

**Mémoire d'Actuariat**  
*- année universitaire 2006/2007 -*

**Emmanuelle AUER**

## **Modélisation d'un contrat emprunteur : Impacts & Résultats**

### ➤ **ETABLISSEMENT D'ACCUEIL**

VERSPIEREN  
Département : ACTUARIAT VIE  
57, rue de Villiers  
92 200 NEUILLY-SUR-SEINE



### ➤ **MAITRE DE STAGE**

Cyril LEGER  
Responsable du pôle Actuariat Vie  
cleger@verspieren.com

### ➤ **PERIODE DE STAGE**

Du 16/04/2007 au 14/09/2007

## Résumé

Lorsque l'on souhaite emprunter, qu'il s'agisse d'un prêt immobilier ou d'un prêt à la consommation, il est nécessaire de souscrire à une assurance emprunteur pour garantir le prêt. L'assurance emprunteur permet de prémunir l'organisme prêteur contre le risque pour l'emprunteur de ne plus pouvoir rembourser les échéances du prêt, en cas de décès, d'invalidité ou d'incapacité de travail. C'est une sécurité pour l'emprunteur, mais également pour le prêteur. En cas de décès ou d'entrée en invalidité, l'assureur s'engage à verser le capital restant dû du prêt. Pour la garantie incapacité de travail, celui-ci s'engage, passé un certain nombre de jours appelés « Franchise », à prendre en charge le montant des échéances du prêt durant l'état d'incapacité de travail. Si l'un de ces risques se réalise, l'assureur se substitue à l'emprunteur et verse directement la prestation à l'organisme créancier.

Le contrat que nous nous proposons d'étudier est un contrat de crédit automobile, c'est-à-dire de type prêt à la consommation. La mission qui m'a été confiée consiste à mettre en place, pour une société X, un outil permettant le calcul des primes et des différents engagements à partir des caractéristiques du prêt avec l'établissement d'un compte de résultats technique assureur. Le contrat proposé pour les emprunteurs est un contrat de groupe. Autrement dit, le taux est nivelé, c'est-à-dire constant pendant toute la durée du prêt et ce quel que soit l'âge de l'assuré.

La provision pour risques croissants (PRC) a pour objet de prendre en compte l'augmentation du risque de mortalité avec l'âge de l'adhérent lorsque la prime ne peut être ajustée. Elle est le résultat de la différence entre les engagements respectivement pris par l'assureur et l'assuré, elle permet à l'assureur d'honorer ses prestations à tout moment. Compte tenu de l'importance de la PRC en assurance emprunteur, nous avons mené une étude à ce sujet.

Dans un premier temps, une partie technique a été élaborée pour mettre en évidence l'ensemble des principes essentiels, les dispositifs réglementaires, les paramètres et les formules de calculs. A partir du tarif d'équilibre déterminé pour le groupe sur la base des caractéristiques d'un individu type, nous avons, dans un second temps, fait varier l'ensemble des paramètres pour en distinguer l'impact sur la PRC et le résultat technique. Nous avons observé, que le comportement du résultat était très sensible à la durée du prêt ainsi qu'à l'âge de l'assuré à la souscription du prêt.

## Summary

When we wish to borrow, for a real-estate loan or for a consumer loan, it is necessary to sign a borrower's insurance to guarantee the loan. The borrower's insurance allows to protect the lending body against the risk for the borrower not to be able to any more pay off the terms of the loan, in the event of death, short term or long term disability. It is a safety for the borrower, but also for loan taker. In the event of death or of long term disability, the insurer makes a commitment to pay the remaining capital of the loan. For the short term guarantee, this one makes the commitment, after a certain number of days called "Deductible", to pay the amount of the loan instalments as long as the short term disability lasts. If one of the risks occurs, the insurer substitutes himself to the borrower and pays directly the service to the creditor.

The contract which we suggest to study is a contract of automobile credit, that is type of consumer loan. So our role is to set up, for a company X, a tool allowing the calculation of the premiums and the various liabilities based on the characteristics of the loan. The contract proposed for the borrowers is a contract of group. In other words, the rate is levelled, that is constant during all the duration of the loan and this whatever is the age of the insured.

The reserve for growing risks (PRC) is created to take into account the increase of the risk of mortality with the age of the member when the premium cannot be adjusted. Result of the difference between the commitments respectively taken by the insurer and the insured, it allows the insurer to honor its services at any time. Considering the importance of the PRC in borrower's insurance, we decided to conduct a study on this subject.

At first, a technical part was designed to bring to light all the essential principles, statutory devices, parameters and formulae of calculations. Then from the equilibrium rate determined for the group on the basis of the characteristics of a typical individual, we made, on second, all the parameters vary to distinguish the impact on the PRC and the technical result. We observed, that the behaviour of the result was very sensitive to the length of the loan as well as to the age of the insured at subscription of the loan.

## Table des matières

<b>Remerciements .....</b>	<b>6</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>7</b>
<b>Partie I. Etude théorique d'un contrat emprunteur .....</b>	<b>10</b>
A. Principales caractéristiques d'un contrat emprunteur .....	10
1. Les garanties proposées.....	10
1.1. Les risques assurés .....	10
1.2. Les catégories de prêts .....	11
2. La forme des contrats .....	12
2.1. le contrat collectif.....	12
2.2. Le devoir d'information du prêteur.....	13
3. La sélection médicale .....	13
3.1. La déclaration de bonne santé .....	13
3.2. Le questionnaire d'état de santé simplifié ou complet.....	13
3.3. Le cas particulier des prêts à la consommation.....	14
4. La convention Aéras.....	14
4.1. Le risque invalidité.....	14
4.2. Limitations des surprimes .....	14
5. Les exclusions .....	15
5.1. Les exclusions légales .....	15
5.2. Les exclusions recommandées .....	16
5.3. Exclusions : pool catastrophe décès et décès accidentel.....	16
B. Tarification du contrat emprunteur .....	18
1. Paramètres du calcul des provisions.....	18
2. Calcul du tableau d'amortissement .....	19
3. La probabilité de survie et de décès : les tables de mortalité .....	22
4. Les probabilités en arrêt de travail .....	24
5. Le décès.....	25
5.1. Le montant de prime .....	25
5.2. La provision mathématique.....	27
6. L'incapacité et l'invalidité .....	28
6.1. La provision incapacité en cours de service.....	28
6.2. La provision invalidité en attente.....	29
6.3. Le montant de prime .....	30
6.4. La provision pour risque croissant (PRC) .....	31
7. Détermination du tarif de groupe .....	32
8. Le remboursement anticipé .....	33
8.1. La notion de remboursement anticipé .....	33
8.2. Le taux de remboursement anticipé .....	33
C. Modélisation du compte de résultat .....	35
1. La prime .....	35
2. Les sinistres .....	36
3. La Provision pour Risques Croissants (PRC) .....	37
4. La Provision pour Sinistre en Cours (PSC).....	38
5. Les produits financiers .....	39
6. La détermination du résultat.....	41

D.	Les outils de calcul développés .....	42
1.	Construction des Provisions pour Risque Croissant .....	42
2.	Construction du compte de résultat .....	43
E.	Conclusion.....	45
<b>Partie II.</b>	<b>Etude empirique d'un contrat emprunteur .....</b>	<b>46</b>
A.	Tarification du produit .....	46
1.	Hypothèses de calcul .....	46
2.	Validation de la tarification.....	48
2.1.	Evolution de la PRC à l'équilibre .....	48
2.2.	Validation de la tarification.....	52
B.	Simulation du compte de résultat .....	55
1.	Le décès.....	55
2.	L'incapacité de travail.....	57
C.	Sensibilité du compte de résultat.....	60
1.	Impact d'une variation de l'âge à la souscription .....	60
1.1.	Le décès.....	60
1.2.	L'incapacité de travail.....	63
2.	Impact d'une variation de la durée du prêt.....	67
2.1.	Le décès.....	67
2.2.	L'incapacité de travail.....	69
3.	Impact d'une variation du taux d'intérêt du prêt.....	72
3.1.	Le décès.....	72
3.2.	L'incapacité de travail.....	75
4.	Impact d'une variation du taux technique .....	78
4.1.	Le décès.....	78
4.2.	L'incapacité de travail.....	80
5.	Impact d'un changement de table de mortalité .....	84
5.1.	Le décès.....	84
5.2.	L'incapacité de travail.....	86
D.	Conclusion.....	89
<b>Conclusion.....</b>	<b>90</b>	
<b>ANNEXES.....</b>	<b>92</b>	

## Remerciements

Je remercie tout d'abord VERSPIEREN pour m'avoir permis d'accomplir mon stage, et plus particulièrement, toute l'équipe du Pôle Actuariat Vie qui a su m'accueillir dans une ambiance conviviale et sympathique.

Je tiens tout particulièrement à remercier Cyril LEGER et Nicolas DE TEMMERMAN pour leurs disponibilités, leurs aides et pour leurs nombreux conseils tout au long de ma mission.

Je tiens également à remercier Michaël LAVAL, Vincent LEGUET et Céline ECK pour leur accueil, leur aide et leur bonne humeur jour après jour.

## Introduction

L'assurance joue un rôle essentiel dans la sécurisation des opérations de crédit. Contrairement à de récentes déclarations, les assureurs respectent totalement la législation en vigueur et les dispositions contractuelles relatives aux assurances collectives des emprunteurs.

Applicable depuis le 6 janvier 2007, la convention Aéras, qui succède à la convention dite « Belorgey », a encore repoussé les limites de l'assurabilité pour les personnes présentant un risque aggravé de santé. En effet, au cours des cinq premiers mois de cette année, avec près de 3 000 dossiers reçus, le pool des risques aggravés (troisième niveau du dispositif conventionnel) a reçu trois fois plus de demandes que pendant la même période de 2006.

Au cours des cinq dernières années, l'accroissement de l'encours des crédits dans le revenu disponible brut des ménages, et ainsi des crédits à la consommation, a été spectaculaire. Après avoir oscillé entre 39 et 45 % de 1989 à 2002, il devrait atteindre 65 % en 2007, notamment avec la progression des emprunts immobiliers (53 % en 2007, contre 34 % en 2002). L'encours des crédits devrait s'élever à près de 800 milliards d'euros en 2007. Les crédits de court terme favorisent la consommation notamment des crédits automobiles car nous constatons en moyenne deux véhicules par foyer, tandis que les crédits de long terme stimulent la construction et les dépenses pour l'habitat. L'assurance joue ici un rôle important dans la sécurisation des opérations de crédit. Contrairement à une idée répandue, l'âge moyen des personnes endettées s'est accru : 46 ans en 2006, contre 41 ans en 1989. Les « 55 ans et plus » représentaient, en 2006, 24,6 % des personnes endettées, contre 23,9 % en 1995 et 20,6 % en 1989. Toutefois, durant les années 2004 et 2005, les jeunes de moins de 30 ans ont également eu davantage recours au crédit. Ainsi, l'accession à la propriété a concerné 17,8 % des moins de 30 ans en 2006, soit le point le plus haut depuis 1989.

Les contrats d'assurances collectifs d'emprunteurs permettent de garantir l'emprunteur à un tarif constant sur toute la durée du prêt. Dans cette opération, l'assureur s'engage sur des risques dont la charge de sinistres peut varier fortement au cours de la période de couverture. Il n'est d'ailleurs pas rare de constater des pertes techniques sur ces risques, en Incapacité de travail, notamment.

En assurance emprunteur, l'assureur s'engage à verser une prestation en contrepartie d'une cotisation qui est fixée à l'origine et pour la durée du prêt. Cette cotisation est calculée en multipliant le capital initial ou le capital restant dû par un taux de primes. Ce taux de primes est nivelé, c'est-à-dire constant pendant tout le déroulé du prêt, et ce quel que soit l'âge de l'assuré. Le montant de la prime est donc soit constant, soit décroissant alors que la probabilité de survenance du risque (décès, incapacité de travail, invalidité) s'accroît avec le temps et que la prestation (capital restant dû) diminue pour le risque décès. Par conséquent, dans un contrat emprunteur, à chaque période, la prime payée par l'assuré ne correspond pas nécessairement au niveau de risque supporté par l'assureur.

Durant la vie du contrat emprunteur, la tarification génère des phases d'excédents de primes probables sur les sinistres probables, puis des phases d'insuffisance jusqu'à l'extinction du prêt. Il convient alors de gérer ce décalage temporel en constituant, dès l'origine du prêt, une provision technique de primes. Cette provision correspond à la provision mathématique en assurance vie et à la provision pour risques croissants (PRC) en assurance non vie. La PRC est donc d'une importance capitale puisqu'elle a pour but d'anticiper l'augmentation des risques avec le temps et de permettre à l'assureur de faire face à ces engagements à tout moment.

Dans un contrat de groupe, le taux de primes est calculé en fonction des caractéristiques moyennes du groupe. Il en résulte que certains assurés (les plus jeunes) paient plus que le risque qu'ils représentent alors que d'autres (les plus âgés) paient moins. Par conséquent, nous serons amenés à avoir des PRC négatives ou positives et lorsqu'elles seront négatives nous les porterons à zéro dans le compte de résultat car l'enregistrement de provisions négatives n'est pas possible en comptabilité.

Ce mémoire, nous présente l'ensemble des aspects techniques et opérationnels qui gravitent autour d'un contrat emprunteur et notamment les techniques actuarielles permettant la constitution des provisions pour risques croissants pour les garanties Décès, Incapacité de travail et Invalidité.

Dans une première partie, nous présenterons le contrat emprunteur dans son ensemble et ainsi définirons l'ensemble des garanties traitées. Nous nous intéresserons ensuite à l'ensemble des aspects techniques liés à ce contrat. La mission qui m'a été confiée a été de créer un outil capable de déterminer et de simuler dans le temps l'engagement probable de l'assureur, de



l'assuré et ainsi les provisions pour les garanties décès et arrêt de travail. Il permet également de construire un compte de résultat technique. La construction d'un outil permettant de déterminer le résultat pour chaque exercice a donc été nécessaire pour ainsi pouvoir suivre l'évolution de l'ensemble des flux financiers au cours du temps.

Dans une deuxième partie, nous étudierons l'ensemble des impacts des paramètres du prêt sur la provision pour risques croissants et sur le résultat technique. Nous serons ainsi en mesure d'apprécier la sensibilité du compte de résultat lié aux changements des paramètres et donc réagir techniquement le cas échéant.

## Partie I. Etude théorique d'un contrat emprunteur

### **A. Principales caractéristiques d'un contrat emprunteur**

L'assurance emprunteur est une assurance temporaire, limitée à la durée du crédit, qui garantit le remboursement du capital restant dû en cas de décès. Elle est le plus souvent complétée par des garanties d'assurances de personnes couvrant les risques d'incapacité et d'invalidité. Dans une première partie, nous décrirons les garanties proposées par risques assurés et les catégories de prêt. Nous verrons ensuite la forme des contrats emprunteurs et pour finir nous présenterons l'effet de la sélection médical.

#### **1. Les garanties proposées**

##### **1.1. Les risques assurés**

###### **1.1.1. La garantie décès**

L'assurance emprunteur comprend toujours cette garantie, qui cesse lorsque l'assuré atteint l'âge de 75 ans pour notre contrat. Au décès de l'assuré, l'assureur rembourse le capital restant dû. Il le rembourse aussi dans les cas de perte totale et irréversible d'autonomie ou 3<sup>ème</sup> catégorie de la sécurité sociale (taux d'invalidité  $\geq 66\%$  et assistance d'une tierce personne pour l'accomplissement des actes de la vie quotidienne), lorsque le contrat le prévoit.

###### **1.1.2. La garantie de l'incapacité et de l'invalidité**

L'assurance Incapacité/Invalidité tend à compenser diverses conséquences de maladie ou d'accident portant atteinte de manière temporaire ou permanente :

- à la possibilité d'exercer une activité professionnelle (incapacité ou invalidité),
- à l'intégrité physique ou mentale de l'assuré (incapacité ou invalidité fonctionnelle).

L'incapacité correspond généralement à un état temporaire de l'assuré, l'invalidité portant sur un état permanent ou qui a peu de chance de s'améliorer. Les conséquences des maladies ou d'accidents peuvent être la perte de revenu liée aux problèmes de santé ou les dépenses occasionnées par ces problèmes.

Les prestations servies pour compenser les problèmes de santé peuvent prendre la forme :

- d'un capital,
- de versements périodiques (indemnités journalières en incapacité).

### ***1.1.3. Définitions***

Il n'existe pas une définition universelle de l'incapacité ou de l'invalidité. Cette définition varie :

- selon les besoins des personnes couvertes
- selon l'adaptation de la couverture délivrée par le prestataire de la couverture aux besoins exprimés

Mais celle-ci se rapportent couramment aux notions suivantes :

*Incapacité* : inaptitude temporaire (partielle ou totale) à exercer une activité professionnelle ou non. Cet état peut être constaté par expertise médicale de l'assureur. La prise en charge est limitée à 1095 jours à compter de la date d'arrêt de travail.

*Invalidité permanente totale de travail (IPT)* : réduction permanente (partielle ou totale) de certaines aptitudes. Il peut s'agir soit d'une invalidité fonctionnelle, soit d'une inaptitude à exercer une activité professionnelle. L'assuré est considéré en état d'invalidité permanente et totale lorsque par suite d'accident ou de maladie son taux d'invalidité est supérieur à 66%.

L'état d'invalidité permanente totale est défini par un taux d'invalidité obtenu par croisement :

- du taux d'invalidité fonctionnelle
- du taux d'invalidité professionnelle

En ce qui concerne l'inaptitude à exercer une activité professionnelle ou non il peut s'agir :

- de l'inaptitude à l'activité exercée au moment du sinistre
- de l'inaptitude à exercer une activité socialement équivalente
- de l'inaptitude à exercer toute activité

## ***1.2. Les catégories de prêts***

### ***1.2.1. Les différents crédits***

L'assurance collective garantissant les emprunteurs couvre des opérations de prêt de plus en plus diversifiées destinées aux particuliers et aux entreprises. Parmi les « Contrats emprunteurs » on peut distinguer trois catégories de prêts :

- Prêts de type « Crédits immobiliers ». L'adhésion de l'assuré est souvent subordonnée à une sélection médicale,
- Prêts de type « Crédit professionnel »
- Prêts de type « Crédit à la consommation » : crédits personnels, crédits utilisables par fraction, prêts études et dans notre cas prêt automobiles.

### ***1.2.2. Incidence sur la modification du contrat***

*Crédits immobiliers et crédits professionnels :*

Toutes modifications apportées ultérieurement à la définition des risques garantis ou aux modalités de mise en jeu de l'assurance est inopposable à l'emprunteur qui n'a pas donné son acceptation.

*Crédits à la consommation :*

Dans la mesure où l'emprunteur donne son accord, des modifications peuvent être apportées au contrat initialement conclu.

