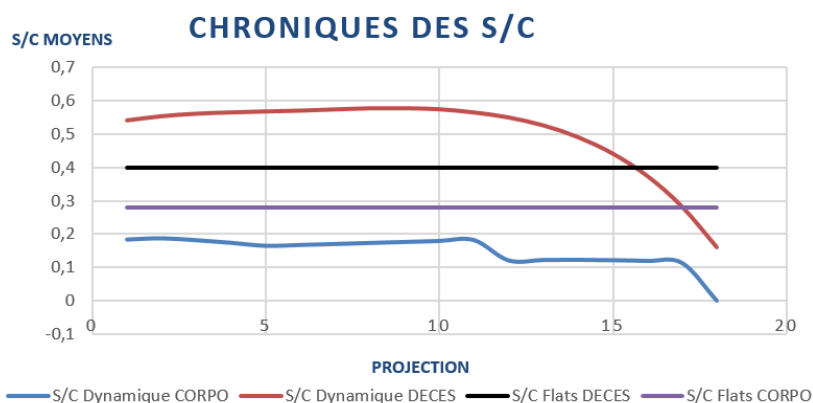
A noter que ces primes sont des primes annuelles et qui sont constantes durant toute la durée de projection.

### 3. Sinistres :

Projeter en tête par tête les sinistres par MP à l'aide des lois biométriques et de la probabilité de présence.

$$\begin{aligned} \text{Sinistres DC}(t) &= \text{CRD}(t) \times \text{Proba présence}(t) \times (1 - \text{Proba rachat}(x+t)) \times \text{Proba DC}(x+t) \\ \text{Sinistres INV}(t) &= \text{CRD}(t) \times \text{Proba présence}(t) \times (1 - \text{Proba rachat}(x+t)) \times \text{Proba INV}(x+t) \\ \text{Sinistres IT}(t) &= \text{CRD}(t) \times \text{Proba présence}(t) \times \text{Proba IT}(x+t) \end{aligned}$$

**Le S/C dynamique se calcule en faisant le rapport Sinistres sur Primes par temps de projection t**



Au vu de ces nouveaux S/C, nous pouvons constater que la sinistralité a été sous-estimée avec un S/C constant (de 40%) dans le modèle actuel, contre un S/C moyen de 42,97% en utilisant les lois biométriques. Pour la garantie corporelle, la sinistralité a été sur-estimée avec un S/C constant de 28%, contre un SC moyen de 12% en utilisant les lois biométriques.

### 8.3 Taux de sortie résiliation

Dans le modèle de S/C constants, nous allons utiliser les lois de résiliations fournies par la Direction Technique d'AXA France qui regroupent les sorties dues aux rachats, aux décès et aux échéances de contrat.

Dans le modèle interne, ce taux de résiliation est réparti en fonction des générations (10 générations) ou de l'ancienneté contrairement au modèle tête par tête.

	T=1	T=2	T=3	T=4	T=5	T=6	T=7	T=8	T=9	T=10
Emp_Death_PRET_IMMO_0	0,6%	9,5%	11,3%	13,1%	14,5%	15,5%	16,0%	16,1%	15,8%	15,2%
Emp_Death_PRET_IMMO_1	9,5%	11,3%	13,1%	14,5%	15,5%	16,0%	16,1%	15,8%	15,2%	14,5%
Emp_Death_PRET_IMMO_2	11,3%	13,1%	14,5%	15,5%	16,0%	16,1%	15,8%	15,2%	14,5%	13,8%
Emp_Death_PRET_IMMO_3	13,1%	14,5%	15,5%	16,0%	16,1%	15,8%	15,2%	14,5%	13,8%	13,3%
Emp_Death_PRET_IMMO_4	14,5%	15,5%	16,0%	16,1%	15,8%	15,2%	14,5%	13,8%	13,3%	13,3%
Emp_Death_PRET_IMMO_5	15,5%	16,0%	16,1%	15,8%	15,2%	14,5%	13,8%	13,3%	13,3%	14,3%
Emp_Death_PRET_IMMO_6	16,0%	16,1%	15,8%	15,2%	14,5%	13,8%	13,3%	13,3%	14,3%	17,1%
Emp_Death_PRET_IMMO_7	16,1%	15,8%	15,2%	14,5%	13,8%	13,3%	13,3%	14,3%	17,1%	23,0%
Emp_Death_PRET_IMMO_8	15,8%	15,2%	14,5%	13,8%	13,3%	13,3%	14,3%	17,1%	23,0%	34,8%
Emp_Death_PRET_IMMO_9	15,2%	14,5%	13,8%	13,3%	13,3%	14,3%	17,1%	23,0%	34,8%	100,0%

FIGURE 8.2 – Taux de résiliation par génération pour la garantie Décès

# Chapitre 9

## Implémentation dans le modèle interne : mesure et analyse des impacts des nouvelles modélisations

Cette partie consiste à quantifier et analyser les impacts qu'auront ces différents types de modélisations sur le portefeuille A.

### 9.1 Prise en compte de la modélisation tête par tête dans le modèle interne

La modélisation T/T s'est construite à la granularité la plus fine, c'est à dire à la maille **Protection\_Guarantee\_Creditor**. Dans cette maille, tous les calculs T/T sont ensuite agrégés à la maille supérieure appelée **Protection\_Guarantee**.

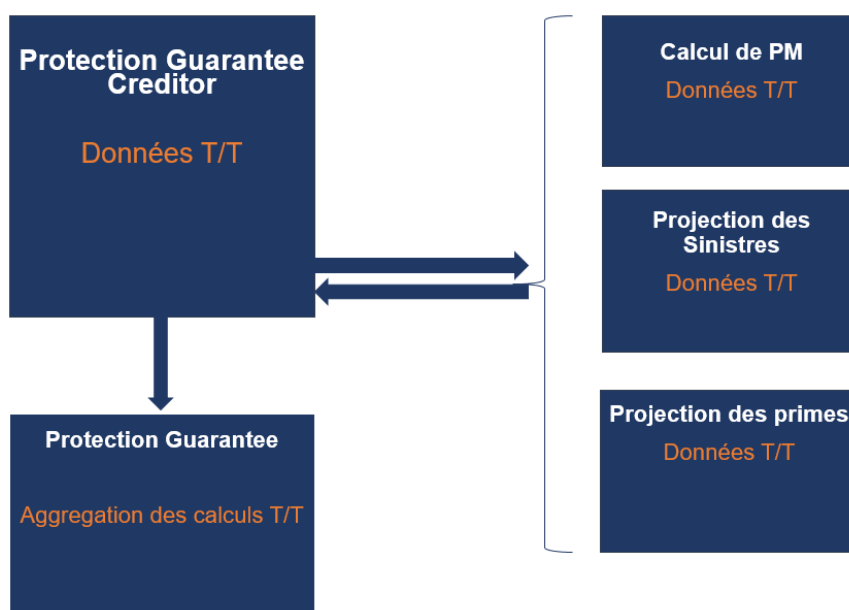


FIGURE 9.1 – Implémentation dans le modèle interne



## 9.2 Analyse d'impacts des modélisations

NB : A noter que les résultats sont en VAN ( Valeurs Actuelles Probables ).