## ***2. La forme des contrats***

### ***2.1. le contrat collectif***

L'assurance de groupe liée à un prêt est souscrite par l'établissement de crédit au profit des emprunteurs. Les principales caractéristiques sont :

- des formalités d'adhésion simples,
- les risques sont mutualisés, c'est-à-dire répartis entre tous les emprunteurs,
- les coûts sont réduits car il s'agit d'un contrat collectif assurant un grand nombre de personnes.

Elle comporte néanmoins certaines limites liées à l'âge ou à l'état de santé, mais aussi au montant emprunté. Lorsqu'une personne n'entre pas dans le cadre général, l'assureur pourra le plus souvent, proposer la prise en charge des garanties contre le paiement d'une surprime ou limiter l'étendue de sa garantie.

## ***2.2. Le devoir d'information du prêteur***

Quel que soit le contenu du contrat d'assurance emprunteur, il incombe à l'organisme financier de donner toutes les informations nécessaires sur les garanties et leurs coûts. L'organisme remet à cet effet une notice énumérant les risques garantis et précisant toutes les modalités de la mise en jeu de l'assurance.

Outre cette notice, l'offre préalable de crédit à la consommation doit comporter une information sur le caractère facultatif ou non de l'assurance, et si elle est obligatoire, sur la possibilité pour l'emprunteur de souscrire une assurance équivalente auprès de l'assureur de son choix

## ***3. La sélection médicale***

Selon le caractère de l'adhésion (obligatoire ou facultative) et la nature du contrat, les conditions de la sélection médicale et de la réassurance diffèrent. Par ailleurs, suivant la taille du groupe, l'importance des garanties et l'âge de l'assuré, la sélection médicale s'exerce sur des bases différentes.

### ***3.1. La déclaration de bonne santé***

L'assuré doit simplement certifier comme exacte une déclaration signifiant son bon état de santé. Généralement, cette dernière précise :

- qu'il n'est soumis à aucun traitement particulier,
- qu'il n'est pas en arrêt de travail,
- qu'il ne bénéficie pas d'une pension d'invalidité.

### ***3.2. Le questionnaire d'état de santé simplifié ou complet***

Ces documents font état de questions plus ou moins nombreuses sur l'état de santé du candidat à l'assurance en fonction des critères précédemment décrits. La déclaration de bonne santé ou les indications portées sur le questionnaire d'état de santé engagent :

- L'assuré : c'est pourquoi les questionnaires doivent être simples, précis et explicites, susceptibles de faire l'objet de réponses sans recours à ce stade à l'avis d'un médecin. Le formulaire doit comporter une mise en garde très apparente, destinée à donner conscience à l'assuré de l'importance de ces réponses,

- L'assureur, qui, soumis à une obligation de discrétion, doit prendre les mesures nécessaires pour garantir la confidentialité des informations recueillies.

### ***3.3. Le cas particulier des prêts à la consommation***

Qu'il s'agisse de prêts affectés ou de prêts personnels destinés à l'achat d'un bien, il n'y a pas de questionnaire médical à remplir pour l'assurance décès si les conditions suivantes sont réunies :

- L'emprunteur a 50 ans au plus,
- Le montant du prêt ne dépasse pas 15 000 €,
- La durée de remboursement est inférieure ou égale à 4 ans,
- L'emprunteur déclare sur l'honneur ne pas cumuler de prêts assortis de cette dispense de questionnaire médical au-delà de 15 000 €.

## ***4. La convention Aéras***

La convention Aéras s'applique à l'ensemble des emprunteurs ; elle comporte des règles relatives au respect de la confidentialité des informations qui touchent à la vie privée et à la santé des personnes ainsi qu'un dispositif particulier pour favoriser l'accès à l'assurance des personnes qui présentent un **risque aggravé** de santé.

### ***4.1. Le risque invalidité***

Pour les prêts au logement et les prêts professionnels, les assureurs se sont engagés, lorsque cela est possible, à proposer une assurance invalidité, dans le cas où celle-ci s'avèrent nécessaire à l'aboutissement de la demande de prêt. Cette assurance invalidité couvrira au minimum le risque de perte totale et irréversible d'autonomie ainsi que certains risques additionnels dans des cas déterminés prévu au contrat.

### ***4.2. Limitations des surprimes***

La convention Aéras prévoit un mécanisme de limitation des surprimes du fait d'un risque aggravé de santé lorsque celles-ci concernent des personnes aux revenus modestes. Ce mécanisme est mis en place pour des prêts immobiliers liés à l'acquisition d'une résidence principale et pour les prêts professionnels.

L'accès à ce dispositif se fait en fonction du nombre de parts et des revenus nets du foyer fiscal (de l'emprunteur) s'ils ne dépassent pas le plafond fixé par la convention (exprimé en fonction du Plafond Annuel de la Sécurité Sociale (PASS)) :

- Revenu inférieur ou égal à 1 fois le PASS, lorsque la part du foyer fiscal est inférieur ou égale à 2
- Revenu inférieur ou égal à 1,25 fois le PASS, lorsque le nombre de parts du foyer est égale à 2,5
- Revenu inférieur ou égal à 1,5 fois le PASS, lorsque le nombre de parts du foyer fiscal est égal à 3 ou plus.

La convention Aéras ne concerne pas les prêts à la consommation, nous ne la détaillerons donc pas davantage, mais l'ensemble de la convention se trouve sur le site de la FFSA (Fédération Française des Sociétés d'Assurance) : [www.ffsa.fr](http://www.ffsa.fr) .

## **5. Les exclusions**

Il convient de distinguer :

- Les exclusions légales
- Les exclusions recommandées
- Les exclusions spécifiques aux pools catastrophes décès et décès accidentel gérés par le Bureau Commun d'Assurances Collectives.

### **5.1. Les exclusions légales**

Il n'existe pas d'exclusions légales particulières aux contrats emprunteur. Mais, comme tous les contrats d'assurance, ceux-ci sont soumis aux règles d'ordre public instituées par :

- *L'article L.113-1, qui vise l'absence d'aléa. En particulier, ne peuvent pas être garanties les conséquences d'accidents ou maladies qui sont le fait volontaire de l'assuré ou du bénéficiaire du contrat ou qui résultent de tentatives de suicide ou de mutilation volontaire.*
- *L'article L.132-6, selon lequel l'assurance en cas de décès est de nul effet en cas de suicide volontaire au cours de la première année d'assurance, mais doit couvrir ce risque à compter de la deuxième année. Dans le cas des organismes de crédit, l'assurance en cas de décès doit couvrir dès la*

*souscription l'assuré qui a contracté un prêt pour financer l'acquisition de son logement principal. En cas de suicide au cours de la première année d'assurance, la garantie est alors plafonnée à 120 000 €.*

- *L'article L.132-24, qui traite des cas de meurtre ou de tentative de meurtre d'un assuré par le bénéficiaire de l'assurance.*

## **5.2. Les exclusions recommandées**

Il est recommandé de ne pas assurer en décès et invalidité :

- les conséquences d'un accident de navigation aérienne, sauf si l'assuré se trouve à bord d'un appareil muni d'un certificat valable de navigabilité et conduit par un pilote possédant un brevet valable pour l'appareil utilisé et une licence non périmée, ce pilote pouvant être l'assuré lui-même
- les conséquences d'accidents survenant au cours de toutes les compétitions sportives autres que celles de pur amateurisme, ainsi que les conséquences de la pratique de sports dangereux, tels que notamment les sports aériens, les sports de combat, l'ascension de haute montagne, les sports nécessitant l'utilisation d'un véhicule à moteur,...

En incapacité et invalidité, il est également souhaitable d'exclure les conséquences de rixe, mais l'exclusion est levée dans le cas de la légitime défense ou de l'accomplissement du devoir professionnel. Ces exclusions doivent être énumérées dans le contrat d'assurance.

## **5.3. Exclusions : pool catastrophe décès et décès accidentel**

### **5.3.1. Exclusions communes aux deux pools**

Les règlements prévoient que ne participent pas aux pools les contrats d'assurance qui couvrent :

- Le personnel naviguant des compagnies d'aviation civile et de l'aviation militaire
- Les voyages d'exploration
- Les expéditions scientifiques, notamment dans les régions polaires.



### ***5.3.2. Exclusions particulières au pool catastrophe décès accidentel***

Le règlement de ce pool stipule, en plus, que ne sont pas pris en charge les sinistres provoqués par les événements suivants :

- Accidents dont la première constatation médicale est antérieure au point de départ de l'assurance sur la tête de l'assuré
- Accidents qui sont le fait volontaire de l'assuré et ceux qui résultent de tentatives de suicide et de mutilations volontaires
- Rixes, sauf le cas de légitime défense
- Blessures ou lésions provenant de courses comportant l'utilisation d'un véhicule à moteur, de matches, de paris
- Accidents occasionnés par une guerre civile ou étrangère, une insurrection, une émeute, quel que soit le lieu où se déroulent ces événements et quels que soient les protagonistes, sauf si l'assuré n'y prend pas une part active ou s'il est appelé à effectuer une mission d'entretien ou de surveillance en vue du maintien de la sécurité des personnes et des biens au bénéfice du souscripteur.

## ***B. Tarification du contrat emprunteur***

L'assurance emprunteur est une assurance temporaire, limitée à la durée du crédit, qui garantit le remboursement de celui-ci en cas de Décès ou d'Incapacité/Invalidité. L'assureur s'engage alors à verser une prestation en contrepartie d'un montant de cotisation qui est fixée à l'origine et pour la durée du prêt. Ce montant de cotisation est calculé en multipliant le capital initial ou le capital restant dû par un taux de primes.

Le montant de la prime peut être soit constant (prime exprimée en pourcentage du capital initial), soit décroissant (prime exprimée en pourcentage du capital restant dû) alors que la probabilité de survenance du risque (décès, incapacité ou invalidité) s'accroît avec le temps et que la prestation (capital restant dû) diminue pour les risques respectifs. Par conséquent, dans un contrat emprunteur, la prime payée par l'assuré ne correspond pas nécessairement au niveau de risque supporté par l'assureur.

Afin de palier à cette carence, il va être nécessaire de constituer une provision mathématique (PM) que l'on appelle provision pour risque croissant (PRC) dans le cas de la garantie Incapacité/Invalidité, résultat de la différence entre les engagements respectivement pris par l'assureur et l'assuré. Cette provision est primordiale puisqu'elle a pour but d'anticiper l'augmentation des risques et de permettre à l'assureur de faire face à ses engagements dans le temps.

La première étape du calcul consiste à reconstruire l'ensemble des tableaux d'amortissement de la dette, permettant d'obtenir les capitaux restant dûs pour chaque période, pour chaque tête (individu). Le mode de remboursement considéré dans cette étude est à annuité constante. L'engagement de l'assureur est déterminé en fonction des capitaux restant dûs, des annuités et des garanties. La valeur actuelle probable des primes futures donne l'engagement de l'assuré. La différence des deux engagements est égale au montant de la provision à constituer. Les étapes suivantes consisteront à déterminer le taux de prime ainsi que les provisions, tout en précisant au préalable les données nécessaires à ces calculs.

### ***1. Paramètres du calcul des provisions***

Pour chaque prêt, les éléments suivant doivent être connus :

- le montant du prêt (ou capital initial),
- la date d'effet du prêt,
- la durée du prêt ( $n$ ),

- le capital restant dû à chaque période de remboursement,
- le taux d'intérêt du prêt ( $r$ ),
- l'âge de l'assuré au début du prêt,
- l'annuité ou la mensualité du prêt,
- le taux technique ( $i$ ),
- la table de mortalité utilisée.

Notons que le taux technique correspond au taux utilisé pour l'actualisation des différents engagements alors que le taux d'intérêt correspond au taux d'emprunt du prêt contracté auprès de la banque.

## 2. Calcul du tableau d'amortissement

Dans le cas de la garantie Décès, l'assureur s'engage à verser le capital restant dû. Celui-ci correspond au capital restant dû moyen au moment du décès de l'assuré car par hypothèse le décès survient en milieu de période. Il est donc nécessaire de déterminer le tableau d'amortissement de chaque prêt avant de pouvoir évaluer l'engagement de l'assureur. Les paramètres retenus pour la tarification de la garantie DC/PTIA sont :

- la durée du prêt ( $n$ ),
- le taux d'intérêt du prêt ( $r$ ),
- le montant du prêt (ou capital initial).

Pour faciliter le service de l'emprunt, et étaler dans le temps les charges financières supportées par les emprunteurs, on convient souvent de fixer une cadence de remboursement telle que les annuités demeurent constantes. Pour cela, nous allons définir les deux notations d'assurance vie utilisées dans ce paragraphe :

$a_n \neg$  = somme des valeurs actuelles des  $n$  paiements pour 1 euro emprunté

$$\begin{aligned}
 &= v + v^2 + \dots + v^n \\
 &= \frac{1}{1+r} + \frac{1}{(1+r)^2} + \dots + \frac{1}{(1+r)^n} \\
 &= \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r}
 \end{aligned}$$

$s_n \neg$  = somme des valeurs futures des  $n$  paiements pour 1 euro emprunté

$$\begin{aligned}
 &= 1 + (1+r) + (1+r)^2 + \dots + (1+r)^{n-1} \\
 &= a_n \neg \times (1+r)^n \\
 &= \frac{(1+r)^n - 1}{r}
 \end{aligned}$$

➤ Valeur de l'annuité constante

Au taux de l'emprunt ( $r$ ), on a égalité entre le capital prêté ( $K$ ) et les annuités de remboursement ( $R$ ) actualisées du prêt :

$$K = R \times a_n \neg = R \times (v + v^2 + \dots + v^n) \\ = R \times \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r} \Rightarrow \boxed{R = \frac{K}{a_n \neg}} \text{ avec } v = \frac{1}{1+r}$$

➤ Part d'amortissement contenue dans la première période

La première année, l'intérêt est ( $K \times r$ ); la part d'amortissement est donc :

$$M_1 = \frac{K}{a_n \neg} - K \times r = K \times \left( \frac{r}{1 - (1+r)^{-n}} - r \right) = K \times \frac{r}{(1+r)^n - 1}$$

$$\Rightarrow \boxed{M_1 = \frac{K}{s_n \neg}}$$

➤ Part d'amortissement contenue dans la  $p^{\text{ième}}$  annuité

La valeur du  $p^{\text{ième}}$  amortissement se déduit du fait que les amortissements varient en progression géométrique de raison  $(1+r)$ . On a ainsi :

$$\boxed{M_p = \frac{R}{(1+r)^{n-p+1}}}$$

➤ Capital restant dû après la  $p^{\text{ième}}$  annuité

En fonction du capital amorti, le capital restant à amortir après la  $p^{\text{ième}}$  annuité est :

$$CRD_p = K - (M_1 + M_2 + \dots + M_p) = K - K \times \frac{s_p \neg}{s_n \neg} \\ = K - K \times \frac{(1+r)^p - 1}{r} \times \frac{r}{(1+r)^n - 1} = K - K \times \frac{(1+r)^p - 1}{(1+r)^n - 1} = K \times \left( 1 - \frac{(1+r)^p - 1}{(1+r)^n - 1} \right) \\ = K \times \left( \frac{(1+r)^n - 1 - ((1+r)^p - 1)}{(1+r)^n - 1} \right) = K \times \frac{a_{n-p} \neg}{a_n \neg} \\ \Rightarrow \boxed{CRD_p = R \times a_{n-p} \neg}$$

## ➤ Synthèse

Nous pouvons ainsi synthétiser la méthode de remboursement par des tableaux regroupant l'ensemble des formules présentées précédemment et en les appliquant par un exemple simple. Nous allons dans les deux cas prendre l'exemple suivant :

- montant du capital emprunté : 100 000 €,
- durée du prêt : 15 ans,
- taux d'intérêt du prêt : 6 %.

		Amortissement	Intérêt	Annuité	CRD
j	Capital de début de période	M <sub>j</sub>	I <sub>j</sub>	R	Capital restant dû en fin de période
1	K	.....	.....	.....	.....
p	$R \times a_{n-p+1} \neg$	$\frac{R}{(1+r)^{n-p+1}}$	$CRD_{p-1} \times r$	$\frac{K}{a_n \neg}$	$R \times a_{n-p} \neg$
n	.....	.....	.....	.....	0

(1)		(2)=(4)-(3)	(3)	(4)	(1)-(2)
		Amortissement	Intérêt	Annuité	CRD
$j$	Capital de début de période	$M_j$	$I_j$	$R$	Capital restant dû en fin de période
1	100 000	4 296	6 000	10 296	95 704
2	95 704	4 554	5 742	10 296	91 150
3	91 150	4 827	5 469	10 296	86 322
4	86 322	5 117	5 179	10 296	81 205
5	81 205	5 424	4 872	10 296	75 781
6	75 781	5 749	4 547	10 296	70 032
7	70 032	6 094	4 202	10 296	63 938
8	63 938	6 460	3 836	10 296	57 478
9	57 478	6 848	3 449	10 296	50 630
10	50 630	7 258	3 038	10 296	43 372
11	43 372	7 694	2 602	10 296	35 678
12	35 678	8 156	2 141	10 296	27 522
13	27 522	8 645	1 651	10 296	18 877
14	18 877	9 164	1 133	10 296	9 713
15	9 713	9 713	583	10 296	0

Ce tableau d'amortissement contient toutes les informations relatives au remboursement du prêt. Il indique notamment :

- le montant de l'annuité (R) que devra verser l'emprunteur pour rembourser son prêt,
- les parts respectives d'intérêt (I<sub>j</sub>) et d'amortissement (M<sub>j</sub>) composant chaque échéance de remboursement,
- **le Capital Restant Dû (CRD<sub>j</sub>).**

Les formules restent les mêmes lorsque le remboursement est fractionné. Par exemple, si le remboursement du prêt se fait par mensualité constante, alors  $n$  correspondra au nombre de mois et l'intérêt sera calculé sur la base de l'intérêt composé.

### 3. *La probabilité de survie et de décès : les tables de mortalité*

Il convient d'évaluer des valeurs actuelles probables, tant du point de vue de l'engagement de l'assureur que celui de l'assuré. La notion de probabilité est de ce fait incontournable.

Cette information est essentielle dans le calcul des engagements. Ainsi, nous déterminons la probabilité que l'assuré d'âge  $x$  survive dans les  $j$  années qui suivent par le rapport suivant :

$${}_jP_x = \frac{l_{x+j}}{l_x}$$

Avec :

${}_jP_x$  = Probabilité d'être en vie au début de la période  $j$  pour un assuré d'âge  $x$  au début du prêt

$l_x$  = Nombre de survivants à l'âge  $x$  parmi 100 000 nouveau-nés

Il va donc être nécessaire de fixer une méthode dans le cas où l'âge ne correspondrait pas à une valeur entière. En effet, nous allons rencontrer des âges fractionnés tout au long de la vie du contrat pour la détermination de la prime ainsi que des engagements. Pour cela, nous allons utiliser comme méthode celle de l'interpolation linéaire qu'on appelle également : Répartition Uniforme des Décès dans chaque année d'âge (UDDYA). Cette méthode s'exprime comme une moyenne arithmétique pondérée que l'on peut noter comme :

$$l_{x+t} = (1-t) \times l_x + t \times l_{x+1} \quad \text{où } 0 < t < 1 \text{ et } x \in \mathbb{N}$$

A partir de cette méthode, il va être possible de déterminer l'ensemble des probabilités de survie, mais également les probabilités de décès car elles sont dépendantes. Nous avons :

$${}_jq_x = 1 - {}_jP_x$$

L'engagement de l'assureur pour la garantie Décès est fonction des probabilités de décès de l'assuré considéré puisque l'assureur s'engage à verser le capital restant dû au moment du décès de l'assuré.