### 9.2.1 Impact modèle S/C constants contre modèle tête par tête

Le changement de modèle effectué, engendre évidemment un impact (qu'il soit significatif ou pas) sur les résultats de la compagnie. Le but de cette section, est donc d'analyser et quantifier l'impact dû à ce changement de modèle.

<i>impact net d'IS en m€</i>	Modèle S/C constants	Modèle T/T	Impact
(+) Prime pure	61	58	-3
(-) Prestation	46	50	4
(-) Delta provisions	-15	-17	-2
<b>Marge technique avant pb</b>	<b>31</b>	<b>25</b>	<b>-6</b>
Marge technique nette de réass	30	24	-6
(+) Produits financiers	61	60	-1
(-) Produits financiers rémunération	1	2	1
<b>Marge financière brute</b>	<b>60</b>	<b>58</b>	<b>-2</b>
Marge financière nette de réass	58	56	-2
<b>Solde de réassurance</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
Frais acquisition (D1)	0	0	0
Frais de gestion (D2)	2	1	-1
Frais sur sinistres (D3)	1	2	1
Frais de placements fi (D5)	0	0	0
<b>Frais généraux</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
Chargements	23	22	-1
Commissions	47	45	-3
<b>Marge de gestion</b>	<b>-27</b>	<b>-26</b>	<b>1</b>
<b>PVFP</b>	<b>61</b>	<b>55</b>	<b>-6</b>
<b>S/C</b>	<b>36,04%</b>	<b>41,31%</b>	<b>5,26%</b>

FIGURE 9.2 – Décomposition de la PVFP entre la modélisation via S/C constants et la modélisation T/T

L'impact observé sur les primes s'explique par la manière dont elles sont calculées à chaque pas de temps dans le modèle, c'est-à-dire en fonction de la prime ( $t - 1$ ) et des lois de sorties.

Dans le modèle T/T, la prime dépend de la prime initiale et de probabilités (de présence et de sinistralité) issues des tables d'expérience et de mortalité.



FIGURE 9.3 – Projection des primes acquises

Les prestations du modèle T/T sont plus élevées dues à un niveau de S/C moyen calculés à partir des sorties du modèle plus important (41,31% sur le modèle T/T contre 36,04% pour le modèle de S/C constants).

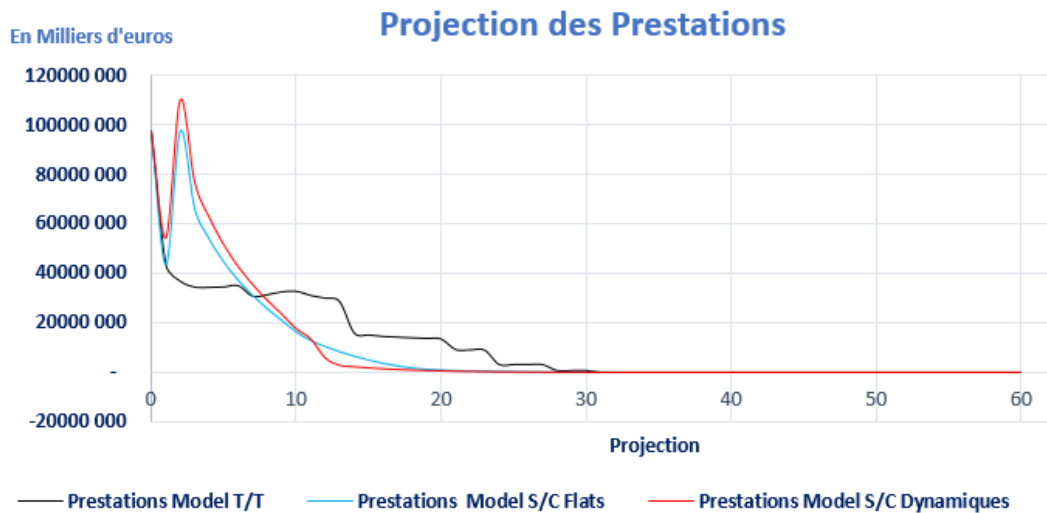


FIGURE 9.4 – Projection de la sinistralité entre les différents modèles

La marge technique avant distribution de la Participation aux Bénéfices est la différence entre les sinistres prévus et les sinistres réels, c'est à dire la différence entre les sommes actualisées des primes et intérêts crédités, des prestations et des provisions (de début et de fin de projection). Cela se traduit par la formule suivante :

$$\text{Marge Tech} = \text{Primes Pures} - \text{Prestations} - \text{Delta de Provisions} + \text{IC}$$

où  $\text{Delta de Provisions} = -\text{Provisions}(t=0) + \text{Provisions}(t=60)$  et  $\text{IC} = \text{TxTech} \times \text{PM}$

L'écart entre les marges techniques de ces deux modèles s'explique par les mouvements de prestations : une hausse des prestations va entraîner une baisse de la marge technique.

La baisse de la marge de gestion (définie comme  $\text{Chargement} - \text{Commissions} - \text{frais}$ ) dans le modèle T/T vient du fait qu'on a plus de sinistralité dans ce modèle, par conséquent les frais sur sinistres augmentent. De plus la baisse des primes entraîne une baisse des commissions et des chargements ce qui entraîne un gain de 1 M€ sur la marge de gestion.

Quant à la marge financière qui est le taux de rendement de l'actif Général de Prévoyance appliqué aux provisions ( $\text{PM} + \text{PSAP} + \text{Fonds de PB}$ ), on note une légère diminution de la PM sur le modèle de T/T qui fait varier la valeur de 2 M€.

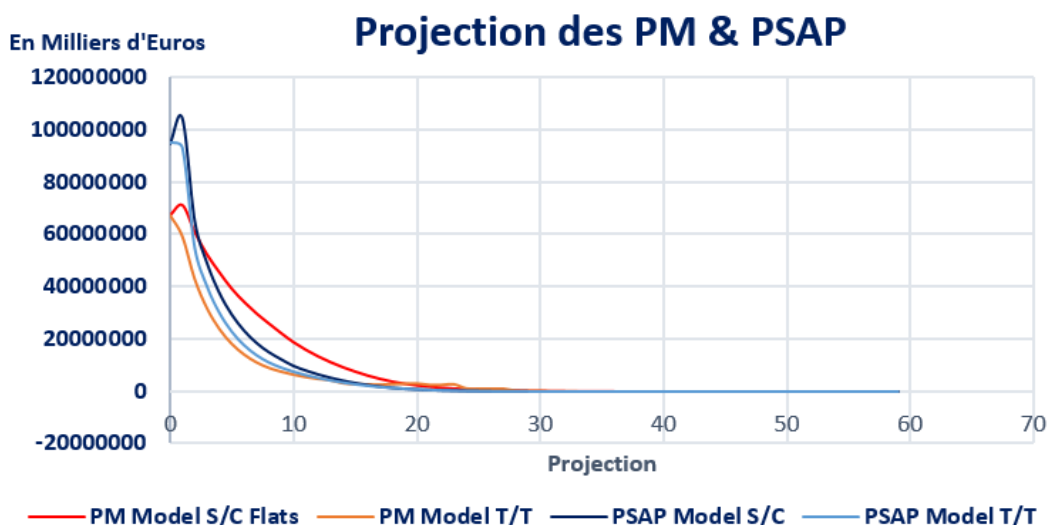


FIGURE 9.5 – Projection des provisions

Ainsi, la variation de la PVFP qui est la somme de ces trois marges (Marge Tech + Marge de Gestion + Marge Fin) résulte des différentes variations observées ci-dessus. La baisse observée est portée par la baisse de la marge technique.

En conclusion, on observe que la projection des sinistres en utilisant les tables d'expérience au lieu des sinistres observés sur le passés sur l'ensemble du portefeuille entraîne une hausse de 4% des prestations projetées et une baisse des primes de 5% ce qui génère une perte de VIF de 6M€ sur le périmètre emprunteur.

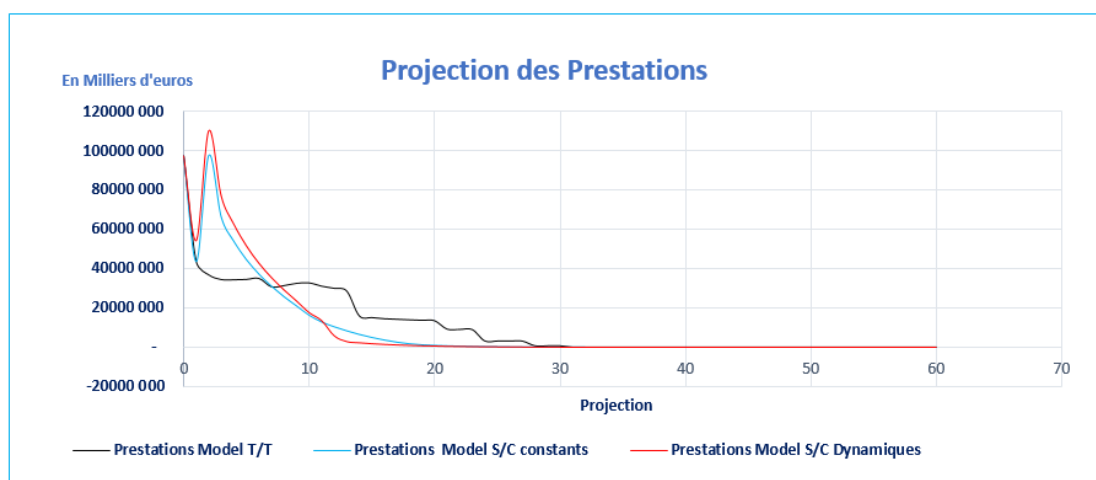
### 9.2.2 Impact entre le modèle en S/C constants et le modèle en S/C dynamiques

Le tableau ci-dessous montre la décomposition de la PVFP entre le modèle de S/C constants et le modèle de S/C dynamiques.

<b>impact net d'IS en m€</b>	<b>Modèle en S/C constants</b>	<b>Modèle en S/C Dynamiques</b>	<b>Impact</b>
(+) Prime pure	61	61	0
(-) Prestation	46	50	5
(-) Delta provisions	-15	-15	0
<b>Marge technique avant pb</b>	<b>31</b>	<b>26</b>	<b>-5</b>
<b>Marge technique brute</b>	<b>30</b>	<b>26</b>	<b>-4</b>
<b>Marge technique nette de réass</b>	<b>30</b>	<b>26</b>	<b>-4</b>
(+) Produits financiers	61	61	0
(-) Produits financiers rémunération	1	1	0
<b>Marge financière brute</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>0</b>
<b>Marge financière nette de réass</b>	<b>58</b>	<b>58</b>	<b>0</b>
<b>Solde de réassurance</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>-1</b>
Frais sur sinistres (D3)	1	3	2
Frais de placements fi (D5)	0	0	0
<b>Frais généraux</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
<b>Chargements</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>0</b>
<b>Commissions</b>	<b>47</b>	<b>47</b>	<b>0</b>
<b>Marge de gestion</b>	<b>-27</b>	<b>-30</b>	<b>-3</b>
<b>PVFP</b>	<b>62</b>	<b>57</b>	<b>-5</b>
<b>S/C</b>	<b>36,04%</b>	<b>41,47%</b>	<b>5,42%</b>

Les prestations du modèle de S/C dynamique sont plus élevées dû à un niveau de S/C moyen plus important du fait d'une plus grande précision en utilisant les lois en mortalité.

En invalidité, le S/C moyen recalculé à partir des sorties du modèle interne est de 41,47% sur le modèle de S/C dynamique contre 36,04% pour le modèle de S/C Flats. Les garanties décès, qui représentent 75% des primes du portefeuille A, ont un S/C moyen de 42,97%, contre 21,18% dans le modèle de S/C Flats. L'impact global observé sur le portefeuille A est porté par ces garanties décès. .