D'après le Code des Assurances (Article A. 335-1) :

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

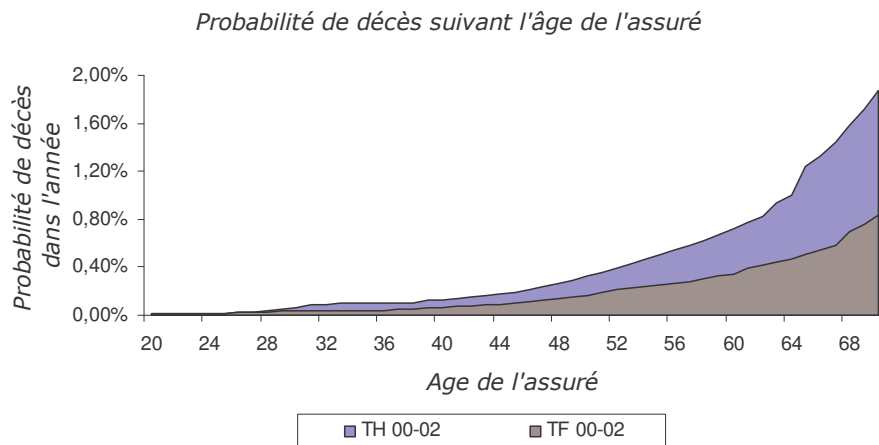
a)....

b) tables suivantes :

Tables homologuées par arrêté du ministre de l'Economie 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 Etudes Economiques.

Pour les contrats en cas de vie autres que les contrats de rente viagère, les tables mentionnées au b) sont utilisées en corrigeant l'âge de l'assuré conformément aux décalages d'âge ».

Les tables de mortalités actuellement en vigueur sont la TH0002 et la TF0002. Les tables sont données en annexe avec les décalages d'âges associés. Ainsi, les évolutions des deux tables sont les suivantes (en tenant compte du décalage d'âge) :



Le taux de mortalité croît naturellement avec l'âge, mais non proportionnellement. Plus l'âge augmente, plus la mortalité s'accroît. Le graphique ci-dessus présente les probabilités de décès pour des individus de 20 à 70 ans en distinguant le sexe. Pour un âge donné, les femmes décèdent moins que les hommes, la différence étant particulièrement accentuée entre 50 et 70 ans (comme le montre l'écart entre les deux aires). Dans un souci de prudence, nous allons retenir la table la plus défavorable par rapport au risque assuré, la **TH0002**.

#### 4. Les probabilités en arrêt de travail

Si la nature du risque décès est relativement simple (durant un exercice donné, l'assuré décède ou, au contraire survit), il n'en est pas de même pour le risque arrêt de travail.

Ce risque est composé de plusieurs éléments :

➤ L'entrée en incapacité suite à une maladie ou un accident : Nous utilisons un pourcentage d'entrée en incapacité de travail issus d'une table d'expérience fournit par une compagnie d'assurance qui nous indique par âge les fréquence d'entrée en l'état. Mais l'incapacité de travail ne donne lieu à indemnisation que si sa durée est supérieure au délai de franchise. L'élément caractéristique du risque n'est donc pas l'entrée en incapacité de travail, mais l'entrée en incapacité de travail d'une durée supérieure à la période de franchise.

➤ La durée en incapacité de travail : celle-ci donne lieu à des indemnisations appelées « Maintien en incapacité de travail ». Trois possibilités de sortie s'offrent à l'assuré lorsque celui-ci est entré dans l'état d'incapacité de travail : la reprise de son activité professionnelle, le décès, ou l'entrée en invalidité. Ce dernier cas sera traité comme le décès, c'est-à-dire par le versement du capital restant dû.

Les probabilités de maintien en incapacité de travail et de passage en invalidité sont fournies par le BCAC (Bureau Commun des Assurances Collectives), et elles ont été ajoutées en annexe. La probabilité de maintien en incapacité temporaire s'obtient de la manière suivante :

$$\text{Probabilité de maintien en incapacité}(x, \text{franch}, k) = \frac{l\_Incap_k^x}{l\_Incap_{franch}^x}$$

Cette probabilité est caractérisée par l'âge ( $x$ ) à l'entrée en incapacité temporaire, la franchise retenue ( $\text{franch}$ ) et l'ancienneté en mois dans l'état ( $k$ ) avec  $k$  supérieur ou égale à la franchise pour que la formule garde un sens. Il en est de même pour la probabilité de passage en invalidité :

$$\text{Probabilité de passage en invalidité}(x, \text{franch}, k) = \frac{S_k^x}{l\_Incap_{franch}^x}$$

$S_k^x$  et  $l\_Incap_k^x$  sont récupérés des tables du BCAC et  $S_k^x$  correspond au nombre de personnes passant en invalidité au bout de  $k$  mois d'ancienneté en incapacité pour une 10 000 personne entrant en incapacité à l'âge  $x$  (loi de passage en invalidité).



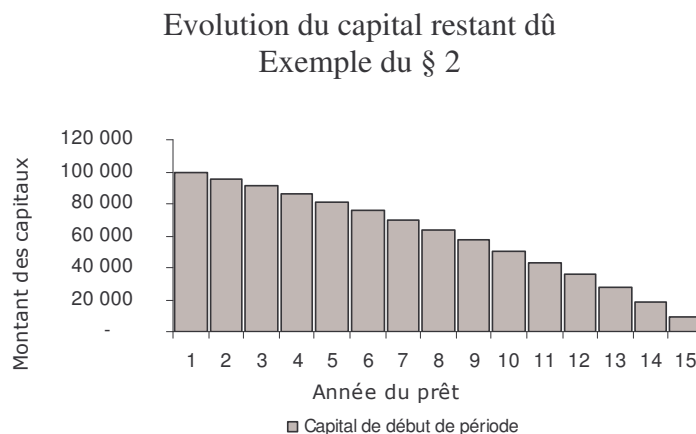
## 5. Le décès

### 5.1. Le montant de prime

A la souscription, la valeur actuelle probable des primes pures payées par l'assuré doit être égale à la valeur actuelle probable des prestations que servira l'assureur. Les **taux de primes** sont calculés à partir du capital restant dû de début de période.

Le taux de prime demeure constant pendant toute la durée du prêt. Il s'exprime :

- soit en **% du capital initial** : le montant de primes d'assurance demeure fixe pendant toute la durée du prêt
- soit en **% du capital restant dû** : le montant de primes d'assurance décroît alors de manière continue, en suivant l'évolution du capital restant dû (comme le montre le graphique ci-dessous)



Hypothèse de calcul : le décès survient en milieu de période

L'engagement de l'assureur est le même que le tarif soit exprimé sur capital initial ou sur capital restant dû. Cet engagement correspond à la prime unique du contrat. Le souscripteur se libère immédiatement et définitivement de son engagement en versant cette prime à la souscription. L'assurance emprunteur pour la garantie décès peut s'apparenter à une assurance décès temporaire, à la particularité près que le montant payé par l'assureur n'est pas fixe dans le temps mais dépend du capital restant dû de début de période. En effet, pour la garantie décès, l'assureur s'engage à verser le capital restant dû, on obtient ainsi la valeur de la prime unique:

$$\text{Prime Unique} = \sum_{j=0}^{n-1} p_x \times q_{x+j} \times CRD_j \times (1+i)^{-j-0.5}$$

Avec :

$CRD_j$  = Capital restant dû que paiera l'assureur si l'assuré décède entre les années  $j$  et  $j+1$   
 $i$  = Taux technique annuel

Le remboursement de prêt s'effectue, en règle général, de manière fractionnée. La forme présentée ci-dessus ne représente donc pas la réalité d'un point de vue pratique. Le  $CRD_j$  sera ainsi exprimé de manière fractionnée et l'ensemble des formules exprimées par fractionnement est donné en annexe.

Nous évaluons donc la valeur actuelle probable de l'engagement de l'assureur pour l'ensemble de la période, tant que l'âge limite n'est pas atteint. Ce résultat nous permettra de déterminer le taux de prime selon le tarif utilisé.

### 5.1.1. Tarif exprimé sur le capital initial

Cette méthode permet de déterminer le taux de prime qui permettra le calcul du montant à payer à chaque échéance. Ce taux est constant dans le temps et permet d'égaliser l'engagement de l'assureur et celui de l'assuré. Sous l'hypothèse de tarification suivante :

$$E(Résultat)=0 \quad \Rightarrow \quad VAP(0,Assureur)=VAP(0,Assuré)$$

Ainsi, nous obtenons :

$$\text{Taux Prime DC}_{cst} = \frac{\text{Prime Unique}}{\text{Capital} \times \sum_{j=1}^n p_x \times (1+i)^{-j}}$$

Il faut noter, que dans l'assurance emprunteur, les primes se présentent le plus souvent sous la forme de primes périodiques appelées en même temps que l'échéance de l'opération de crédit, ce qui signifie que l'ensemble des versements se fait en fin de période. Les primes seront donc versées à terme échu.

### 5.1.2. Tarif exprimé sur le capital restant dû

Cette méthode quant à elle permet de déterminer un taux de prime constant sur le capital résiduel, appelé le capital restant dû en début de période. Il est calculé de la même manière que précédemment sauf qu'ici c'est le capital restant dû qui rentre en compte :

$$\text{Taux Prime DC} = \frac{\text{Prime Unique}}{\sum_{j=1}^n CRD_{j-1} \times p_x \times (1+i)^{-j}}$$

## 5.2. La provision mathématique

Dans un contrat d'assurance emprunteur, à chaque période, la prime payée par l'assuré ne correspond pas nécessairement au niveau de risque supporté par l'assureur. Il est alors nécessaire de constituer une provision pendant la première période qui permette de faire face, au cours de la deuxième période, à l'insuffisance de primes perçues par l'assureur par rapport au risque supporté. Cette provision correspond à des **provisions mathématiques** selon la terminologie de l'assurance vie.

Les provisions mathématiques décès sont définies comme étant la différence entre l'engagement de l'assureur et l'engagement de l'assuré à chaque date  $k$  (définition prospective).

En cas de sinistre (décès), l'assureur s'engage à rembourser le capital restant dû.

**L'engagement de l'assureur** est déterminé par la formule suivante à un moment  $k$  :

$$\text{EngAssureur}_x^n(k) = \sum_{j=0}^{n-k-1} {}_j p_{x+k} \times {}_1 q_{x+k+j} \times CRD_{k+j} \times (1+i)^{-j-0.5} \quad \text{si l'assuré est en vie en } k$$

$$= 0 \quad \text{sinon}$$

Avec :

${}_j p_{x+k}$  = Probabilité d'être en vie au début de la période  $j$  pour un assuré d'âge  $x+k$  à la date de calcul,

${}_1 q_{x+k+j}$  = Probabilité de décéder entre les années  $j$  et  $j+1$  pour un assuré d'âge  $x+k$  à la date de calcul,

$CRD_{k+j}$  = Prestation que paiera l'assureur si l'assuré décède entre  $k+j$  et  $k+j+1$ ,

$(1+i)^{-j-0.5}$  = Facteur d'actualisation, le flux est supposé intervenir en milieu de période.

**L'engagement de l'assuré** correspond au paiement de primes annuelles en fonction du capital initial ou du capital restant dû.

Pour la période allant de la date de calcul à la date de terme, l'engagement s'écrit:

$$\text{EngAssuré}_x^n(k) = \sum_{j=1}^{n-k} \frac{l_{x+k+j}}{l_{x+k}} \times \tau_p \times CRD_{k+j} \times (1+i)^{-j} \quad \text{si la prime est fonction du capital restant dû}$$

$$\text{EngAssuré}_x^n(k) = \sum_{j=1}^{n-k} \frac{l_{x+k+j}}{l_{x+k}} \times \tau_p \times C_0 \times (1+i)^{-j} \quad \text{si la prime est fonction du capital initial}$$

Avec :

$C_0$  = Capital initial

$\tau_p$  = Taux de prime (différent selon que la prime dépende du capital initial ou du capital restant dû)

$\frac{l_{x+k+j}}{l_{x+k}}$  = Probabilité d'être en vie au début de la période pour un assuré d'âge  $x+k$  à la date de calcul

$q_{x+k+j}$  = Probabilité de décéder entre les années  $j$  et  $j+1$  pour un assuré d'âge  $x+k$  à la date de calcul

$(1+i)^{-j}$  = Facteur d'actualisation

On obtient ainsi, par différence de ces deux engagements, la valeur de la provision mathématique à une date  $k$  :

$$PM \text{ Décès}_x^n(k) = EngAssureur_x^n(k) - EngAssuré_x^n(k) \text{ si l'assuré est en vie en } k \\ = 0 \text{ sinon}$$

## 6. L'incapacité et l'invalidité

Le raisonnement reste identique pour cette garantie, un calcul de provisions supplémentaires devant néanmoins être envisagé. En effet, il faut dans un premier temps déterminer les provisions d'incapacités en cours de service et d'invalidité en attente. Ces provisions sont, par définition, égales aux montants actualisés et probabilisés des rentes à servir au titre de l'incapacité ou de l'invalidité. Elles dépendent de l'âge de l'individu à l'entrée en incapacité ou en invalidité et de l'ancienneté (nombre de mois) en incapacité. On obtiendra donc pour les provisions comme pour les tables un tableau à double entrée (voir table en annexe).

### 6.1. La provision incapacité en cours de service

La provision pour une rente mensuelle d'incapacité de 1 euro selon la méthode du BCAC pour un individu d'âge  $x$  est :

$$Pro_{Incap}^{n,x-orig}(x, anc) = \sum_{k=anc}^M \frac{1}{2 \times l_{Incap}_{anc}^x} \times \left[ l_{Incap}_k^x \times (1+i)^{-(k-anc)/12} + l_{Incap}_{k+1}^x \times (1+i)^{-(k+1-anc)/12} \right]$$

Avec :

$x$  Age à la date d'entrée en incapacité,

*anc* Ancienneté en mois à la date de calcul de la provision (correspondant à la période de franchise dans notre cas,

*M* Nombre maximal de mois indemnisés compte tenu de l'âge de l'assuré et de la durée restante du prêt.

La particularité du risque incapacité réside dans le fait que la garantie est versée mensuellement.

## 6.2. La provision invalidité en attente

Dans le cas du contrat emprunteur, l'assureur remboursera à la banque le capital restant dû du prêt. La provision d'invalidité en attente matérialise l'engagement correspondant au risque de passer de l'état d'incapable à celui d'invalidité et donc de rembourser le solde du prêt. Elle est définie par la formule du BCAC suivante:

$$\text{Prov}_{\text{Incap-Inval}}^{n,x-\text{orig}}(x, \text{anc}) = \frac{1}{2 \times l - \text{Incap}_{\text{anc}}^x} \sum_{k=\text{anc}}^M \left[ S_k^x \times (1+i)^{-(k+0.5-\text{anc})/12} + S_{k+1}^x \times (1+i)^{-(k+1+0.5-\text{anc})/12} \right] \times \text{CRD}_{k/12} \text{ en cas de remboursement total}$$

Avec :

$S_k^x$  Nombre d'assurés qui, entrés en incapacité à l'âge  $x$ , passent en invalidité après une période d'incapacité de  $k$  mois (table de passage en invalidité)

Cependant les lois utilisées dans le calcul des provisions sont des lois brutes, sur lesquelles aucun lissage n'a été appliqué. C'est pourquoi « les provisions brutes » calculées par le BCAC ont ensuite été lissées.

La méthode de lissage employée est une moyenne mobile à neuf points :

1/16	1/16	1/16
1/16	1/2	1/16
1/16	1/16	1/16

La provision est alors donnée par la formule suivante :

$$\begin{aligned} \text{Prov}(x, \text{anc}) = & \frac{1}{16} \text{Prov}(x-1, \text{anc}-1) + \frac{1}{16} \text{Prov}(x-1, \text{anc}) + \frac{1}{16} \text{Prov}(x-1, \text{anc}+1) \\ & + \frac{1}{16} \text{Prov}(x, \text{anc}-1) + \frac{1}{2} \text{Prov}(x, \text{anc}) + \frac{1}{16} \text{Prov}(x, \text{anc}+1) \\ & + \frac{1}{16} \text{Prov}(x+1, \text{anc}-1) + \frac{1}{16} \text{Prov}(x+1, \text{anc}) + \frac{1}{16} \text{Prov}(x+1, \text{anc}+1) \end{aligned}$$

Ce lissage est valable pour les provisions d'incapacité par contre aucun lissage n'est appliqué sur la provision d'invalidité en attente.

### 6.3. Le montant de prime

Comme pour le décès deux tarifs peuvent être envisagés :

- soit en % du capital initial,
- soit en % du capital restant dû.

Par hypothèse, les sinistres ne surviennent plus en milieu de période dans ce cas, mais en début de période. L'engagement de l'assureur va dépendre ici du montant de l'annuité de remboursement du prêt. En effet, en cas d'incapacité, l'assureur prend en charge une indemnité journalière à partir du 91<sup>ème</sup> jour d'incapacité (3 mois de franchise). Cette indemnité journalière est égale 1/360<sup>ème</sup> du montant du remboursement annuel du prêt (1/30<sup>ème</sup> si remboursement mensuel) et la durée de l'incapacité est limitée à 36 mois. En cas de passage en invalidité, l'assureur rembourse le capital restant dû (similaire à la garantie décès). Pour obtenir le montant de prime IT/IP, il va falloir déterminer la prime unique en cas d'incapacité ainsi que la prime unique dans le cas de l'invalidité en attente. On obtient ainsi les deux primes uniques suivantes :

$$\text{Prime Unique IT} = \sum_{j=0}^{n-1} \frac{l_{x+j}}{l_x} \times (1+i)^{-j} \times \text{Freq}_{x+j} \times (a \times \text{Prov}_{\text{Incap}}^{n-x-\text{orig}}(x+j,3))$$

$$\text{Prime Unique IP} = \sum_{j=0}^{n-1} \frac{l_{x+j}}{l_x} \times (1+i)^{-j} \times \text{Freq}_{x+j} \times (\text{Prov}_{\text{Incap-Invalid}}^{n-x-\text{orig}}(x+j,0))$$

Avec :

$\text{Freq}_{x+j}$  = Fréquence d'entrée en incapacité à l'âge  $x+j$

$a$  = Montant de la mensualité du prêt remboursé par l'assuré

Les deux provisions se basent sur un âge  $x+j$  avec une ancienneté de 3 mois en incapacité, et 0 en invalidité ceci est dû à l'hypothèse posée précédemment qui correspond à la période de franchise.