S/C Moyens Inputs		
Models	Corpo	Deces
S/C Flats	28%	40%
S/C Dynamiques	12%	56%

Modèles	Chocs Techniques
S/C constants	36,04%
S/C dynamiques	41%
T/T	41%

L'écart entre les marges techniques de ces deux modèles s'explique par les mouvements de prestations : une hausse des prestations va entraîner une baisse de la marge technique. En effet, dans les deux modèles, les changements de S/C n'ont pas impacté les primes pures qui sont écoulées selon la même loi de résiliation.

La baisse de la marge de gestion (définie comme  $\text{Chargement} - \text{Commissions} - \text{frais}$ ) dans le modèle en S/C dynamiques vient du fait qu'on a plus de sinistralité dans ce modèle, par conséquent les frais sur sinistres augmentent ce qui entraîne cette perte de 3 M€ sur la marge de gestion.

Quant à la marge financière qui est le taux de rendement de l'Actif Général de Prévoyance appliqué aux provisions (PM + PSAP + Fonds de PB), on note une légère baisse de la PM sur le modèle de S/C dynamique avec une variation d'1 M€.

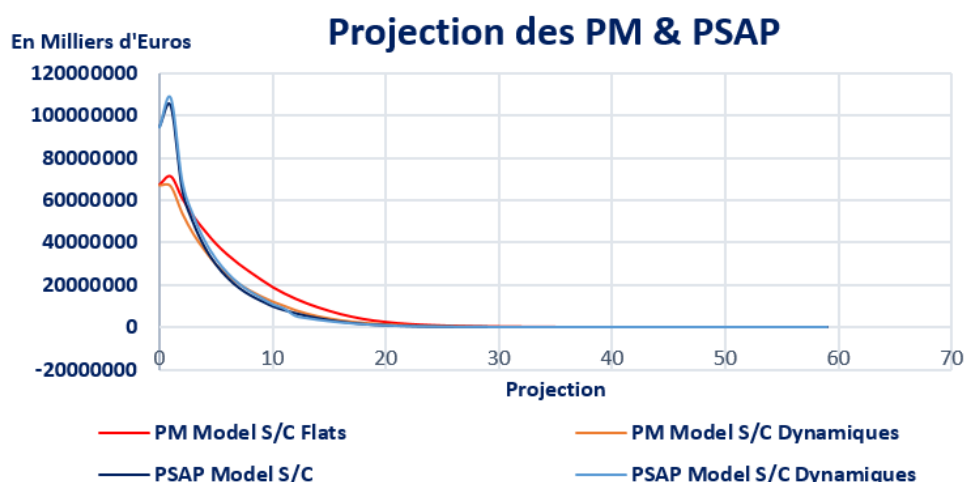


FIGURE 9.6 – Projection des provisions

Ainsi, la variation de la VIF qui est la somme de ces trois marges ( Marge Tech + Marge de Gestion + Marge Fin ) résulte des différentes variations observées ci-dessus. En conclusion, on observe que la projection des sinistres en utilisant les tables d'expérience au lieu des sinistres observés sur le passé entraîne une hausse de 9% des prestations projetées ce qui génère une perte de PVFP de 5M€ sur le périmètre emprunteur.

### 9.2.3 Impact sur le Best Estimate of Liabilities des différentes modélisations

Le best estimate correspond à l'espérance des cash-flows futurs des passifs d'assurance actualisés suivant la courbe de taux sans risque majorée du volatility adjuster (VA) diminué du credit risk adjustment (CRA).

En pratique, AXA France retient une méthode indirecte pour calculer le BEL en utilisant l'équation suivante :  $BEL = VB - VIF$ .

Avec VB, la valeur boursière des actifs en représentation des provisions modélisées et la VIF correspondant à la valeur de l'In Force, brute d'impôt et hors coût du capital. Le modèle utilisé étant « market consistent » et les produits financiers étant attribués soit au BEL soit à la VIF, les deux méthodes BEL direct et BEL indirect sont équivalentes.

Au vu des différentes modélisations, le BEL augment de +9% pour le modèle tête par tête et +7% pour le modèle en S/C dynamiques.

Modèles	BEL	Impacts
S/C Constants	119 M€	-
T/T	130 M€	+9%
S/C Dynamiques	127 M€	+7%

# Chapitre 10

## Test de sensibilités : Choc sur les lois de résiliations et de sorties

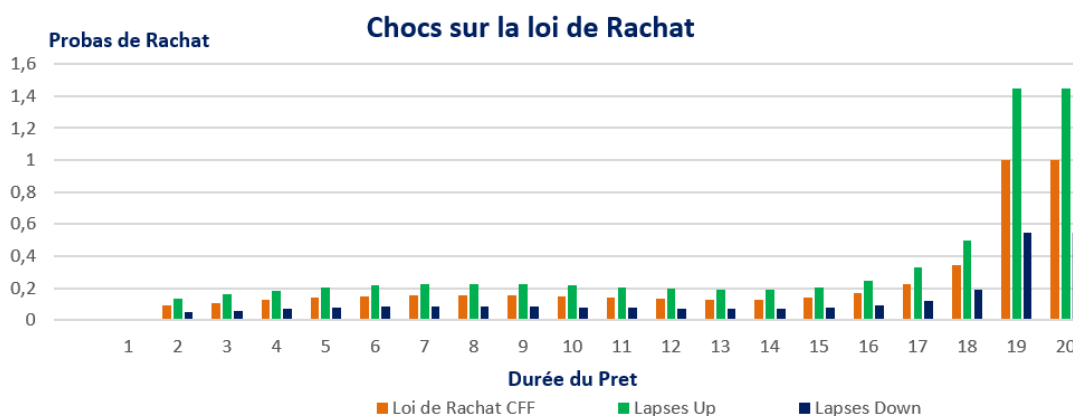
Depuis le 1er janvier 2018, l'amendement Bourquin offre un droit de résiliation annuelle de l'assurance emprunteur.

Cette libération du marché touche avant tout les assurances collectives pour lesquelles il était impossible de résilier l'assurance au-delà de la première année et pour lesquelles l'équilibre des risques n'est plus assuré en cas de fuite des bons risques, ce qui conduit à une accélération des résiliations .

Pour chiffrer l'impact lié à la hausse ou à la baisse des résiliations sur notre portefeuille, nous allons choqué notre loi de rachat afin de capter la sensibilité de nos résultats. Les chocs techniques ont été fournis par l'équipe calibrage vie du Risk Management.

$$Q_x(\text{choqué}) = Q_x(\text{Rachat}) \times (1 + \text{Niveau de Choc})$$

Scénarios	Chocs Techniques
Hausse	+45%
Baisse	-45%



- Lapses Up c'est la hausse des rachats et Lapses Down c'est la baisse des rachats.