### 6.3.1. Tarif exprimé sur le capital initial

Cette méthode permet de déterminer le taux de prime qui permettra le calcul du montant à payer à chaque échéance comme pour la garantie décès. Ce taux est constant dans le temps et permet d'égaliser l'engagement de l'assureur et celui de l'assuré :

$$\text{Taux prime IT ou IP} = \frac{\text{Prime Unique IT ou IP}}{\text{Capital} \times \sum_{j=1}^n \frac{l_{x+j}}{l_x} \times (1+i)^{-j}}$$

Les taux, ainsi obtenus, vont être additionnés pour avoir un taux de primes IT/IP. Les primes sont appelées en même temps que l'échéance du prêt, d'où l'expression à terme échu.

### 6.3.2. Tarif exprimé sur le capital restant dû

Le taux de primes exprimé par cette méthode est également constant, mais le montant de prime remboursé sera quant à lui décroissant dans le temps car il dépendra du capital restant dû, on obtient ainsi :

$$\text{Taux Prime IT ou IP} = \frac{\text{Prime Unique IT ou IP}}{\sum_{j=1}^n \frac{l_{x+j}}{l_x} \times CRD_{j-1} \times (1+i)^{-j}}$$

Pour ne pas alourdir les formules précédentes, elles sont données pour un remboursement annuel du prêt. Le détail des formules fractionnées est donné en annexe.

## 6.4. La provision pour risque croissant (PRC)

Comme le précise l'introduction, la majorité des contrats emprunteurs sont à primes constantes (prime exprimée en pourcentage du capital initial) ou à primes décroissantes (prime exprimée en pourcentage du capital restant dû). En revanche, le risque Incapacité/Invalidité s'accroît avec l'âge de l'assuré alors que la prestation garantie, qui consiste à prendre en charge les mensualités du prêt en cas d'incapacité et remboursement du capital restant dû en cas d'invalidité, décroît. Dès lors, il devient nécessaire de constituer des provisions pour risques croissants. De la même manière qu'en décès, les PRC sont définies comme étant la différence entre l'engagement de l'assureur et l'engagement de l'assuré (définition prospective).

L'engagement de l'assureur est déterminé par la formule suivante :

$$Eng\ Assureur_x^n(k) = \sum_{j=0}^{n-k-1} p_{x+k} \times (1+i)^{-j} \times Freq_{x+j} \\ \times (a \times Pr\ ov_{Incap}^{n,x}(x+k+j,3) + Pr\ ov_{Incap\_Inval}^{n,x}(x+k+j,0))$$

L'engagement de l'assuré correspond quant à lui au paiement des primes annuelles en fonction du capital initial ou du capital restant dû. Pour la période allant de la date du calcul à la date du terme, cet engagement s'écrit :

$$Eng\ Assuré_x^n(k) = \sum_{j=1}^{n-k} p_{x+k} \times \tau_{IT/IP} \times CRD_{k+j-1} \times (1+i)^{-j} \text{ si la prime est fonction du capital restant dû}$$

$$Eng\ Assuré_x^n(k) = \sum_{j=1}^{n-k} p_{x+k} \times \tau_{IT/IP} \times C_0 \times (1+i)^{-j} \text{ si la prime est fonction du capital initial}$$

On obtient ainsi, par différence de ces deux engagements, la valeur de la PRC à une certaine date :

$$PRC_x^n(k) = Eng\ Assureur_x^n(k) - Eng\ Assuré_x^n(k)$$

Comme le risque augmente avec l'âge de l'assuré, il existe un moment où ces provisions peuvent être négatives. Dans ce cas, la PRC vaudra zéro.

## 7. Détermination du tarif de groupe

La tarification, ainsi mise en place, va permettre de simuler aléatoirement un certain nombre de contrats individuels qui auront pour but de déterminer un tarif unique pour l'ensemble du groupe d'assuré. Ce tarif sera le même quelque soit l'âge de l'assuré à la souscription, le montant et la durée de l'emprunt. Pour cela, nous allons déterminer les caractéristiques d'un individu type en effectuant une moyenne pour l'âge, le montant, la durée et les taux de primes obtenus selon le type de tarification. Nous obtenons ainsi pour N contrats:

$$\text{Taux de prime} = \frac{\sum_N \text{Prime Pure}}{N}$$

Ce taux sera retenu pour les études qui vont suivre.



## **8. Le remboursement anticipé**

### **8.1. La notion de remboursement anticipé**

Toute personne ayant souscrit à un prêt peut effectuer un remboursement anticipé, c'est-à-dire rembourser avant la fin du contrat, la totalité ou une partie du capital restant dû. La possibilité de ce remboursement dépend cependant de la nature du crédit.

En effet, en ce qui concerne les crédits à la consommation, le Code de la consommation stipule à l'article L.311-29 :

*« L'emprunteur peut toujours, à son initiative, rembourser par anticipation sans indemnité, en partie ou en totalité, le crédit qui lui a été consenti. Toutefois le prêteur peut refuser un remboursement partiel anticipé inférieur à un montant fixé par le décret »* le refus est possible si le montant est inférieur ou égale au triple du montant de la première échéance non échue, c'est-à-dire la première échéance à venir (article D311-10 du Code de la Consommation).

Les prêts immobiliers sont régis par l'article L.312-21 du code de la consommation :

*« L'emprunteur peut toujours, à son initiative, rembourser par anticipation, en partie ou en totalité, les prêts [immobiliers]. Le contrat de prêt peut interdire les remboursements égaux ou inférieur à 10 % du montant initial du prêt, sauf s'il s'agit de son solde. Pour les contrats conclus à compter de la date d'entrée en vigueur de la loi n°99-532 du 25 juin 1999 relative à l'épargne et à la sécurité financière, aucune indemnisation n'est due par l'emprunteur en cas de remboursement par anticipation lorsque le remboursement est motivé par la vente du bien immobilier faisant suite à un changement d'activité professionnelle de l'emprunteur ou de son conjoint, par le décès ou par la cessation forcée de l'activité professionnelle de ces derniers. »* La pénalité, qui doit figurer dans l'offre de prêt, ne peut excéder 3 % du capital restant dû avant le remboursement (d'après la loi Scrivener).

Cela pose des problèmes techniques car la durée de l'assurance est liée au contrat de prêt : en cas de remboursement anticipé, l'assurance prend fin lors du remboursement et en cas de reconduction, l'assurance se poursuit généralement, aux mêmes conditions tarifaires, jusqu'au terme du contrat de prêt.

### **8.2. Le taux de remboursement anticipé**

Sans avoir pu obtenir de données sur les taux de chutes des contrats emprunteurs, et sans avoir de portefeuille existant dans la compagnie, nous n'avons pu effectuer de simulations par rapport à ce phénomène. C'est pourquoi, nous avons décidé d'inclure dans notre modélisation

un paramètre supplémentaire : le taux de remboursement anticipé (Taux RA) qui sera fixé à 0 % dans notre étude pour ne pas influencer les résultats, mais qui en permettra une modification ultérieure lorsque des données seront disponibles.

Ce taux est déterminé de la manière suivante :

$$\text{Taux RA} = \frac{\text{Nombre de RA}}{\text{Nombre de prêts total}}$$

Il s'agit donc de déterminer un taux d' « abattement » que l'on affectera aux provisions pour chaque individu.

### **C. Modélisation du compte de résultat**

Le manque de données statistiques fait que ce nouveau contrat est un risque qui n'est pas encore maîtrisé. Aussi, compte tenu de l'ensemble des hypothèses que nous avons posées au sein de notre modèle, il est primordial pour le preneur de risque de simuler dans le temps l'évolution des masses techniques et financières par l'intermédiaire du compte de résultat. En effet, celui-ci explique le résultat de l'exercice écoulé en comparant les charges (les dépenses) et les produits (les recettes).

D'après le Code du Commerce (art. 9) :

*« Le compte de résultat récapitule les produits et les charges de l'exercice, sans qu'il soit tenu compte de leur date d'encaissement ou de paiement. Il fait apparaître, par différence après déduction des amortissements et des provisions, le bénéfice ou la perte de l'exercice. Les produits et les charges, classés par catégories, doivent être présentés soit sous forme de tableaux, soit sous forme de liste ».*

Afin de valider notre tarification, nous allons dans un premier temps ventiler l'engagement de l'assuré par exercice d'affectation des primes et l'engagement de l'assureur par exercice de survenance des sinistres. Par construction, l'équilibre sera établi puisque la somme des sinistres probables actualisés en zéro est égale à la somme des primes probables actualisées en zéro. Pour cela nous utilisons les formules précédentes simulées à la date  $k=0$  sur un groupe fermé. Nous verrons dans un second temps, la construction d'un compte de résultat (comptable) où nous constaterons les flux effectivement versés à la fin de chaque année et ce jusqu'à l'échéance du prêt (au 31/12/N). Nous distinguerons pour les postes primes et sinistres, le cas du compte de résultat et les formules pour la validation du modèle.

L'ensemble des différents postes du compte de résultat sont traités de manière probable c'est-à-dire théorique, puisque aucun portefeuille d'emprunteur n'est encore présent dans la compagnie.

#### **1. La prime**

Les primes probables chargées des frais divers (tels de gestion et d'acquisition) forment le premier poste du compte de résultat et sont enregistrées au crédit de ce dernier. Les primes sont versées en fin de période en même temps que l'échéance du prêt. Elles sont ainsi déterminées en multipliant la probabilité de survie par le montant de prime. Il faut noter que

le taux de primes ( $\tau$ ) présenté dans les formules ci-dessous variera en fonction de la tarification choisie, mais la manière globale de déterminer le montant de prime annuelle reste la même quelque soit la garantie étudiée.

➤ Cas de la validation du modèle

$$\text{Prime au } 31/12/(N+t) = \sum_{j=1+(t*12)}^{12+(t*12)} \frac{j}{12} P_x \times \tau \times C_0 \times (1+i)^{-\frac{j}{12}} \text{ si la prime est fonction du capital initial}$$

$$\text{Prime au } 31/12/(N+t) = \sum_{j=1+(t*12)}^{12+(t*12)} \frac{j}{12} P_x \times \tau \times CRD_{j-1} \times (1+i)^{-\frac{j}{12}} \text{ si la prime est fonction du capital restant}$$

dû

Pour un prêt souscrit au 01/01/N, au 31/12/N les douze primes probables vont être actualisées au taux technique pour constater leur valeur au moment 0 (c'est-à-dire à la souscription du prêt).

➤ Cas du compte de résultat comptable

$$\text{Prime au } 31/12/(N+t) = \sum_{j=1+(t*12)}^{12+(t*12)} \frac{j}{12} P_x \times \tau \times C_0 \text{ si la prime est fonction du capital initial}$$

$$\text{Prime au } 31/12/(N+t) = \sum_{j=1+(t*12)}^{12+(t*12)} \frac{j}{12} P_x \times \tau \times CRD_{j-1} \text{ si la prime est fonction du capital restant du}$$

Le compte de résultat ne fait pas intervenir d'actualisation, on constate les cotisations effectivement versées durant l'année comptable (du 01/01/N au 31/12/N). Dans le compte de résultat comptable, l'actualisation financière n'interviendra pas.

## 2. Les sinistres

Le poste « Sinistres » est composé des prestations pour l'année en cours. Nous supposons par hypothèse que les sinistres surviennent en milieu de période pour la garantie Décès et en début de période pour la garantie Incapacité de travail. Le montant enregistré sera le produit de la probabilité de survenance et du coût moyen sur l'année du sinistre.

### 2.1.1. Le décès

➤ Cas de la validation du modèle

$$\text{Sinistres au } 31/12/(N+t) = \sum_{j=0+(t*12)}^{11+(t*12)} \frac{j}{12} p_x \times \frac{1}{12} q_{x+\frac{j}{12}} \times CRD_j \times (1+i)^{-\frac{(-j-0.5)}{12}}$$

Les sinistres ainsi déterminés vont permettre à l'assureur de connaître le montant exact des prestations pour les années à venir.

➤ Cas du compte de résultat comptable

$$\text{Sinistres au } 31/12/(N+t) = \sum_{j=0+(t*12)}^{11+(t*12)} \frac{j}{12} p_x \times \frac{1}{12} q_{x+j/12} \times CRD_j$$

### 2.1.2. L'incapacité de travail

➤ Cas de la validation du modèle

Sinistres au 31/12/(N+t) =

$$\sum_{j=0+(t*12)}^{11+(t*12)} \frac{j}{12} p_x \times Freq \times \left( a \times \text{Pr } ov_{Incap}^{n,x}(x+j,3) + \text{Pr } ov_{Incap\_Inval}^{n,x}(x+j,0) \right) \times (1+i)^{-j/12}$$

➤ Cas du compte de résultat comptable

Sinistres au 31/12/(N+t) =

$$\sum_{j=0+(t*12)}^{11+(t*12)} \frac{j}{12} p_x \times Freq_{x+j} \times \left( a \times \text{Pr } ov_{Incap}^{((t+1)*12-j),x} \left( x + \frac{j}{12}, \begin{cases} 3 & \text{si } t=0 \text{ ou } (t \times 12 - j) \leq 3 \\ t \times 12 - j & \text{si } t \geq 1 \end{cases} \right) + \text{Pr } ov_{Incap\_Inval}^{((t+1)*12-j),x} \left( x + \frac{j}{12}, \begin{cases} 3 & \text{si } t=0 \text{ ou } (t \times 12 - j) \leq 3 \\ t \times 12 - j & \text{si } t \geq 1 \end{cases} \right) \right)$$

Les sinistres sont observés pour chaque exercice, il va donc falloir prendre en compte dans un premier temps tout les nouveaux sinistres de l'année. Dans un second temps, il faut également constater l'ensemble des prestations à verser pour les sinistres survenus les années précédentes à compter du terme de la première année. Les sinistres vont ainsi permettre à l'assureur de connaître le montant exact des prestations pour chaque année sur la durée du prêt.

### 3. La Provision pour Risques Croissants (PRC)

L'article R331-1 du Code des Assurances stipule que les entreprises d'assurances « doivent à toute époque, être en mesure de justifier l'évaluation » de « provisions techniques suffisantes pour le règlement intégral de leurs engagements vis à vis des assurés ou bénéficiaires des contrats ».

La provision pour risques croissants va venir compléter le compte de résultat (comptable) en intégrant sa variation de début et de fin d'année. En produit, le montant de début d'année est inscrit, et en charge, le montant nécessaire en fin d'année.

### 3.1.1. Le décès

➤ Le compte de résultat comptable

$$EngAssureur_x^n(k) = \sum_{j=0}^{n-k-1} p_x \times \tau_{x+j/12} \times CRD_{k+j} \times (1+i)^{\frac{(-j-0,5)}{12}}$$

$$EngAssuré_x^n(k) = \sum_{j=1}^{n-k} p_x \times \tau_p \times C_0 \times (1+i)^{\frac{-j}{12}} \quad \text{si la prime est fonction du capital initial}$$

$$\text{d'où } PRC_x^n(k) = EngAssureur_x^n(k) - EngAssuré_x^n(k)$$

On détermine dans le compte de résultat la provision à constituer à une date donnée.

### 3.1.2. L'incapacité de travail

➤ Cas du compte de résultat comptable

$$EngAssureur_x^n(k) = \sum_{j=0}^{n-k-1} p_x \times Freq_{x+j} \times \left( a \times Pr ov_{Incap}^{n,x} \left( x + \frac{j}{12} + \frac{k}{12}, 3 \right) + Pr ov_{Incap\_Inval}^{n,x} \left( x + \frac{j}{12} + \frac{k}{12}, 0 \right) \right) \times (1+i)^{\frac{-j}{12}}$$

$$EngAssuré_x^n(k) = \sum_{j=1}^{n-k} p_x \times \tau_{IT/IP} \times C_0 \times (1+i)^{\frac{-j}{12}}$$

$$\text{d'où } PRC_x^n(k) = EngAssureur_x^n(k) - EngAssuré_x^n(k)$$

## 4. La Provision pour Sinistre en Cours (PSC)

Cette provision concerne les sinistres déjà survenus à la date d'inventaire. La totalité des paiements des sinistres n'est en effet pas effectuée au cours de l'exercice de survenance. On constitue donc, dans les comptes de l'exercice, une provision pour assurer le paiement des sinistres dont les prestations se répartissent sur plusieurs mois ou années. D'une manière plus précise, c'est la valeur estimative des dépenses nécessaires au règlement de tous les sinistres survenus mais restant à payer. Ces provisions n'interviennent pas dans le compte de résultat technique car celui-ci permet de constater les versements futurs à la date zéro, il n'y a donc que la PSC qui sera concernée.

Le montant de la PSC à constater est exprimé de la manière suivante :

PSC au 31/12/(N + t) =

$$\sum_{j=0+(t*12)}^{11+(t*12)} \frac{j}{12} p_x \times Freq_{x+j} \times \left( a \times \text{Prov}_{Incap}^{n,x} \left( x + \frac{j}{12}, \begin{cases} 3 & \text{si } t = 0 \text{ ou } (t \times 12 - j) \leq 3 \\ t \times 12 - j & \text{si } t \geq 1 \end{cases} \right) + \text{Prov}_{Incap\_Inval}^{n,x} \left( x + \frac{j}{12}, \begin{cases} 3 & \text{si } t = 0 \text{ ou } (t \times 12 - j) \leq 3 \\ t \times 12 - j & \text{si } t \geq 1 \end{cases} \right) \right)$$

Il ne faut pas confondre la formule des sinistres avec celle des PSC. Dans le premier cas, on détermine le nombre de sinistres constatés sur l'année en cours et dans le second cas, on détermine le montant qu'il reste à payer pour chaque assuré en état d'incapacité de travail jusqu'à l'échéance. Ainsi, la borne du calcul de la provision d'incapacité en cours et de la provision d'invalidité en attente ne sera pas la même.

### 5. Les produits financiers

Les produits financiers constituent également un poste essentiel des produits du compte de résultat. Ils correspondent aux intérêts que les placements représentatifs du contrat peuvent donner. En effet, la vie du contrat est jalonnée d'encaissements et de décaissements. Ceci nous amène à considérer comme assiette pour les revenus financiers :

$$\begin{aligned} \text{Assiette du Revenu financier} = & \text{Primes (versées à chaque échéance du prêt)} \\ & + \text{Provisions de début d'année} \\ & - \text{Sinistres} \end{aligned}$$

Les trois postes concernés sont les primes, les provisions mises en place en début d'année et les sinistres. Les intérêts financiers des sinistres viennent diminuer les produits financiers car ils correspondent aux indemnités versées aux assurés et qui ne sont plus dans les comptes de l'assureur.