<i>impact net d'IS en m€</i>	Model BC T/T	Choc -45%	Choc +45%
		Model T/T Choc Lapses Down	Model T/T Choc Lapses Up
(+) Prime pure	58	74	47
(-) Prestation	50	57	45
(-) Delta provisions	-15	-15	-15
(+) IC	2	2	2
<b>Marge technique avant pb</b>	<b>25</b>	<b>34</b>	<b>19</b>
<b>Marge technique brute</b>	<b>25</b>	<b>34</b>	<b>19</b>
<b>Marge technique nette de réass</b>	<b>24</b>	<b>33</b>	<b>19</b>
(+) Produits financiers	60	60	60
(-) Produits financiers rémunération	2	2	2
(*) Assiette de produits financiers	86	93	81
<b>Marge financière brute</b>	<b>58</b>	<b>58</b>	<b>58</b>
<b>Marge financière nette de réass</b>	<b>56</b>	<b>57</b>	<b>56</b>
<b>Solde de réassurance</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
Frais acquisition (D1)	0	0	0
Frais de gestion (D2)	1	2	1
Frais sur sinistres (D3)	1	3	0,5
Frais de placements fi (D5)	0	0	0
<b>Frais généraux</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
Chargements	22	28	18
Commissions	45	57	36
<b>Marge de gestion</b>	<b>-26</b>	<b>-33</b>	<b>-21</b>
PVFP	55	57	54
S/C	41,31%	39,63%	43,05%

Lorsqu'on applique un choc de +45% sur la probabilité de rachat, on augmente le coefficient de rachat donc les assurés ont tendance à sortir plus vite du portefeuille, par conséquent les primes baissent et il y a moins de sinistralités. Ces mouvements de primes et de prestations impactent la marge technique avec une baisse de 6M€. La marge de gestion augmente légèrement du fait que les frais sur primes diminuent et les frais de sinistres augmentent du fait que les prestations augmentent, quant à la marge financière, il n'y a pas de variations car on reste sur la même assiette de provision et de produits financiers.

Le modélisation T/T est très sensible à la hausse des rachat sur le portefeuille ce qui entraîne une perte de PVFP de 1M€.

Une baisse de la probabilité de rachat signifie une hausse du chiffre d'affaires car les assurés ont tendance à rester dans le portefeuille. Ainsi la sinistralité augmente avec une variation à la hausse de la marge de gestion. En effet, le modèle T/T est sensible à la baisse de rachat, ainsi, la PVFP augmente de 2M€.



# Conclusion

Dans un premier temps, nous avons présenté les différents modes de tarification d'un contrat emprunteur et de projection du capital restant dû selon le type de prêt (Classique ou In fine). Cette partie nous a permis de projeter la sinistralité à laquelle sont appliquées les lois biométriques (tables réglementaires et lois d'expérience). Il ressort que durant les premières années de projection la sinistralité était favorable à l'assureur dans la mesure où les probabilités de décès, invalidé ou d'incapacité temporaire étaient faibles. Cependant, cette tendance s'inverse durant les dernières années du prêt et dans ce cas l'assureur paye une prestation plus importante. Cela permet à l'assureur de compenser les gains durant les premières années du contrat et ainsi de produire un résultat positif à condition que l'assuré demeure suffisamment longtemps dans le contrat.

Nous avons ensuite travaillé sur la mise en place du modèle T/T permettant de projeter via une approche selon les caractéristiques des assurés les flux de trésoreries (prestations et primes) et les provisions mathématiques en tenant compte toutes les spécificités du portefeuille. Afin de projeter ces flux de trésoreries, nous devons appliquer des lois biométriques aux CRD projetés.

Nous avons donc construit des Model Points synthétiques pour représenter des assurés moyens représentatifs du portefeuille. Cette méthode est efficace lorsque l'on utilise l'âge actuariel comme âge moyen du Model Point. Ce procédé permet de gagner un temps de calcul non négligeable, et permet de rendre le modèle soutenable sur le long terme.

Enfin, nous avons construits un modèle fonctionnant avec des S/C Dynamiques faciles à recalculer à chaque période de production et à implémenter dans le modèle interne, ces derniers ont été construits via une approche similaire à celle utilisée dans le calcul de la sinistralité du modèle tête par tête et des données tête par tête qu'on implémente dans le modèle actuel.

Au vu des deux modèles construits, les modèles tête par tête et S/C dynamiques sont très comparables et sont donc souhaitables pour des questions d'optimisation de temps de calcul et de complexité de garder un modèle en S/C avec le dynamisme. En revanche, cette comparabilité pourrait être remise en cause si la structure du portefeuille varie beaucoup car la forme des S/C dépend beaucoup de l'âge et de la durée de l'emprunt.

# Bibliographie

- [1] <https://www.ffa-assurance.fr/etudes-et-chiffres-cles/les-contrats-assurance-emprunteur-en-2017>.
- [2] [https://www.institutdesactuaires.com/global/gene/link.php?doc\\_id=10685&fg=1](https://www.institutdesactuaires.com/global/gene/link.php?doc_id=10685&fg=1).
- [3] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Assurance\\_de\\_pr%C3%AAt](https://fr.wikipedia.org/wiki/Assurance_de_pr%C3%AAt).
- [4] Yannick Appert-Raullin. Cours entreprise risk management. *Master 2 Actuariat ISUP*, 2019.
- [5] Mathilde Garotin. Cours mcev. *Master 2 Actuariat ISUP*, 2019.
- [6] David LALOUM. *Mémoire IA : Tarification et rentabilité d'un contrat emprunteur individuel dans le contexte nouveau de l'amendement Bourquin*. Novembre 2018.
- [7] Stephane MENDY. *Mémoire IA : Etude d'un contrat d'assurance emprunteur dans le contexte Solvabilité II*. Avril 2017.
- [8] Laurent MONSIGNY. Cours emprunts indivis. *Master 1 Actuariat ISUP*, 2018.
- [9] Manon PHILBERT. *Rapport de stage*. 2015.
- [10] Fabienne TALOURD. *Mémoire IA : La rentabilité des contrats collectifs d'assurance emprunteur*. 2003.
- [11] AXA France Vie. *Assurance Emprunteur : quels changements ? Quels impacts sur le monde de l'assurance*. 10 Décembre 2018.
- [12] AXA France Vie. *Études techniques*. Juillet 2016.