Hypothèses supplémentaires :

- On tiendra compte des valeurs en début d'année comptable des provisions
- Les sinistres décès sont toujours supposés intervenir en milieu de période
- Les prestations d'IT/IP sont réglées en début de période

Ainsi, nous sommes les montants de primes et de provisions pour obtenir l'assiette. Nous appliquons un taux financier pour l'instant égale au taux technique pour conserver l'équilibre du modèle.

La valeur des produits financiers de l'exercice est alors :

$$\begin{aligned} \text{Produits financiers } (N+t) = & \text{Intérêts sur primes } (N+t) \\ & + \text{Intérêts provisions de début d'année } (N+t) \\ & + \text{Intérêts sur le résultat technique } (N+t) \\ & - \text{Intérêts sur sinistres } (N+t) \end{aligned}$$

Avec :

$$\text{Intérêts sur primes au } 31/12/(N+t) = \sum_{j=1+(t*12)}^{12+(t*12)} P_x \times \tau \times C_0 \times \left( (1 + \text{Taux financier})^{\frac{(12*(t+1)-j)}{12}} - 1 \right)$$

$$\text{Intérêts sur provisions au } 31/12/(N+t) = \text{Provisions de début d'année} \times \text{Taux financier}$$

$$\begin{aligned} \text{Intérêts sur le résultat technique au } 31/12/N \\ = \text{Résultat technique au } 31/12/N-1 \times \text{Taux financier} \end{aligned}$$

Les intérêts sur sinistres sont exprimés différemment selon la garantie :

➤ Le décès

$$\begin{aligned} & \text{Intérêts sur sinistres au } 31/12/(N+t) \\ = & \sum_{j=0+(t*12)}^{11+(t*12)} \frac{j}{12} P_x \times \frac{1}{12} q_{x+\frac{j}{12}} \times CRD_j \times \left( (1 + \text{Taux financier})^{\frac{(12*(1+t)-j+0.5)}{12}} - 1 \right) \end{aligned}$$

➤ L'incapacité de travail

$$\begin{aligned} & \text{Intérêts sur sinistres au } 31/12/(N+t) = \\ & \sum_{j=0+(t*12)}^{11+(t*12)} \frac{j}{12} P_x \times Freq_{x+j} \times \left( \begin{aligned} & a \times \text{Pr } ov_{Incap}^{((t+1) \times 12 - j), x} \left( x + \frac{j}{12}, \begin{cases} 3 & \text{si } t = 0 \text{ ou } (t \times 12 - j) \leq 3 \\ t \times 12 - j & \text{si } t \geq 1 \end{cases} \right) \\ & + \text{Pr } ov_{Incap\_Inval}^{((t+1) \times 12 - j), x} \left( x + \frac{j}{12}, \begin{cases} 3 & \text{si } t = 0 \text{ ou } (t \times 12 - j) \leq 3 \\ t \times 12 - j & \text{si } t \geq 1 \end{cases} \right) \end{aligned} \right) \\ & \times \left( (1 + \text{Taux financier})^{\frac{(12 \times (1+t) - j)}{12}} - 1 \right) \end{aligned}$$

Cette formule nous permet bien d'obtenir dans notre modèle un résultat technique nul lorsque le taux financier est égale au taux technique.



## 6. *La détermination du résultat*

Le résultat présenté ici est le résultat brut annuel du contrat. Il est obtenu en soustrayant les charges de l'année des produits de l'année.

Nous avons ainsi le résultat à la date (N+t):

$$\begin{aligned} \text{Résultat}_{(N+t)} = & \quad \text{Primes encaissées} \\ & + \text{Provisions de début d'année} \\ & + \text{Produits financiers} \\ & - \text{Frais} \\ & - \text{Commissions} \\ & - \text{Provisions en fin d'année} \\ & - \text{Sinistres} \end{aligned}$$

Ce calcul donne le solde financier du contrat d'assurance en fin de chaque année comptable.

## ***D. Les outils de calcul développés***

Afin de mettre en pratique l'ensemble des formules vues précédemment, il a été nécessaire de construire des outils nous permettant d'observer les résultats. Pour cela, deux applicatifs ont été créés. L'un portant sur l'évolution des PRC au cours du temps et l'autre permettant de simuler un compte de résultat pour les garanties Décès et IT/IP. Pour réaliser ces outils, nous avons utilisé le logiciel Microsoft Excel avec la programmation en Visual Basic (VB). Les formules, déterminées précédemment sont représentées chacune par une fonction VB. Pour regrouper l'ensemble des informations nécessaires à une date donnée et par rapport aux divers paramètres du prêt, un tableau récapitulatif est établi sous EXCEL.

### ***1. Construction des Provisions pour Risque Croissant***

Le fichier se compose de deux cadres principaux, l'un comprenant les caractéristiques du prêt et l'autre comprenant les caractéristiques de l'assuré. Ces variables vont nous permettre d'alimenter un tableau (donnée en annexe) regroupant l'ensemble des engagements de l'assureur ainsi que ceux de l'assuré, et ceci sur la durée du prêt. Ainsi, l'assureur connaîtra les montants à provisionner à chaque date.

Les variables sont présentées de la manière suivante :

Caractéristiques du prêt	
Montant de l'emprunt:	25 000 €
Taux d'intérêt du prêt:	4,00%
Durée du prêt:	60 mois
Amortissement:	Echéance cste
Fractionnement:	Mensuel
<u>Calcul:</u>	
Échéance:	460,41 €
Taux de prime sur capital initial:	0,015%
Taux de prime sur capital restant dû:	0,028%

Caractéristiques de l'assuré	
Age:	42
Table décès utilisée:	TH0002
Taux technique:	2,25%
Terme:	Echu
Taux commercial :	35%

Les caractéristiques du prêt sont représentées par :

- le montant de l'emprunt
- le taux d'intérêt du prêt
- la durée du prêt
- le type d'amortissement
- le fractionnement
- le montant de l'échéance du prêt
- les taux de primes selon le mode de tarification

Les caractéristiques de l'assuré par :

- l'âge de l'assuré
- la table de mortalité

Les caractéristiques techniques :

- le taux technique
- le terme
- le taux commercial

L'échéance et les taux de primes pour chaque garantie sont déterminés par une fonction VB qui détermine leurs valeurs par rapport aux caractéristiques rentrées en paramètre. Ces valeurs vont être utilisées dans la suite comme variables d'autres fonctions VB correspondant aux engagements de l'assureur et de l'assuré vu précédemment. Le tableau obtenu détermine, pour chaque moment (où échéance du prêt), le montant de primes à verser par mois, l'engagement de l'assureur et l'engagement de l'assuré selon la tarification choisie pour ainsi déterminer le montant à provisionner. Un exemple de ce tableau est donné en annexe dans le cas d'une garantie Décès. Le principe reste le même dans le cas de la garantie Incapacité de travail.

## ***2. Construction du compte de résultat***

Les mêmes paramètres viennent alimenter le modèle mais la construction est différente. En effet, dans un premier temps il a fallu déterminer l'ensemble des cotisations et prestations à la fin de chaque année du prêt. Pour cela, nous avons créé, dans une feuille supplémentaire de notre classeur EXCEL, les versements probables de chaque mois puis nous les avons sommé sur l'année. Cette feuille comprend également les produits financiers des différents postes concernés.

Une des difficultés majeures a été de déterminer le montant des provisions chaque années tout particulièrement dans le cas de l'IT/IP. En effet, en plus de la PRC, vient s'ajouter la PSC qui correspond aux sinistres en cours de paiements, mais non encore totalement payé. Plusieurs cas ont été considérés : la personne doit être en état d'incapacité et ceci après la période de franchise (3 mois) et cette personne peut à tout moment quitter cet état soit par le décès, soit par le passage en invalidé (assimilé à un décès) ou par le retour à la vie active. Nous avons ainsi créé une fonction VB permettant de déterminer cette provision en tenant compte de la date à laquelle la personne tombait en incapacité et limitée à une durée maximale de 36 mois dans l'état ou à la durée résiduelle du prêt lorsque celle-ci était inférieure à 36 mois.

La difficulté de la construction de ce modèle résidait dans la mise en application des différentes formules en code VB puisque un certain nombre de limitation de paramètres était à prendre en compte.

On retrouve les principales fonctions en annexe.

## ***E. Conclusion***

La provision est une notion incontournable en assurance emprunteur puisqu'elle a pour but d'anticiper l'augmentation du risque dans le temps.

Elle représente une réserve qui doit permettre aux compagnies d'assurances de pouvoir honorer leurs engagements, et de maintenir l'équilibre du résultat financier sur toute la durée du contrat.

Par ailleurs, nous avons pu remarquer que le calcul du résultat nécessitait la constitution de cette provision qui se déroulait en plusieurs étapes et nécessitait la reconstitution d'un tableau d'amortissement. Un certain nombre d'éléments interviennent dans sa détermination : âges, capitaux initiaux, capitaux restant dû, annuités de remboursement, la durée, le taux d'intérêt,...

Ces provisions vont approvisionner le compte de résultat afin de venir l'équilibrer. Elles devront même être complétées par la Provision pour Sinistre en Cours dans le cas de la garantie IT/IP.

Afin d'anticiper le déroulement des futurs contrats, nous allons dans une deuxième partie étudier l'impact des différents paramètres du modèle sur la PRC. Puis, nous déterminerons leurs impacts sur le résultat financier en ayant au préalable équilibrer le compte de résultat.

## *Partie II. Etude empirique d'un contrat emprunteur*

Afin d'illustrer la méthodologie précédemment décrite, nous allons présenter dans un premier temps le produit et les différentes hypothèses considérées dans notre modèle.

Nous définirons un tarif unique pour l'ensemble des assurés où la cotisation sera la même quelle que soit l'âge de l'assuré puis nous étudierons l'évolution du résultat en testant la sensibilité à divers paramètres (variation de la durée, de l'âge à la souscription, du taux d'intérêt ...).

Enfin, nous consacrerons un paragraphe sur l'influence de la Provision pour Risques Croissants (PRC) sur le résultat. Pour cela, nous étudierons un prêt d'une durée de 5 ans correspondant aux caractéristiques moyennes de notre contrat. Pour l'ensemble des tests nous étudierons à la fois la PRC et le compte de résultat technique observé à chaque exercice jusqu'à la fin du prêt.

### *A. Tarification du produit*

Le produit étudié est un contrat de type crédit à la consommation portant sur des prêts automobiles. Nous avons à respecter un certain nombre de paramètres pour établir la tarification du produit. Mais avant d'introduire ces caractéristiques, nous allons tout d'abord présenter les diverses hypothèses du modèle.

#### *1. Hypothèses de calcul*

Hypothèse 1 : la durée de paiement des primes est égale à la durée de l'emprunt,

Hypothèse 2 : l'adhésion au contrat d'assurance coïncide avec la souscription du prêt,

Hypothèse 3 : les primes sont payées à terme échu et appelées au même moment que le versement des échéances,

Hypothèse 4 : les échéances des emprunts sont remboursables à terme échu,

Hypothèse 5 : les prêts sont amortis par mensualités constantes, sans différé,

Hypothèse 6 : les paiements sont immédiats,

Hypothèse 7 : les décès ont lieu en milieu de période,

Hypothèse 8 : les entrées en incapacité de travail s'effectuent en début de mois.

Ces hypothèses regroupent les caractéristiques principales de la tarification. Les flux vont tous avoir lieu en fin de période, hormis les prestations d'incapacité de travail qui s'effectuent en début de période.

Les principales caractéristiques moyennes du contrat sont les suivantes :

- Capital emprunté : 25 000 €
- Durée du prêt : 5 ans (60 mois)
- Age de l'assuré à la souscription : 42 ans

Les paramètres techniques que nous avons retenu sont définis ci-dessous :

- La table de mortalité : TH00-02 et TF00-02
- La franchise : 90 jours (3 mois) ininterrompus d'incapacité temporaire total de travail. Cette franchise n'est pas appliquée en cas de rechute, c'est-à-dire en cas d'arrêt pour la même cause dans les 60 jours suivant la reprise d'activité
- Le montant maximum indemnisé est de 3 000 € par mensualité en cas d'incapacité de travail
- Cessation des garanties :
  - Pour la garantie Décès : 75 ans
  - Pour la garantie Invalidité : 60 ans
  - Pour la garantie Incapacité de travail : 65 ans
- L'Amortissement : Remboursement par mensualités constantes
- Le taux technique : 2,25 %
- Le taux d'intérêt du prêt : 4 %
- Le taux de commission : 35 %
- La taxe d'assurance : 9 %
- Le taux de remboursement anticipé : 0 %

La prime commerciale inclut les chargements et correspond à la somme effectivement versée par l'assuré. Elle s'obtient par l'opération suivante :

$$\text{Prime commerciale} = \frac{\text{Prime pure}}{(1 - \text{Chargement})}$$

En plus des chargements, vient s'ajouter la taxe d'assurance dans le cas de la garantie Incapacité / Invalidité (IT/IP). Ainsi, nous calculerons la prime commerciale de la manière suivant :

$$\text{Prime commerciale} = \frac{\text{Prime pure}}{(1 - \text{Chargement})} \times (1 + \text{Taxe})$$

Pour le calcul des primes, nous avons développé un applicatif sous Excel qui nous donne les résultats suivant :

Pour la garantie décès:

- 0,0149 % pour une tarification sur Capital initial (Prime commerciale : 0,023%)
- 0,0279 % pour une tarification sur Capital restant dû (Prime commerciale : 0,043 %)

Pour la garantie Incapacité / Invalidité:

- 0,0191 % pour une tarification sur Capital initial (Prime commerciale : 0,032 %)
- 0,0597 % pour une tarification sur Capital restant dû (Prime commerciale : 0,067 %)

Ces tarifs correspondent à notre tarif de groupe que l'on appliquera à chaque individu souscrivant le contrat.

## ***2. Validation de la tarification***

Le compte de résultat technique va nous permettre de valider la construction de notre modèle et ainsi la PRC mise en place dans la partie théorique de notre étude. Pour cela, nous analyserons l'évolution de cette provision au cours du temps pour une tarification à l'équilibre, c'est-à-dire pour une tarification individuelle.

### ***2.1. Evolution de la PRC à l'équilibre***

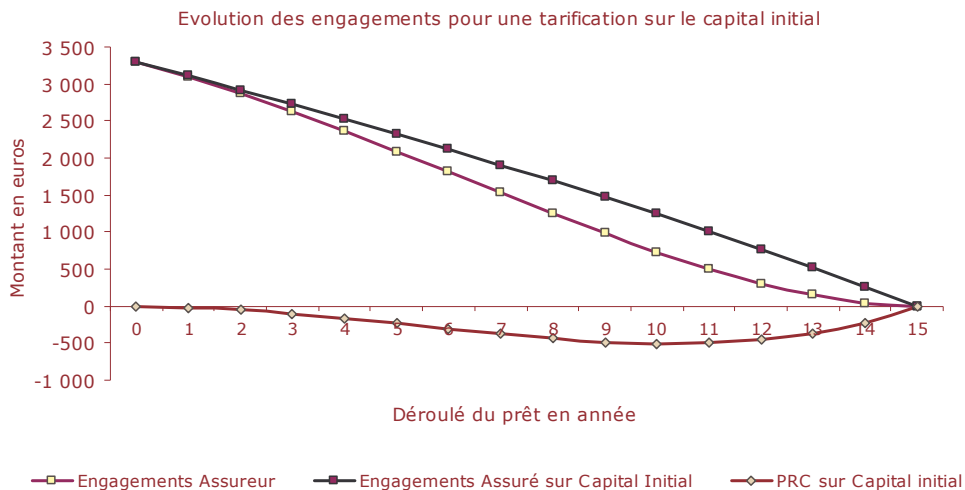
A l'équilibre, chaque individu bénéficie de son propre tarif. Ce qui signifie, que la prime va s'ajuster selon les caractéristiques du prêt et de l'assuré. Nous présenterons dans ce paragraphe l'évolution de la PRC à l'équilibre et nous en déduirons son comportement pour un prêt d'une durée de 15 ans afin de mieux apprécier son évolution dans le temps.



### 2.1.1. Le décès

Pour cet emprunt, les taux de primes s'élèvent à 0,022 % pour une tarification sur Capital initial et 0,038 % pour une tarification sur Capital restant dû.

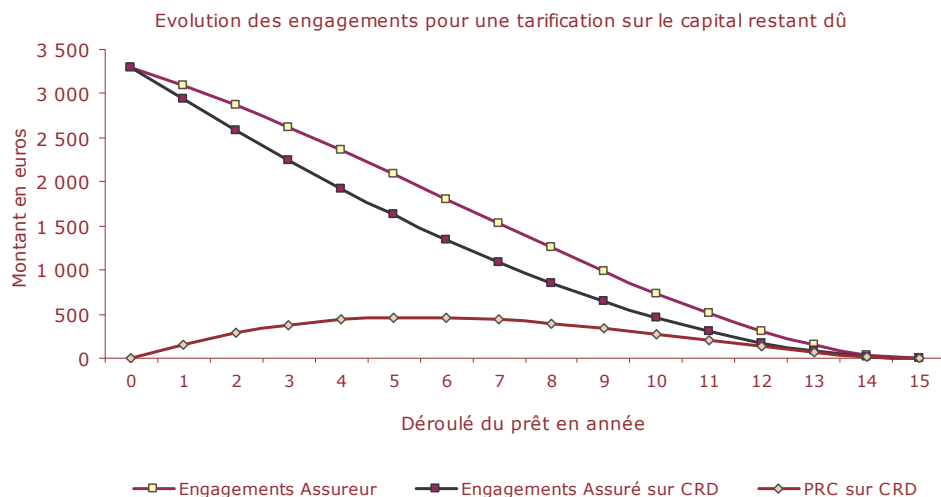
Le graphique ci-dessous représente sur une durée de prêt de 15 ans, l'évolution des engagements de l'assuré et de l'assureur Et la différence entre ces deux engagements donnent le résultat de la PRC.



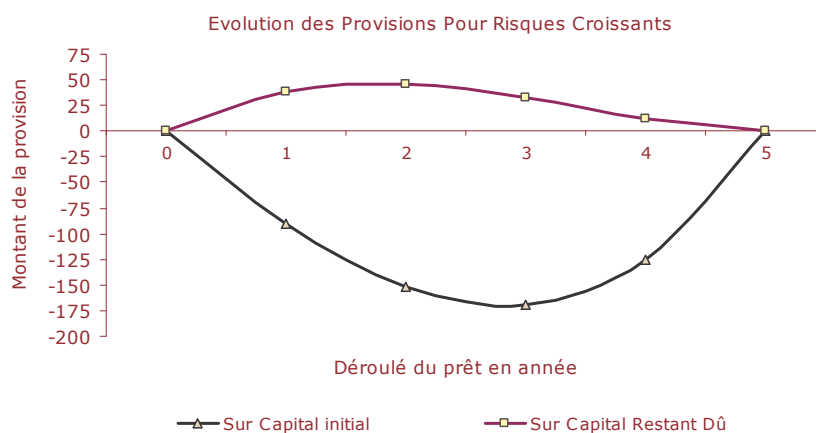
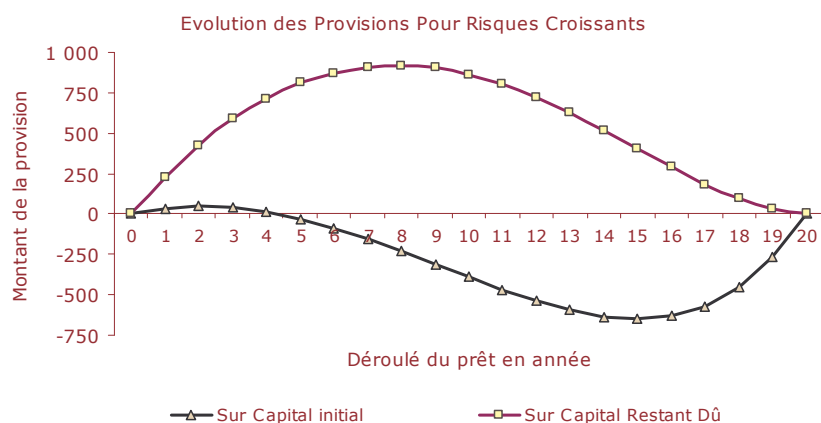
On constate d'une part que les engagements diminuent dans le temps pour s'annuler à la fin du prêt et d'autre part que l'engagement de l'assureur est inférieur à l'engagement de l'assuré. En conséquence, le montant de la PRC est négative sur toute la durée de vie du contrat. La constitution de provisions pour risques croissants n'est donc pas, dans ce cas, nécessaire.

Pour une tarification sur Capital initial, cette observation ne peut être généralisée à l'ensemble des durées, car nous avons remarqué qu'au-delà de 15 ans la provision était positive sur la première période du prêt.

Lorsque la tarification s'effectue sur le capital restant dû, les conclusions sont différentes que précédemment. En effet, la provision à constituer sera toujours positive dans le cas d'une tarification sur le capital restant dû et ceci quel que soit l'âge de l'assuré et la durée du prêt. Ceci se montre par récurrence car il s'agit d'une différence de deux sommes dépendant du capital restant dû.



Il est intéressant d'analyser l'évolution de la provision pour une durée supérieure et inférieure à 15 ans, à savoir 5 ans et 20 ans. Nous obtenons les schémas suivants :

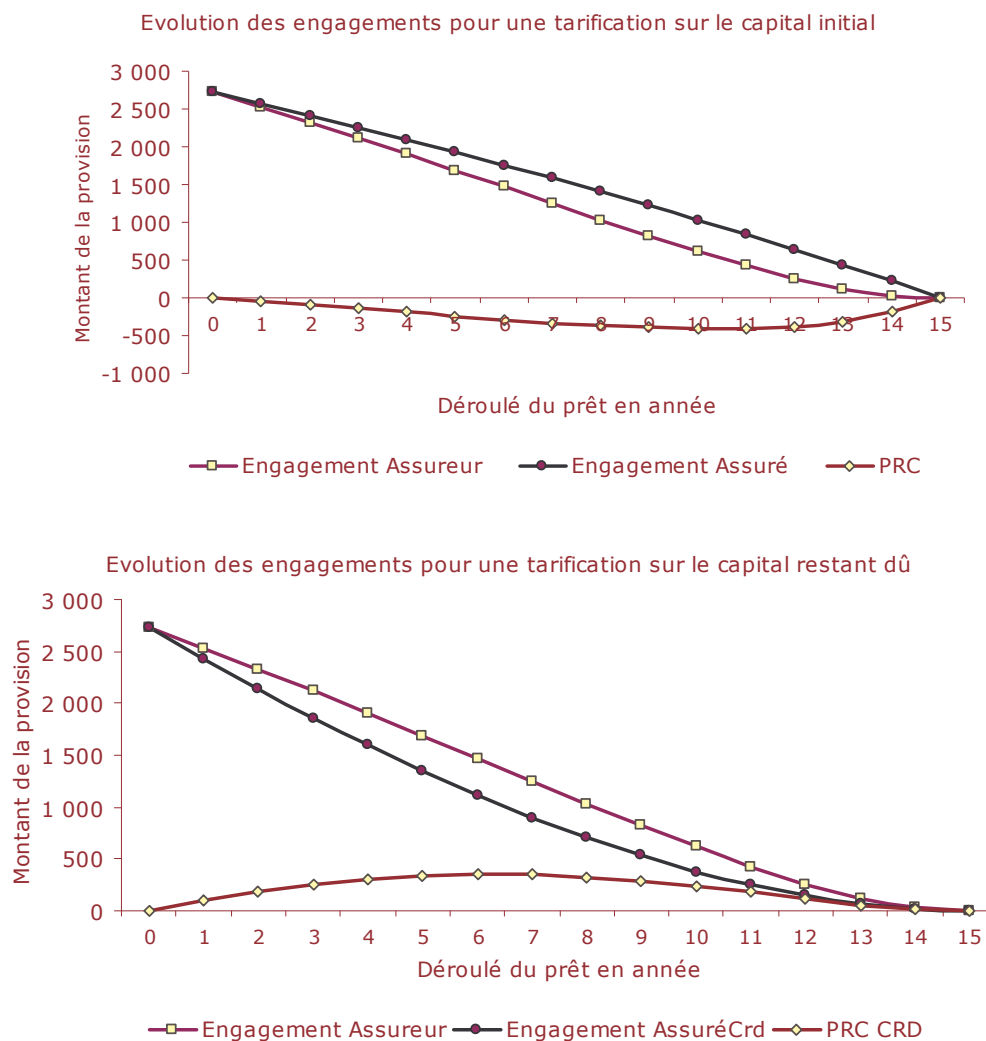


Dans le cadre d'une tarification sur Capital initial, la provision à constituer variera en fonction de la durée du prêt. Lorsque la durée est inférieure à 15 ans, la provision reste négative, par contre pour des durées supérieures, la provision devient positive durant les premières années. Enfin, pour un prêt d'une durée de 5 ans, les variations constatées sont identiques à celle d'un prêt de 15 ans. Nous pouvons ainsi généraliser la tendance pour les prêts de plus courte durée, à savoir négative sur toute la durée de l'emprunt.

### 2.1.2. L'incapacité de travail

Les taux de primes obtenus pour cette garantie sont de 0,017 % pour une tarification sur Capital initial et 0,0285 % pour une tarification sur Capital restant dû.

Les évolutions des PRC sont les suivantes :



Quel que soit le type de tarification, sur capital initial ou sur capital restant dû, l'évolution de la PRC dans le temps est similaire à la garantie Décès. Pour une tarification sur le capital

initial, la PRC reste négative sur toute la durée du prêt et ceci quelle que soit la durée du prêt et dans le cadre d'une tarification sur le capital restant dû, la PRC restera positive.

Les deux garanties ont donc une tendance similaire à l'équilibre. On constate, par ailleurs, que la PRC est nulle en début et en fin de période ce qui résulte de l'hypothèse d'égalité entre les deux engagements pour déterminer la prime.

## 2.2. Validation de la tarification

Afin de valider notre modèle, nous allons vérifier que les engagements sont identiques. Pour cela nous allons reprendre les caractéristiques définies dans le paragraphe A.1. à savoir un montant emprunté de 25 000 €, un taux d'intérêt de 4 % et une durée de prêt de 5 ans. Pour chaque exercice, nous allons représenter les versements attendus vu à la date  $k=0$ .

Les tableaux ci-dessous sont simulés pour 1 000 individus ayant les mêmes caractéristiques.

### 2.2.1. Le décès

Le taux de primes obtenu s'élève à 0,0149 % pour une tarification sur Capital initial et 0,0279 % pour une tarification sur Capital restant dû.

#### ➤ Tarification sur Capital initial

	En euros				
	31/12/2007 vu en $k=0$	31/12/2008 vu en $k=0$	31/12/2009 vu en $k=0$	31/12/2010 vu en $k=0$	31/12/2011 vu en $k=0$
Primes pures (1)	44 213	43 106	42 012	40 932	39 864
Primes pures cumulées	44 213	87 318	129 330	170 262	210 126
Sinistres (2)	66 401	57 148	45 111	30 000	11 466
Sinistres cumulés	66 401	123 549	168 660	198 660	210 126
Résultat (1)-(2)	- 22 188	- 14 042	- 3 099	10 932	28 398
Résultat cumulé	- 22 188	- 36 230	- 39 330	- 28 398	0

On constate que les montants de primes et de sinistres attendus pour chaque exercice évoluent de manière décroissante dans le temps. La prime diminue car la probabilité de verser la prime (donc d'être en vie) diminue dans le temps. Par contre, les sinistres progressent essentiellement en fonction des capitaux restant dû d'où une convergence vers 0. A l'échéance du prêt, le résultat cumulé est nul, autrement dit, l'assureur n'enregistre ni gain, ni perte. Le montant de primes perçu est égale au montant de sinistres indemnisés à savoir 210 126 €. Ce montant correspond à la prime unique du contrat.

➤ Tarification sur Capital restant dû

	En euros				
	31/12/2007 vu en k=0	31/12/2008 vu en k=0	31/12/2009 vu en k=0	31/12/2010 vu en k=0	31/12/2011 vu en k=0
Primes pures (1)	75 640	58 639	41 827	25 213	8 806
Primes pures cumulées	75 640	134 279	176 106	201 319	210 126
Sinistres (2)	66 401	57 148	45 111	30 000	11 466
Sinistres cumulés	66 401	123 549	168 660	198 660	210 126
Résultat (1)-(2)	9 239	1 491	- 3 284	- 4 786	- 2 659
Résultat cumulé	9 239	10 730	7 446	2 659	- 0

Contrairement au premier type de tarification, la prime et les sinistres évoluent tous deux en fonction du capital restant dû, ils diminuent dans le temps. Par conséquent l'engagement de l'assuré sera inférieur à l'engagement de l'assureur sur l'ensemble de la durée du prêt. On retrouve le même montant de prime unique, soit 210 126 € ce qui confirme l'équilibre de notre tarification.

Dans les deux cas nous obtenons un résultat cumulé nul à la fin du contrat.

### 2.2.2. L'incapacité de travail

Pour les mêmes caractéristiques, dans le cadre d'une tarification sur capital initial le taux de prime obtenu s'élève à 0,0191 % du Capital initial et pour une tarification sur capital restant dû le taux de primes s'élève à 0,0356 % du Capital restant dû.

➤ Tarification sur Capital initial

	En euros				
	31/12/2007 vu en k=0	31/12/2008 vu en k=0	31/12/2009 vu en k=0	31/12/2010 vu en k=0	31/12/2011 vu en k=0
Prime pure (1)	75 126	73 245	71 387	69 551	67 736
Primes cumulées	75 126	148 371	219 758	289 308	357 044
Sinistres (2)	120 624	102 603	73 670	47 492	12 655
Sinistres cumulés	120 624	223 227	296 897	344 390	357 044
Résultat (1)-(2)	- 45 498	- 29 358	- 2 284	22 058	55 082
Résultat cumulé	- 45 498	- 74 856	- 77 140	- 55 082	- 0

➤ Tarification sur Capital restant dû

	En euros				
	31/12/2007 vu en k=0	31/12/2008 vu en k=0	31/12/2009 vu en k=0	31/12/2010 vu en k=0	31/12/2011 vu en k=0
Prime pure (1)	128 527	99 639	71 072	42 842	14 964
Primes cumulés	128 527	228 166	299 238	342 081	357 044
Sinistres (2)	120 624	102 603	73 670	47 492	12 655
Sinistres cumulés	120 624	223 227	296 897	344 390	357 044
Résultat (1)-(2)	7 903	- 2 964	- 2 598	- 4 650	2 309
Résultat cumulé	7 903	4 939	2 341	- 2 309	0

Les deux garanties offrent un résultat nul à l'échéance du prêt. Ce phénomène est observé quel que soit les caractéristiques du prêt et de l'assuré pour une tarification à l'équilibre.

## B. Simulation du compte de résultat

Afin d'avoir une vision complète des flux réels futurs à chaque fin d'exercice, nous avons modélisé un compte de résultat comptable sur toute la durée du prêt. L'ensemble des flux financiers pourra ainsi être observé.

Nous étudierons dans un premier temps, le comportement du compte de résultat à l'équilibre, puis nous présenterons le compte tel qu'il sera retenu pour effectuer les études de sensibilité dans le paragraphe suivant. Pour cela, nous étudieront un groupe d'assuré dont l'âge moyen est identique à celui de l'individu type.

### 1. Le décès

A l'équilibre, le compte de résultat va permettre de constater pour chaque exercice l'équilibre du modèle sur la durée du prêt. Dans les simulations suivantes, le taux financier est égale au taux technique, soit 2,25 %.

#### ➤ Tarification sur Capital initial

En Euros					
Exercices de survenance	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
Primes commerciales	68 843	68 629	68 393	68 133	67 849
Dont frais	24 095	24 020	23 937	23 847	23 747
Dont Primes pures (1)	44 748	44 609	44 455	44 286	44 102
Sinistres (2)	- 67 118	- 59 058	- 47 658	- 32 391	- 12 630
Engagements de l'assureur au 01/01	210 126	146 959	90 517	44 328	12 533
Engagements de l'assuré au 01/01	210 126	169 646	128 396	86 373	43 574
Engagements de l'assureur au 31/12	146 959	90 517	44 328	12 533	0
Engagements de l'assuré au 31/12	169 646	128 396	86 373	43 574	0
PRC au 01/01 (3)	0	- 22 687	- 37 879	- 42 045	- 31 041
PRC au 31/12 (4)	- 22 687	- 37 879	- 42 045	- 31 041	0
Variations de PRC (5)=(3)-(4)	22 687	15 192	4 166	- 11 003	- 31 041
Intérêts sur prime (6)	460	458	457	455	453
Intérêts sur sinistre (7)	- 777	- 691	- 567	- 401	- 185
Intérêts sur provision (8)	0	- 510	- 852	- 946	- 698
Intérêts sur résultat (9)	0	0	-	-	0
Produits financiers (10)=(6)+(7)+(8)+(9)	- 318	- 743	- 963	- 892	- 430
Résultats techniques (11)=(1)+(2)+(5)+(10)	0	0	0	0	0
Résultats techniques cumulés	0	0	0	0	0
Taux de chargement	35%	35%	35%	35%	35%

La provision à constituer chaque année doit être positive ou nulle. Elle ne peut en aucun cas être négative dans le compte de résultat. C'est pourquoi dans les études qui vont suivre lorsqu'elle sera négative nous porterons la valeur zéro pour le poste. Nous obtenons ainsi le tableau ci-dessous :

En Euros					
Exercices de survénance	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
Primes commerciales	68 843	68 629	68 393	68 133	67 849
Dont frais	24 095	24 020	23 937	23 847	23 747
Dont Primes pures (1)	44 748	44 609	44 455	44 286	44 102
Sinistres (2)	- 67 118	- 59 058	- 47 658	- 32 391	- 12 630
Engagements de l'assureur au 01/01	210 126	146 959	90 517	44 328	12 533
Engagements de l'assuré au 01/01	210 126	169 646	128 396	86 373	43 574
Engagements de l'assureur au 31/12	146 959	90 517	44 328	12 533	0
Engagements de l'assuré au 31/12	169 646	128 396	86 373	43 574	0
PRC au 01/01 (3)	0	0	0	0	0
PRC au 31/12 (4)	0	0	0	0	0
Variations de PRC (5)=(3)-(4)	0	0	0	0	0
Intérêts sur prime (6)	460	458	457	455	453
Intérêts sur sinistre (7)	- 777	- 691	- 567	- 401	- 185
Intérêts sur provision (8)	0	0	0	0	0
Intérêts sur résultat (9)	0	- 510	- 342	- 82	267
Produits financiers (10)=(6)+(7)+(8)+(9)	- 318	- 743	- 452	- 28	536
Résultats techniques (11)=(1)+(2)+(5)+(10)	- 22 687	- 15 192	- 3 655	11 867	32 007
Résultats techniques cumulés	- 22 687	- 37 879	- 41 534	- 29 667	2 340
Taux de chargement	35%	35%	35%	35%	35%

Sur toute la durée du prêt l'engagement de l'assureur reste inférieur à celui de l'assuré. L'assureur n'aura donc aucune provisions à constituer sur l'ensemble de la période. La PRC a été fixé à zéro car celle-ci est négative, le compte ne s'équilibre donc plus dans ce cas. Au 31/12 de la cinquième année, nous enregistrons un résultat cumulé de 2 340 € qui sera notre résultat de référence pour les tests à suivre.

#### ➤ Tarification sur Capital restant dû

En Euros					
Exercices de survénance	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
Primes commerciales	117 734	93 314	68 045	41 920	14 938
Dont frais	41 207	32 660	23 816	14 672	5 228
Dont Primes pures (1)	76 527	60 654	44 229	27 248	9 710
Sinistres (2)	- 67 118	- 59 058	- 47 658	- 32 391	- 12 630
Engagements de l'assureur au 01/01	210 126	146 959	90 517	44 328	12 533
Engagements de l'assuré au 01/01	210 126	137 512	79 298	36 368	9 626
Engagements de l'assureur au 31/12	146 959	90 517	44 328	12 533	0
Engagements de l'assuré au 31/12	137 512	79 298	36 368	9 626	0
PRC au 01/01 (3)	0	9 447	11 218	7 960	2 907
PRC au 31/12 (4)	9 447	11 218	7 960	2 907	0
Variations de PRC (5)=(3)-(4)	- 9 447	- 1 771	3 259	5 053	2 907
Intérêts sur prime (6)	815	653	485	312	133
Intérêts sur sinistre (7)	- 777	- 691	- 567	- 401	- 185
Intérêts sur provision (8)	0	213	252	179	65
Intérêts sur résultat (9)	0	- 0	0	0	0
Produits financiers (10)=(6)+(7)+(8)+(9)	38	175	170	90	14
Résultats techniques (11)=(1)+(2)+(5)+(10)	0	0	0	0	0
Résultats techniques cumulés	0	0	0	0	0
Taux de chargement	35%	35%	35%	35%	35%



Les provisions à constituer sont positives dans ce cas sur la durée du prêt. Contrairement à l'autre type de tarification, le résultat ne sera pas modifié dans le temps et restera à l'équilibre sur la durée du prêt.

Suite à l'ajustement effectué dans le premier tableau, nous pouvons retenir une première conclusion (qui sera précisé dans la suite de la rédaction). La PRC permet d'équilibrer le compte de résultat sur la durée du prêt. En ajustant la PRC négative à zéro, le trop perçu de primes n'est pas retiré du compte. Il en ressort ainsi un résultat positif à la fin du prêt (en résultat cumulé). Ce qui n'est pas le cas pour une tarification sur le capital restant dû, où l'on observe des PRC positives sur toute la durée du prêt qui équilibreront le compte à zéro.