# Sigles et abréviations

**PVFP** : Present Value of Futurs Profits

**BEL** : Best Estimates Liabilities

**VIF** : Value of In Force = Valeur du portefeuille en Vie

**SCR** : Solvency Capital Requirement

**STEC** : Short Term Economic Capital = capital économique court terme

**EOF** : Eligibles Own Funds = Ressources financières disponibles

**EEV** : European Embedded Value = Valeur intrinsèque européenne

**NBV** : New Business Value

**MP** : Models Points

**SUNRISE** : Modèle interne AXA France Vie

**CRD** : Capital Restant dû

**DIT** : Garantie Décès ou Incapacité Temporaire

**PTIA** : Garantie Perte Totale et Irréversible d'Autonomie

**ACPR** : Autorité de contrôle prudentiel et de résolution

**DAAP** : Direction Actuariat et de l'Assurance de Personnes AXA France

**DM** : Direction Marketing AXA France

**MCR** : Minimum Capital Requirement

**PB** : Participations aux bénéfices

# Annexe A

## 10.1 Tableau d'amortissement de le dette

Lorsque l'on souhaite réaliser un emprunt auprès d'un établissement de crédit, il est nécessaire de souscrire une assurance emprunteur pour garantir cet emprunt. C'est une sécurité pour l'assuré et sa famille, c'en est une aussi pour l'organisme de crédit. Elle prévoit le remboursement du capital restant dû ou des mensualités en cas de sinistre.

Le risque décroît avec deux phénomènes opposés :

1. **Le nombre des sinistres augmente avec l'âge de l'assuré ;**
2. **Les prestations décroissent grâce à la diminution progressive du capital restant dû (CRD) au fur et à mesure que l'assuré paie ses mensualités.**

Nous définissons les notations suivantes :

- Capital emprunté  $V_0$
- durée  $N$
- au taux d'intérêt  $i$
- Capital amorti à chaque échéance  $r$
- Intérêts à chaque échéance  $I_p = V_{p-1} * i$
- échéance totale  $a_p = I_p + r$
- $d$  = période différée

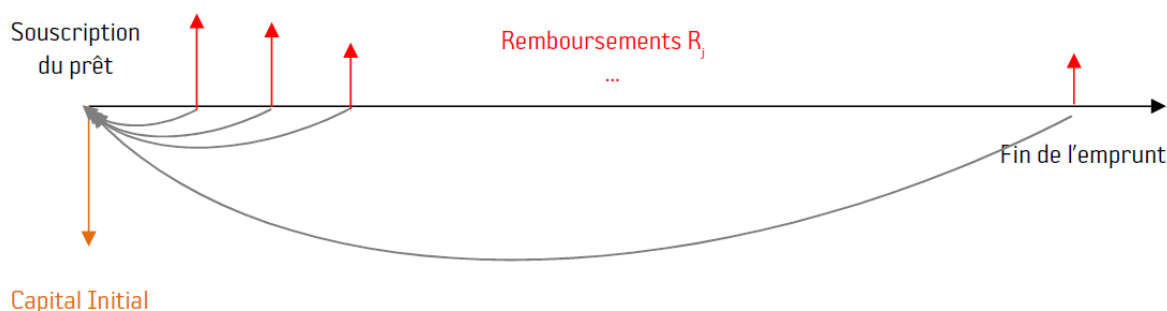
### 10.1.1 Prêt Classique

Dans certains cas, l'emprunteur peut avoir besoin de moduler ses remboursements. Le contrat de prêt peut alors prévoir que pendant un certain temps, l'emprunteur suspendra ses remboursements ou les effectuera de façon spécifique. On rencontre deux types de différé :

- Le différé est un différé total, si aucun versement n'est effectué durant la période de différé, dans ce cas les intérêts continuant à courir, ils viendront s'ajouter au capital restant dû.
- Le différé est un différé partiel ou d'amortissement, si seuls les intérêts sont payés durant la période de différé. Dans ce cas les intérêts dus étant payés, le capital restant dû n'est pas modifié. Dans chacun de ces cas le coût de l'emprunt est surenchérit par rapport à un emprunt à annuité constante sans différé.

### Prêt amortissable sans différé

Dans ce cas c'est l'annuité qui est constante, les intérêts sont calculés sur le capital restant dû avant chaque annuité et l'amortissement du capital est la différence entre l'annuité et les intérêts sur le capital restant dû.



Le remboursement constant a comprend : une part  $r$  d'amortissement de capital et une part  $I$  d'intérêt sur le capital restant dû

$$a = V_0 \times \frac{i}{\left[1 - \frac{1}{(1+i)^n}\right]} \quad \boxed{r_p = r_1 \times (1+i)^{p-1}}$$

Nous venons de calculer l'amortissement  $r_j$  à chaque versement, posons nous la question maintenant du montant remboursé cumulé  $R_p$  après le  $p^{i\text{eme}}$  paiement.

$$\boxed{R_p = V_0 \times \left[ \frac{(1+i)^p - 1}{(1+i)^n - 1} \right]}$$

Le capital restant dû en  $p$  est le montant du principal encore à rembourser à la période  $p$ . C'est le capital initial diminué des amortissements, on peut le calculer en actualisant les annuités restantes.

$$V_p = \frac{a}{(1+i)} + \frac{a}{(1+i)^2} + \frac{a}{(1+i)^3} + \dots + \frac{a}{(1+i)^{n-p}} \quad \boxed{V_p = \frac{a}{i} \times \left[ 1 - \frac{1}{(1+i)^{n-p}} \right]}$$

Les intérêts  $I_p$  payer au  $p^{i\text{eme}}$  remboursement sont :

### Application

$$I_p = a \times \left[ 1 - \frac{1}{(1+i)^{n-(p-1)}} \right]$$

Période	Annuité $a$	Intérêts de la période	Amortissement Capital remboursé	Capital restant dû
0				$V_0$
1	$a$	$I_1 = V_0 \times i$	$r_1 = a - I_1$	$V_1 = V_0 - r_1$
2	$a$	$I_2 = V_1 \times i$	$r_2 = a - I_2$	$V_2 = V_1 - r_2$
P	$a$	$I_p = V_{p-1} \times i$	$r_p = a - I_p$	$V_p = V_{p-1} - r_p$
N	$a$	$I_n = V_{n-1} \times i$	$r_n = a - I_n$	0

FIGURE 10.1 – Tableau d'amortissement classique

Soit un emprunt de montant  $V_0 = 100\,000$  au taux d'intérêts  $i = 5\%$  pour une durée de 10 ans, paiement annuel.