## 2. *L'incapacité de travail*

### ➤ Tarification sur le capital initial

En Euros					
Exercices de survenance	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
Primes commerciales	95 780	95 482	95 154	94 792	94 397
Dont frais	38 663	38 543	38 411	38 265	38 105
Dont Primes pures (1)	57 116	56 939	56 743	56 528	56 292
Sinistres (2)	- 16 570	- 50 336	- 71 016	- 79 463	- 68 879
Engagements de l'assureur au 01/01	268 207	190 961	119 908	59 221	14 877
Engagements de l'assuré au 01/01	268 207	216 538	163 886	110 247	55 619
Engagements de l'assureur au 31/12	190 961	119 908	59 221	14 877	0
Engagements de l'assuré au 31/12	216 538	163 886	110 247	55 619	0
Provisions au 01/01 (3)	0	41 012	48 557	35 132	12 582
Dont PRC	0	- 25 577	- 43 978	- 51 026	- 40 742
Dont PSC	0	66 588	92 534	86 158	53 324
Provisions au 31/12 (4)	41 012	48 557	35 132	12 582	0
Dont PRC	- 25 577	- 43 978	- 51 026	- 40 742	0
Dont PSC	66 588	92 534	86 158	53 324	0
Variations de Provisions (5)=(3)-(4)	- 41 012	- 7 545	13 424	22 550	12 582
Intérêts sur prime (6)	587	585	583	581	579
Intérêts sur sinistre (7)	- 122	- 566	- 827	- 987	- 856
Intérêts sur provision (8)	0	923	1 093	790	283
Intérêts sur résultat (9)	0	0	0	0	- 0
Produits financiers (10)=(6)+(7)+(8)+(9)	465	942	849	385	6
Résultats techniques (11)=(1)+(2)+(5)+(10)	0	0	0	0	0
Résultats techniques cumulés	0	0	0	0	0
Taux de chargement	35%	35%	35%	35%	35%

Les sinistres ne dépendent plus du capital restant dû à verser à chaque début de période, mais directement des prestations à verser chaque mois. A l'origine, on ne dénombre que des personnes valides. C'est durant la première année que l'on commence à constater des personnes en état d'incapacité. La deuxième année nous devront verser des prestations pour les sinistres en cours mais également pour les nouveaux sinistres d'où une évolution croissante des sinistres dans le temps. Rappelons que la durée maximum de maintien en incapacité de travail s'élève à 36 mois. Lors des dernières années nous constatons une baisse

des sinistres qui résulte du fait que le nombre d'incapables à indemniser diminue dans le temps. Cette garantie nous offre une particularité supplémentaire : la Provision pour Sinistre en Cours. Chaque année il faudra considérer un montant de provisions supplémentaire à constituer pour les personnes rentrées en incapacité de travail dans l'année et qui doivent encore bénéficier de prestations lors des mois à venir ce qui résulte directement de l'explication sur les sinistres.

De la même manière que pour la garantie Décès, les PRC négatives vont devoir être ajustées à zéro, ainsi nous obtenons le tableau ci-dessous :

Exercices de survénance	En Euros				
	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
Primes commerciales	95 780	95 482	95 154	94 792	94 397
Dont frais	38 663	38 543	38 411	38 265	38 105
Dont Primes pures (1)	57 116	56 939	56 743	56 528	56 292
Sinistres (2)	- 16 570	- 50 336	- 71 016	- 79 463	- 68 879
Engagements de l'assureur au 01/01	268 207	190 961	119 908	59 221	14 877
Engagements de l'assuré au 01/01	268 207	216 538	163 886	110 247	55 619
Engagements de l'assureur au 31/12	190 961	119 908	59 221	14 877	0
Engagements de l'assuré au 31/12	216 538	163 886	110 247	55 619	0
Provisions au 01/01 (3)	0	66 588	92 534	86 158	53 324
Dont PRC	0	- 25 577	- 43 978	- 51 026	- 40 742
Dont PSC	0	66 588	92 534	86 158	53 324
Provisions au 31/12 (4)	66 588	92 534	86 158	53 324	0
Dont PRC	- 25 577	- 43 978	- 51 026	- 40 742	0
Dont PSC	66 588	92 534	86 158	53 324	0
Variations de Provisions (5)=(3)-(4)	- 66 588	- 25 946	6 376	32 835	53 324
Intérêts sur prime (6)	587	585	583	581	579
Intérêts sur sinistre (7)	- 122	- 566	- 827	- 987	- 856
Intérêts sur provision (8)	0	1 498	2 082	1 939	1 200
Intérêts sur résultat (9)	0	- 575	- 414	- 146	254
Produits financiers (10)=(6)+(7)+(8)+(9)	465	942	849	385	6
Résultats techniques (11)=(1)+(2)+(5)+(10)	- 25 577	- 18 401	- 6 473	11 287	41 912
Résultats techniques cumulés	- 25 577	- 43 978	- 50 451	- 39 164	2 749
Taux de chargement	35%	35%	35%	35%	35%

La constitution des provisions représente un des poste le plus important. Il se compose des PRC, qui restent négative sur toute la durée du prêt, et des PSC qui viennent augmenter les provisions en début et fin d'année. La provision augmente les premières années jusqu'à atteindre ça valeur maximale au 31/12/08 avec 92 534 € puis diminue jusqu'à l'échéance. Cette variation a une influence directe sur le résultat. Il sera négatif sur les premières années puis positif sur tout le reste du déroulé du prêt, mais le résultat cumulé final reste positif (2 749 €). Un autre impact est à considérer : les produits financiers dégagés chaque année dont le taux financier est égale au taux technique. Si ce taux est supérieur au taux technique il augmentera le résultat technique. En effet, des intérêts sur provision vont être à constituer qui vont faire augmenter le résultat. Le montant maximal d'intérêt s'élevant à 942 € au 31/12/08. La encore, nous observons la même conclusion que pour le décès. En effet, en ajustant à zéro

la PRC nous faisons augmenter le résultat, car nous ne mettons pas en réserve le surplus de primes perçues.

➤ Tarification sur le capital restant dû

Exercices de survenance	En Euros				
	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
Primes commerciales	163 802	129 827	94 670	58 323	20 783
Dont frais	66 122	52 407	38 215	23 543	8 390
Dont Primes pures (1)	97 680	77 420	56 455	34 780	12 394
Sinistres (2)	- 16 570	- 50 336	- 71 016	- 79 463	- 68 879
Engagements de l'assureur au 01/01	268 207	191 082	120 298	59 849	15 478
Engagements de l'assuré au 01/01	268 207	175 521	101 217	46 421	12 287
Engagements de l'assureur au 31/12	191 082	120 298	59 849	15 478	0
Engagements de l'assuré au 31/12	175 521	101 217	46 421	12 287	0
Provisions au 01/01 (3)	0	82 029	111 225	98 959	55 914
Dont PRC	0	15 561	19 080	13 429	3 191
Dont PSC	0	66 468	92 145	85 530	52 722
Provisions au 31/12 (4)	82 029	111 225	98 959	55 914	0
Dont PRC	15 561	19 080	13 429	3 191	0
Dont PSC	66 468	92 145	85 530	52 722	0
Variations de Provisions (5)=(3)-(4)	- 82 029	- 29 197	12 267	43 045	55 914
Intérêts sur prime (6)	1 040	834	620	398	170
Intérêts sur sinistre (7)	- 122	- 566	- 827	- 987	- 856
Intérêts sur provision (8)	0	1 846	2 503	2 227	1 258
Interets sur résultat (9)	0	0	0	0	- 0
Produits financiers (10)=(6)+(7)+(8)+(9)	919	2 113	2 295	1 638	572
Résultats techniques (11)=(1)+(2)+(5)+(10)	0	0	0	0	0
Résultats techniques cumulés	0	0	0	0	0
Taux de chargement	35%	35%	35%	35%	35%

Le tarif proposé pour le groupe nous offre bien un résultat nul sur la durée du prêt pour les deux garanties traitées. Ainsi, l'assureur et l'assuré s'engage de la même manière au cours du temps. La PRC et la PSC sont positives sur la durée du prêt. Cette provision permet d'équilibrer le compte sur la durée du prêt.

### ***C. Sensibilité du compte de résultat***

Nous avons décidé de faire varier l'ensemble de nos paramètres pour un groupe de 1 000 assurés ayant en moyenne les mêmes caractéristiques que l'individu type qui nous a servi à la tarification du modèle. La prime alimentant le modèle est celle correspondant à une durée de prêt de 5 ans. Ce paragraphe se compose de deux études effectuées en parallèle. La première consiste à évaluer les variations de la PRC et la seconde à analyser les variations du résultat technique, suite à la variation des différents paramètres du prêt. L'étude du résultat et de la PRC portera sur le prêt de durée 5 ans avec un montant emprunté de 25 000 € .

#### ***1. Impact d'une variation de l'âge à la souscription***

L'âge de l'assuré à la souscription agit de manière significative sur le résultat, nous allons donc effectuer des simulations pour les âges suivants : 20, 30, 40, 50 et 60 ans.

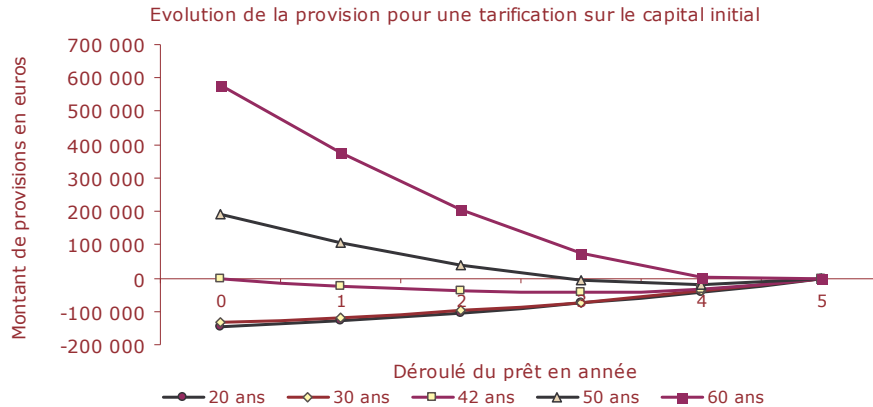
##### ***1.1. Le décès***

###### ***1.1.1. Tarification sur le capital initial***

Le tableau ci-dessous indique le taux de prime permettant d'équilibrer le modèle en cas d'une variation de l'âge :

	20 ans	30 ans	42 ans	50 ans	60 ans
Taux de prime sur CI	0,0047%	0,0054%	0,0149%	0,0285%	0,0572%

Comme attendu, le niveau du taux de prime s'élève avec l'âge de l'assuré à la souscription. Lorsque l'âge augmente, les risques de mortalité et d'entrée en arrêt de travail augmentent. Le niveau de prime devient insuffisant, ce qui a pour effet de déséquilibrer le compte de résultats techniques. Le mécanisme de la PRC vient donc équilibrer le compte de résultats et dès l'ouverture, l'assureur doit constituer une PRC qui peut atteindre 200 000 € pour un âge de 50 ans et 600 000 € pour un âge de 60 ans (pour 1 000 personnes).



A l'inverse, lorsque l'âge est inférieur à 42 ans (âge d'équilibre), le niveau de la PRC reste globalement négatif. Cette évolution résulte de l'engagement de l'assureur qui dépend essentiellement de l'âge de l'assuré. Plus la personne vieillira, et plus le risque de décéder augmentera. L'engagement de l'assuré quant à lui reste le même.

Nous allons à présent étudier l'influence de l'âge sur le résultat. Le tableau ci-dessous représente le résultat technique cumulé (RTC) pour les différentes catégories de prêt :

	En euros				
	Exercices de survénance				
	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
RTC 20 ans	21 055	47 493	79 166	116 109	158 759
RTC 30 ans	18 264	41 850	70 717	105 457	147 014
RTC 42 ans	-22 687	-37 879	-41 534	-29 667	2 340
RTC 50 ans	0	0	-6 683	-21 118	150
RTC 60 ans	0	0	0	0	0

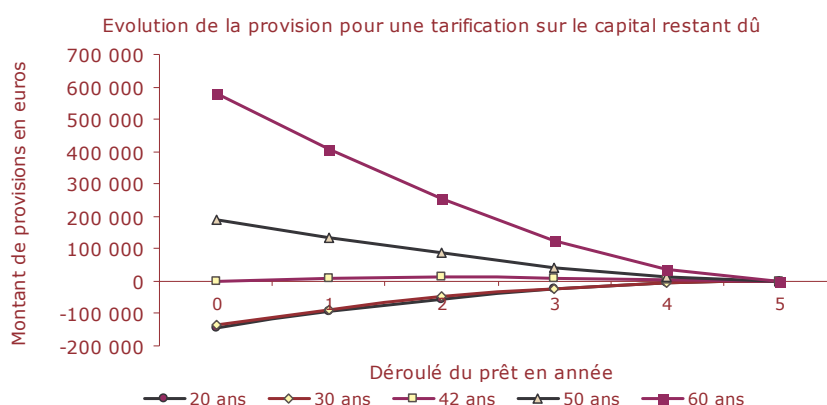
Le résultat technique cumulé observé le 31/12/2011 pour 42 ans est de 2 340 €, de 158 759 € pour 20 ans, de 147 014 € pour 30 ans, de 150 € pour 50 ans et il est nul pour 60 ans. Le graphique précédent, nous a montré que la PRC était négative sur l'ensemble des âges inférieurs à 42 ans d'où une valeur nulle sur l'ensemble de la durée. Par contre pour des âges supérieurs à 42 ans on constate que le compte tend à se rééquilibrer. En effet, la provision va prendre en compte l'augmentation du risque pour l'assureur et ainsi adapter la provision à constituer pour se parer contre le manque de primes perçues.

### 1.1.2. Tarification sur le capital restant dû

La prime à l'équilibre d'une tarification sur le capital restant dû évolue de manière croissante avec l'âge de l'assuré :

	20 ans	30 ans	42 ans	50 ans	60 ans
Taux de prime sur CRD	0,0088%	0,0102%	0,0279%	0,0531%	0,1059%

Lorsque l'âge est supérieur à celui de l'individu type (42 ans), une provision pour risque croissant est à constituer dès l'origine du prêt. Nous retrouvons les grandes tendances observées précédemment :



L'assureur doit constituer un plus grand nombre de provisions lorsque l'âge augmente car le risque supporté est plus conséquent. Par ailleurs, les primes perçues ne sont pas suffisantes pour apprécier le risque ce qui a pour effet de diminuer le résultat jusqu'à l'équilibre. La provisions pour risques croissants va ainsi devenir positive sur toute la durée du prêt et rééquilibrer le modèle. L'effet inverse se produit lorsque l'âge diminue. Les provisions vont être négative sur toute la durée du prêt, elles n'influencent donc pas le résultat. Les cotisations versées par l'assuré correspond au seul poste un impact significatif sur le résultat, comme nous le montre les résultats ci-dessous :

	En euros				
	Exercices de survenance				
	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
RTC 20 ans	53 220	96 669	128 522	148 142	155 289
RTC 30 ans	50 427	91 021	120 068	137 496	143 583

Les résultats technique ne sont pas présentés pour les âges supérieurs à 42 ans car ils sont nuls.

## 1.2. L'incapacité de travail

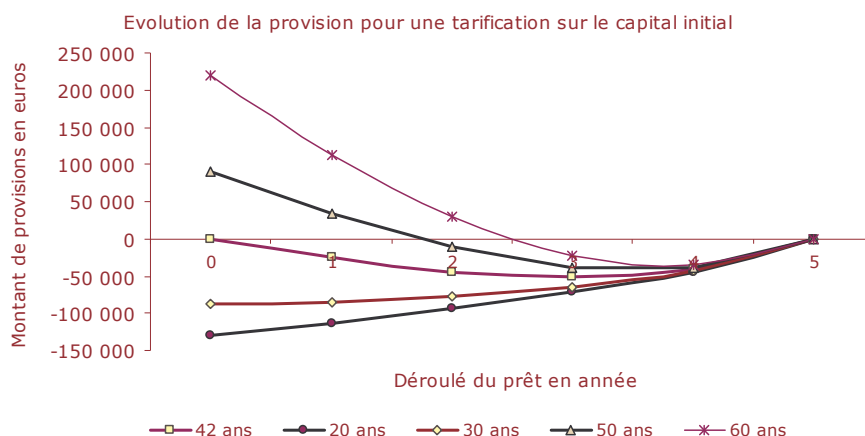
Une des particularités de cette garantie est que l'âge limite s'élève à 65 ans pour l'incapacité de travail et 60 ans pour l'invalidité.

### 1.2.1. Tarification sur le capital initial

Le tableau ci-dessous nous présente la prime sur capital initial nous permettant d'équilibrer le modèle en incapacité de travail :

	20 ans	30 ans	42 ans	50 ans	60 ans
Taux de prime sur CI	0,0099%	0,0129%	0,0191%	0,0255%	0,0261%

De la même manière que pour la garantie Décès, la prime augmente avec l'âge de l'assuré à la souscription. L'effet est moins significatif pour un âge de 60 ans car la garantie est limitée à 65 ans et le passage en invalidité n'engendre plus de prestations car l'âge limite est de 60 ans. Le montant de cotisations alimentant le compte va ainsi être inférieur à celui permettant d'équilibrer le compte lorsque l'âge augmente. Ainsi, les PRC sont positives dès l'ouverture, comme le montre le graphique ci-dessous :



A nouveau, la PRC croît avec l'âge à la souscription. Elle est positive à l'origine du prêt dès que l'assuré adhère avec un âge supérieur ou égale à 42 ans et devient à nouveau négative sur les dernières années du prêt.