Echéance	Total échéance	Intérêts	Capital remboursé	Capital restant dû
		5%		100 000.00 €
1	12 950.46 €	5 000.00 €	7 950.46 €	92 049.54 €
2	12 950.46 €	4 602.48 €	8 347.98 €	83 701.56 €
3	12 950.46 €	4 185.08 €	8 765.38 €	74 936.18 €
4	12 950.46 €	3 746.81 €	9 203.65 €	65 732.53 €
5	12 950.46 €	3 286.63 €	9 663.83 €	56 068.70 €
6	12 950.46 €	2 803.44 €	10 147.02 €	45 921.68 €
7	12 950.46 €	2 296.08 €	10 654.37 €	35 267.31 €
8	12 950.46 €	1 763.37 €	11 187.09 €	24 080.22 €
9	12 950.46 €	1 204.01 €	11 746.45 €	12 333.77 €
10	12 950.46 €	616.69 €	12 333.77 €	0.00 €
Total	129 504.57 €	29 504.57 €	100 000.00 €	

FIGURE 10.2 – Exemple d'application

### Prêt amortissable avec différé total

Durant les  $d$  premières périodes il n'y a aucun paiement. Pour autant les intérêts sur le capital emprunté courent.

$$a_{at} = V_0 \times i \times \frac{(1+i)^n}{(1+i)^{n-d} - 1} \quad I_{d+j} = V_0(1+i)^d \times i \left[ \frac{(1+i)^{n-d} - (1+i)^{j-1}}{(1+i)^{n-d} - 1} \right]$$

L'intérêt n'étant pas honoré il vient s'ajouter au capital emprunté, le capital restant dû à la fin de la première période est :

$$\text{Pour } t \in [1, d] \quad V_t = V_0(1+i)^t$$

pour  $t \in [d+1, n]$  en prenant  $t = d+j$  avec  $j \in [1, n-d]$

$$\sum_{j=1}^{n-d} (1+i)^{j-1} = \frac{(1+i)^j - 1}{i}$$

$$V_{d+j} = V_0(1+i)^d \left[ \frac{(1+i)^{n-d} - (1+i)^j}{(1+i)^{n-d} - 1} \right]$$

**Prêt amortissable avec différé partiel**

Les intérêts sont payés durant le différé, l'amortissement  $a_{da}$  ne commence qu'à la période  $d+1$ .

$$\text{avec } j=1 \quad I_{d+1} = V_0 \times i$$

avec  $j \in ]1, n-d]$

$$I_{d+j} = \left[ V_0(1+i)^{j-2} \left[ 1 - \frac{i}{(1+i)^{n-d} - 1} \right] - V_0 \frac{(1+i)^{n-d}}{(1+i)^{n-d} - 1} \times ((1+i)^{j-2} - 1) \right] \times i$$

Nous retrouvons la valeur de l'annuité constante sur  $(n-d)$  périodes, l'intérêt étant payé pendant la période de différé, l'annuité ce calcul à partir de  $V_0$  pour une durée  $(n-d)$ .

$$a_{da} = \frac{V_0 \times i}{1 - \frac{1}{(1+i)^{n-d}}}$$

Nous retrouvons la formule du capital restant dû :

$$V_{d+1} = V_0 \left[ 1 - \frac{i}{(1+i)^{n-d} - 1} \right]$$

$$V_{d+2} = V_0(1+i) \left[ 1 - \frac{i}{(1+i)^{n-d} - 1} \right] - V_0 \times i \frac{(1+i)^{n-d}}{(1+i)^{n-d} - 1}$$

$$V_{d+3} = V_0(1+i)^2 \left[ 1 - \frac{i}{(1+i)^{n-d} - 1} \right] - V_0 \times i \frac{(1+i)^{n-d}}{(1+i)^{n-d} - 1} \times \frac{(1+i)^2 - 1}{i}$$

avec  $j \in [1, n-d]$

$$V_{d+j} = V_0(1+i)^{j-1} \left[ 1 - \frac{i}{(1+i)^{n-d} - 1} \right] - V_0 \frac{(1+i)^{n-d}}{(1+i)^{n-d} - 1} \times ((1+i)^{j-1} - 1)$$

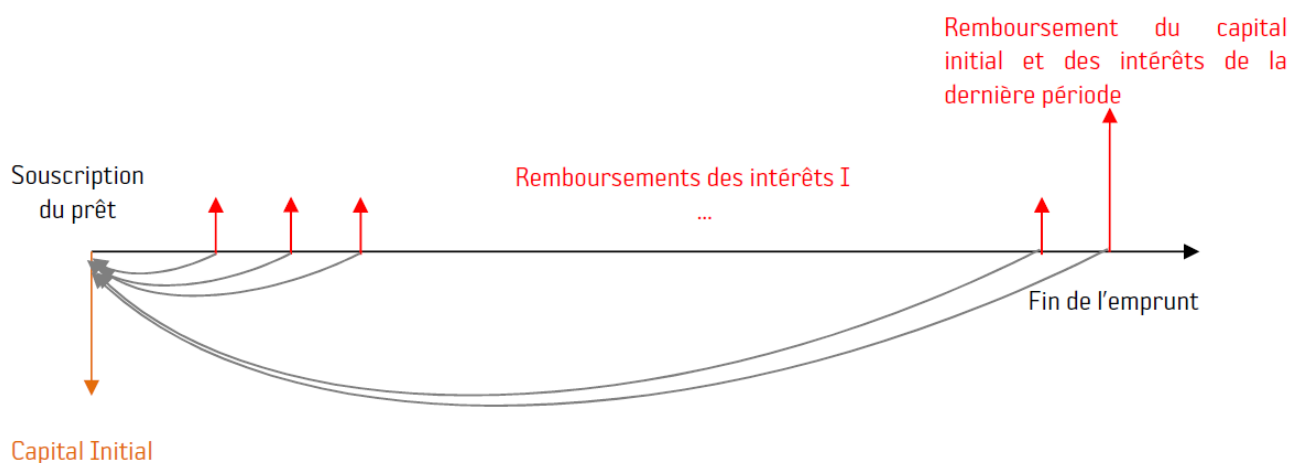
Comme on pouvait s'y attendre le coût du crédit avec différé, même partiel, est plus élevé que le coût du crédit avec annuités constantes, du fait du non amortissement du capital pendant le différé les intérêts payés ne diminuent pas avec les amortissements.



### 10.1.2 Prêt non amortissable : Prêt In fine

L'amortissement in fine consiste à rembourser le capital en une seule fois à l'échéance du prêt.

Les intérêts peuvent être payés périodiquement ou à l'échéance. Ce type de prêt s'applique sur des durées courtes et les intérêts sont calculés selon la méthode des intérêts simples.



- Capital emprunté  $V_0$
- durée  $n$
- au taux d'intérêt  $i$
- Capital amorti à chaque échéance pour  $j < n$   $r_j = 0$
- Intérêts à chaque échéance  $I_p = V_0 \times i$
- Total échéance  $a_{j < n} = I_p$  et  $a_n = I_p + V_0$

Période	Annuité $a_t$	Intérêts de la période	Amortissement Capital remboursé	Capital restant dû
0				$V_0$
1	$a_1 = I_p$	$I_1 = V_0 \times i$	$r_1 = 0$	$V_0$
2	$a_2 = I_p$	$I_2 = V_0 \times i$	$r_2 = 0$	$V_0$
P	$a_p = I_p$	$I_p = V_0 \times i$	$r_p = 0$	$V_0$
N	$a_n = I_n + V_0$	$I_n = V_0 \times i$	$r_n = V_0$	0

### 10.1.3 Prêt avec option de leasing

Le leasing consiste en un crédit à la consommation, destiné à l'acquisition (temporaire ou non) d'un bien. Cette hypothèse intervient lorsque vous n'êtes pas certain de vouloir conserver le bien à l'issue de l'échéance : dès lors, vous restituerez le bien. En revanche, si vous désirez garder le bien, il vous suffira de lever l'option d'achat. L'achat peut même, dans certaines conditions, être réalisé en cours de location.

Dans le cadre du crédit-bail, l'établissement de crédit qui fait l'acquisition du bien pour le compte de l'emprunteur, puis le prête. L'emprunteur doit alors verser un loyer mensuel pendant la durée du leasing. A l'issue, il faudra décider de conserver ou non l'objet de l'achat.

Un certain pourcentage du prêt n'est pas payé par mensualités, mais par un paiement forfaitaire à la fin de la durée du prêt.

Le solde impayé l'instant  $t=0$  diminue du montant de l'acompte :

$$\Leftrightarrow V_0 = \text{Capital initial} - \text{Acompte}$$

$$\Leftrightarrow V_T = \text{Capital initial} \times (1 - \text{Call option \%})$$

Calcul de la valeur actuelle au temps 0 ( $PV_0$ )

$$PV_0 = \text{Capital initial} - \text{Acompte} - PV \text{ of call Option}$$

$$PV_0 = \text{Capital initial} - \text{Acompte} - \text{Capital initial} \times \frac{\text{Call Option \%}}{(1+r)^T}$$

$$PV_0 = \text{Capital initial} \times \left(1 - \frac{\text{Call Option \%}}{(1+r)^T}\right) - \text{Acompte}$$

Ensuite la valeur actuelle est amortie :

$$PV_0 = \sum_{i=1}^T \frac{E}{(1+r)^i}$$

$$E = \frac{PV_0 \times r}{\left(1 - \frac{1}{(1+r)^T}\right)}$$

La fonction de leasing :

- Ne fonctionne pas avec le type de prêt : In Fine
- Ne fonctionne avec aucun type de report
- Ne fonctionne pas avec un taux d'intérêt variable
- Ne fonctionne pas avec un remboursement progressif

- Ne fonctionne pas avec un prêt à taux zéro (PTZ)

### 10.1.4 Prêt avec amortissement croissant

Dans ce type de prêt, les annuités augmentent progressivement.

- L'utilisateur peut choisir le report du capital, le report du capital et des intérêts ou aucun report ;
- Ne peut pas utiliser la fonction de location d'options d'achat ;
- Un taux d'intérêt variable est possible.

$$V_t = 0 \text{ pour } t \leq d \text{ si différé total}$$

$$= I_t \text{ pour tout } t \leq d \text{ si différé partiel}$$

Pour tout  $t > d$ ,

$$V_{t-1} = \sum_{i=t}^T \frac{a_t \times (1+g)^{i-t}}{(1+r_t)^{i-t+1}}$$

On remplace par  $j = \frac{(1+g)}{(1+r_t)}$ , alors on :

$$V_{t-1} = a_t \times \frac{1 - j^{T-t+1}}{r_t - g}$$

On peut déduire la formule suivante :

$$a_t = \frac{OB_{t-1} \times (r_t - g)}{1 - \left(\frac{1+g}{1+r_t}\right)^{T-t+1}}$$

où  $g$  représente le taux de croissance de l'amortissement.

# *Executive Summary*

## Context

When you want to make a loan from a credit institution, it is necessary to take out borrower insurance to guarantee our loan. It is a security for the insured and his family, it is also a security for the credit institution. This insurance provides for the reimbursement of the outstanding capital or monthly payments in the event of a claim. This loan insurance (or borrower insurance) is temporary, limited to the duration of the loan. It therefore ends as soon as the loan is repaid, either on the end date of the loan initially scheduled, or following an early redemption (very common case). Creditor insurance is essential for obtaining a loan from a credit institution.

This thesis aims to model borrower contracts using a head-to-head approach. The current model making it possible to calculate the various Solvency 2 indicators (EOF, STEC, BEL, etc.), as well as profitability indicators (EEV, NBV) on the basis of a simplified modeling of the Borrowers perimeter taking into account the modeling via S/C flats (for all guarantees : Death, temporary incapacity, total and irreversible loss of autonomy) throughout the duration of the loan, the pooling of the PB fund for several guarantees of the same contract and Under Solvency II, the application of the frontier of contracts.

Thus, we will have to make the modeling evolve towards a more faithful representation of commitments and contractual conditions on the basis of data head by head. The objective of this approach is to model the cash flows of the services (claims and premiums) according to the probabilities of moving from one state (guarantee) to another and of the outstanding capital using the regulatory tables and the laws of experience, and the calculation of provisions.

This study ends with another modeling via S/C dynamics with an impact analysis of the different types of modeling, in particular on the VIF, the BEL and the STEC.

**Keywords :** Borrower contract, head by head, EOF, EEV, BEL, VIF, STEC, NBV.