Le compte de résultat, dans le cas de la garantie IT/IP, intègre une provision supplémentaire : la PSC. Afin de pallier à l'impact de chacune d'elle sur la montant globale des provisions

nous avons laissé les PRC négatives, mais sans qu'elles n'interviennent dans le résultat car elles sont portées à zéro. En effet, le montant de provisions par exercice ne correspondra qu'au montant de la PSC dans le cas où la PRC est négative. Comme le montre le tableau ci-dessous :

En euros					
	Exercices de survenance				
	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
Provisions au 01/01	0	25 924	34 111	34 394	24 115
- PRC	-129 371	-113 182	-93 733	-71 719	-43 999
- PSC	0	25 924	34 111	34 394	24 115
RTC à 20 ans	19 100	41 526	66 153	96 041	141 702
	Exercices de survenance				
	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
Provisions au 01/01	0	39 115	53 237	50 159	33 131
- PRC	-86 722	-83 983	-77 455	-64 664	-42 754
- PSC	0	39 115	53 237	50 159	33 131
RTC à 30 ans	4 690	13 213	27 939	51 635	95 884
	Exercices de survenance				
	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
Provisions au 01/01	0	66 588	92 534	86 158	53 324
- PRC	0	-25 577	-43 978	-51 026	-40 742
- PSC	0	66 588	92 534	86 158	53 324
RTC à 42 ans	-25 577	-43 978	-50 451	-39 164	2 749
	Exercices de survenance				
	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
Provisions au 01/01	89 316	129 439	132 209	118 907	70 774
- PRC	89 316	33 710	-10 691	-37 921	-38 847
- PSC	0	95 729	132 209	118 907	70 774
RTC à 50 ans	0	-10 691	-37 921	-38 606	1 099
	Exercices de survenance				
	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
Provisions au 01/01	97 483	133 920	120 233	111 449	75 327
- PRC	97 483	25 936	-6 012	-33 315	-37 853
- PSC	0	107 984	120 233	111 449	75 327
RTC à 60 ans	0	-6 012	-33 315	-37 717	888

Pour un âge inférieur à 42 ans, la PRC n'influence pas le résultat, par contre on constate des PSC pour tout âge qui sont plus faible dans le cas où l'assuré est jeune. Le résultat technique cumulé pour 42 ans est de 2 749 €, de 141 702 € pour 20 ans, de 95 884 € pour 30 ans, de 1 099 € pour 50 ans et de 888 € pour 60 ans. A 20 ans, les primes versées suffisent à compenser le risque encouru par l'assureur. De ce fait, l'assureur n'a pas la nécessité de constituer des provisions, et le résultat augmentera. Le constat est le même pour une personne de 30 ans. Il faut remarquer que dans les deux cas, la PSC ne vient pas compenser la PRC (négative sur toute la durée du prêt) ce qui n'est plus le cas lorsqu'une personne atteint l'âge de 40 ans. Bien que la prime qu'il verse soit inférieure aux risques qu'ils encourent, l'influence des provisions va être plus élevée et la variation de celles-ci plus importante ce qui aura pour effet de baisser le résultat.

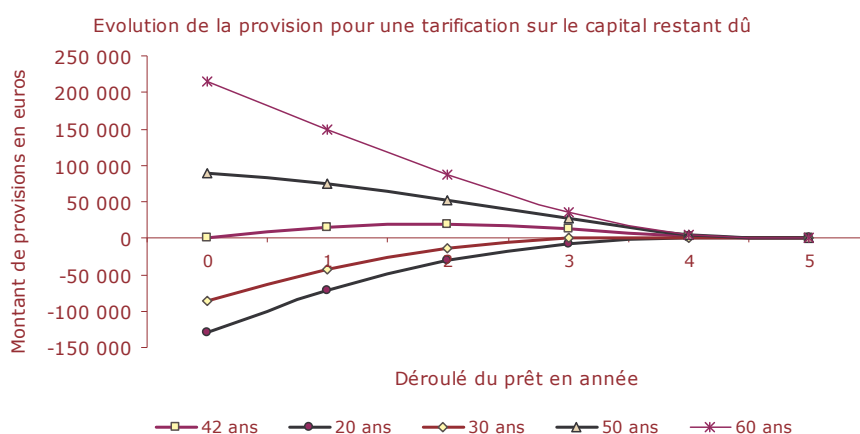


### 1.2.2. Tarification sur le capital restant dû

De la même manière, la prime à équilibre évolue de manière croissante avec l'âge de l'assuré :

	20 ans	30 ans	42 ans	50 ans	60 ans
Taux de prime sur CRD	0,0186%	0,0242%	0,0356%	0,0474%	0,0485%

L'évolution est similaire à la précédente tarification. Lorsque l'âge est supérieur à celui de l'individu type (42 ans), une PRC est à constituer dès l'ouverture du prêt car le montant des cotisations n'est plus suffisant. Ainsi, nous avons l'évolution des PRC suivantes :



La tendance de la PRC est similaire à celle de la garantie Décès pour le même type de tarification. A savoir que l'assureur devra constituer un plus grand nombre de provisions pour risques croissants lorsque l'âge augmente car le risque supporté est plus conséquent. Les primes perçues ne sont pas suffisantes pour apprécier le risque, ce qui engendre une constitution de provisions plus grande.

Nous allons à présent étudier l'influence de l'âge sur le résultat. Le tableau ci-dessous représente le résultat technique cumulé (RTC) pour les différents âges :

En euros					
	Exercices de survénance				
	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
Provisions au 01/01	0	25 880	33 978	34 192	23 948
- PRC	-128 833	-71 533	-30 269	-7 019	18
- PSC	0	25 880	33 978	34 192	23 930
RTC à 20 ans	60 199	104 427	129 353	137 091	137 265
	Exercices de survénance				
	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
Provisions au 01/01	0	39 067	53 088	49 940	34 168
- PRC	-86 228	-42 377	-14 027	13	1 254
- PSC	0	39 067	53 088	49 926	32 915
RTC à 30 ans	45 791	76 125	91 150	91 488	91 496
	Exercices de survénance				
	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
Provisions au 01/01	0	82 029	111 225	98 959	55 914
- PRC	0	15 561	19 080	13 429	3 191
- PSC	0	66 468	92 145	85 530	52 722
RTC à 42 ans	0	0	0	0	0
	Exercices de survénance				
	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
Provisions au 01/01	0	169 742	183 368	143 982	74 651
- PRC	88 676	74 249	51 912	26 271	5 001
- PSC	0	95 493	131 457	117 711	69 650
RTC à 50 ans	-90 671	-92 711	-92 757	-92 758	-92 758
	Exercices de survénance				
	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
Provisions au 01/01	0	172 929	174 598	139 638	79 097
- PRC	95 675	65 366	55 724	30 358	5 821
- PSC	0	107 564	118 875	109 279	73 276
RTC à 60 ans	-97 827	-100 028	-100 078	-100 079	-100 079

A l'équilibre, ce type de tarification offre un résultat nul. Contrairement à la garantie Décès, les provisions ne vont pas équilibrer le compte dans cette situation. Ceci résulte de la PSC qui vient s'additionner à la PRC et qui deviennent conséquente lorsque l'âge augmente significativement. Le résultat technique cumulé observé est de 0 € pour un âge de 42 ans, 91 496 € pour un âge de 30 ans, 137 265 € pour un âge de 20 ans, -92 758 € pour un âge de 50 ans et -100 079 € pour un âge de 60 ans.

## 2. Impact d'une variation de la durée du prêt

Pour les deux modes de paiements, nous simulerons la provision pour différentes durées de prêts à savoir 5, 10, et 15 ans.

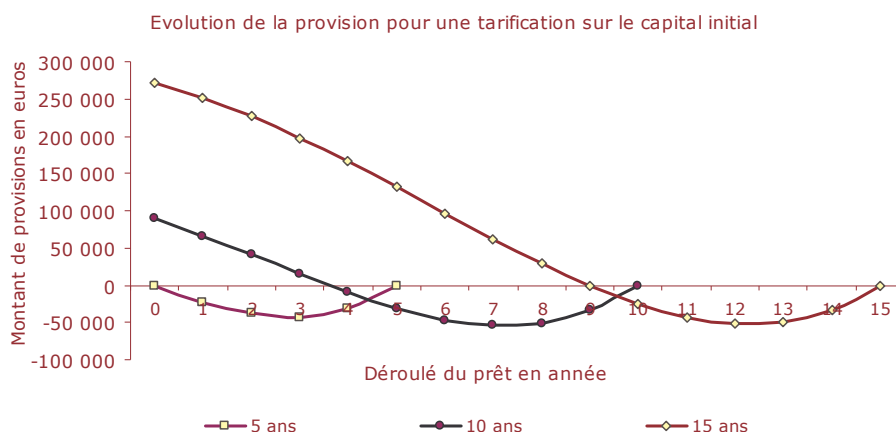
### 2.1. Le décès

#### 2.1.1. Tarification sur le capital initial

Le tableau ci-dessous indique le taux de prime sur Capital initial permettant l'équilibre du modèle en cas d'allongement de la durée du prêt à 10 et 15 ans :

	5 ans	10 ans	15 ans
Taux de prime sur CI	0,015%	0,018%	0,022%

Comme attendu, le niveau du taux de prime sur Capital initial s'élève avec la durée du prêt. Autrement dit, en appliquant une prime équivalente à une durée de prêt de 5 ans sur un prêt de durée supérieure, on déséquilibre le compte de résultat. L'assureur devra constituer une PRC dès l'ouverture, comme le montre le graphique ci-dessous :



L'évolution de la PRC est similaire quelle que soit la durée étudiée. En effet, la courbe décroît en début de période et croît sur les dernières années du prêt. Plus la durée augmente, plus la constitution de provision dès l'origine du prêt sera significative.

Nous allons à présent étudier l'influence de la durée du prêt sur le résultat technique. Le tableau ci-dessous représente le résultat technique cumulé (RTC) pour les différentes catégories de prêt :

En euros										
	Exercices de survenance									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
RTC à 5 ans	- 22 687	- 37 879	- 41 534	- 29 667	2 340	0	0	0	0	0
RTC à 10 ans	0	0	0	- 9 479	- 30 478	- 45 575	- 52 054	- 47 563	- 29 631	4 306
RTC à 15 ans	0	0	0	0	0	0	0	0	- 429	- 23 834
	2017	2018	2019	2020	2021					
RTC à 5 ans	0	0	0	0	0					
RTC à 10 ans	0	0	0	0	0					
RTC à 15 ans	- 40 644	- 48 445	- 45 263	- 28 751	3 673					

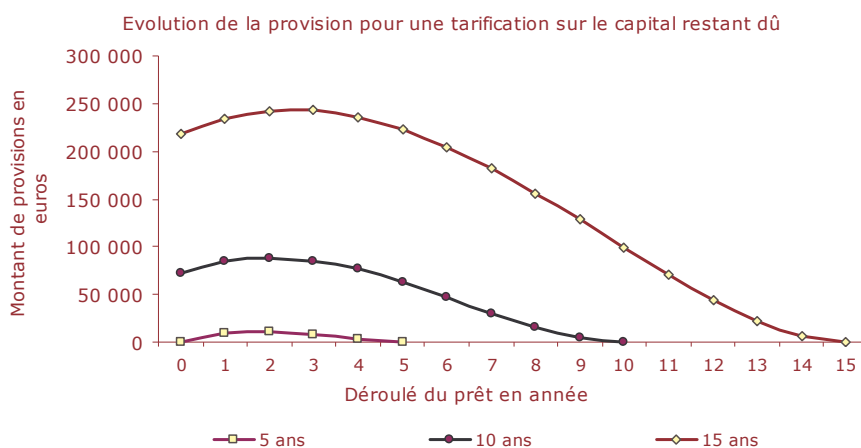
Le résultat technique cumulé s'élève à 2 340 € pour un prêt de 5 ans, à 4 306 € pour un prêt de 10 ans et 3 673 € pour un prêt de 15 ans. On constate que le résultat technique cumulé d'un prêt de 15 ans est inférieur à celui du prêt de 10 ans. On explique ce résultat par le fait que le capital restant dû des dernières années s'amortit plus rapidement lorsque la durée augmente car les intérêts sont majoritairement réglés les premières années. Ceci aura pour conséquence d'atténuer l'effet de la mortalité sur les dernières années car l'âge aura augmenté. De plus, on constate que le compte de résultat se rééquilibre les premières années lorsque la provision devient positive (comme le montre le graphique).

### 2.1.2. Tarification sur le capital restant dû

De la même manière, la prime à l'équilibre évolue de manière croissante avec la durée du prêt :

	5 ans	10 ans	15 ans
Taux de prime sur CRD	0,028%	0,033%	0,038%

Il est donc nécessaire de constituer dès le départ une Provision pour Risques Croissants afin de palier l'insuffisance de primes perçue par l'assureur. Ainsi, l'évolution de la PRC est la suivante:



La PRC reste positive quelle que soit la durée du prêt. Plus la durée augmente et plus la provision à constituer dès l'origine sera significative. L'évolution reste croissante sur la première partie du prêt puis décroît jusqu'à l'échéance.

Les primes et les sinistres sont répartis uniformément sur la durée du prêt puisqu'ils dépendent tous deux du capital restant dû. De ce fait, le seul poste influençant le résultat est la Provision pour Risque Croissant qui maintient ainsi l'équilibre sur la durée donc un résultat nul pour l'ensemble des variations.

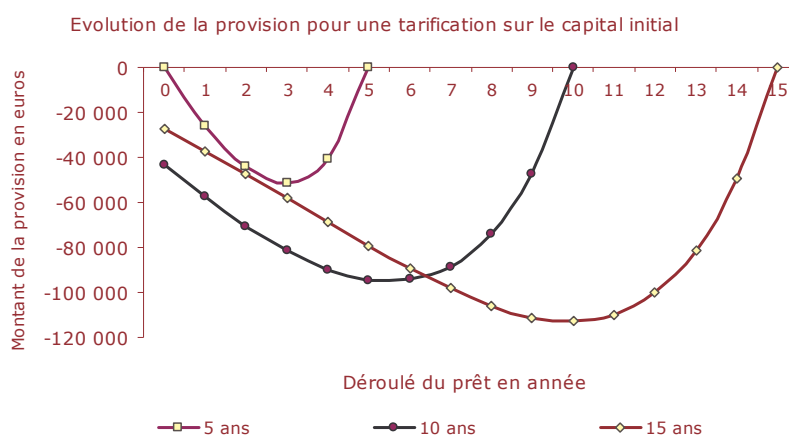
## 2.2. L'incapacité de travail

### 2.2.1. Tarification sur le capital initial

Le tableau ci-dessous nous présente la prime à l'équilibre nous permettant l'équilibre du modèle en incapacité de travail :

	5 ans	10 ans	15 ans
Taux de prime sur CI	0,0191%	0,0174%	0,0183%

Contrairement au décès, la prime diminue avec la durée du prêt mais de manière plus importante pour une durée de 10 ans. En effet, les échéances du prêt vont devenir plus faible lorsque la durée augmente, d'où une diminution du tarif. D'autre part, le rapport permettant le calcul de la prime dépend au numérateur de probabilités d'incapacité de travail et au dénominateur de probabilités de décès qui n'évoluent pas forcément de la même manière d'où cette variation plus ou moins importante. Ainsi, les variations de la provision sont les suivantes :



L'évolution de la PRC sur la période d'observation est semblable à celle constater en décès. La PRC décroît de manière régulière puis s'accroît à nouveau jusqu'à tendre vers 0. Le taux

de prime étant supérieur pour le tarif de groupe à celui du tarif d'équilibre selon la durée, la PRC restera négative sur l'ensemble de la période. Afin de mieux apprécier le résultat technique et l'influence des provisions sur le résultat nous avons intégré dans le tableau ci-dessous la PRC et la PSC sur la durée du prêt :

En euros					
Exercices de survenance					
	2007	2008	2009	2010	2011
Provisions au 01/01	0	66 588	92 534	86 158	53 324
- PRC	0	-25 577	-43 978	-51 026	-40 742
- PSC	0	66 588	92 534	86 158	53 324
RTC pour 5 ans	-25 577	-43 978	-50 451	-39 164	2 749

En euros										
Exercices de survenance										
	2007	2008	2009	2010	2011	2006	2007	2008	2009	2010
Provisions au 01/01	0	61 164	98 399	113 443	106 240	98 476	87 539	74 578	58 905	35 816
- PRC	-43 034	-57 301	-70 071	-80 833	-89 174	-93 827	-93 709	-87 890	-73 835	-47 110
- PSC	0	61 164	98 399	113 443	106 240	98 476	87 539	74 578	58 905	35 816
RTC pour 10 ans	-13 299	-25 078	-34 529	-41 264	-44 062	-41 896	-33 919	-17 708	11 043	59 860

En euros										
Exercices de survenance										
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Provisions au 01/01	0	59 290	100 133	121 494	119 958	118 889	115 411	111 172	107 732	101 371
- PRC	-27 126	-36 906	-47 026	-57 573	-68 554	-79 109	-88 877	-97 760	-105 317	-110 386
- PSC	0	59 290	100 133	121 494	119 958	118 889	115 411	111 172	107 732	101 371
RTC pour 15 ans	-9 169	-18 666	-28 368	-38 272	-47 507	-55 704	-62 771	-68 287	-71 111	-70 606

	2017	2018	2019	2020	2021
Provisions au 01/01	93 295	83 516	70 829	53 621	31 279
- PRC	-112 301	-109 487	-99 745	-80 696	-49 170
- PSC	93 295	83 516	70 829	53 621	31 279
RTC pour 15 ans	-65 254	-52 927	-31 357	2 470	53 507

La PRC est négative quelle que soit la durée initiale du prêt. Ce tableau, composé par la valeur réelle des PRC, nous permet de constater que pour le calcul de la provision globale seule la PSC intervient. Pour un prêt d'une durée de 5 ans le résultat s'élève à 2 749 €, pour 10 ans à 59 860 € et pour 15 ans à 53 507 €. L'évolution du résultat est très sensible dans ce cas car les PSC augmentent significativement ce qui a pour effet d'augmenter les intérêts.

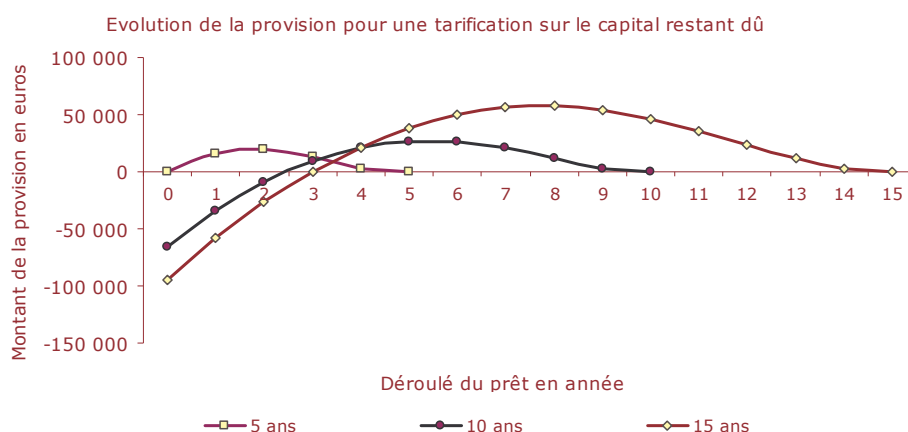
### 2.2.2. Tarification sur le capital restant dû

Dans le cadre d'une tarification sur capital restant dû, , nous obtenons, à l'équilibre, les primes suivantes:

	5 ans	10 ans	15 ans
Taux de prime sur CRD	0,0356%	0,0312%	0,0313%

La prime évolue de la même manière que précédemment et ceci pour les mêmes raisons. Toutefois, l'évolution est moins significatives. En effet, les primes étant versées sur le capital

restant dû elles s'ajustent d'avantage que pour la tarification précédente. La PRC quant à elle sera négative les premières années, car les cotisations perçues seront supérieures aux risques encourus par l'assuré suite au taux à 5 ans plus élevé. Nous remarquons une phase de croissance des PRC puis de décroissance dont l'amplitude est fonction de la durée du prêt :



Les résultats obtenus sont les suivants :

	En euros				
	Exercices de survénance				
	2007	2008	2009	2010	2011
Provisions au 01/01	0	82 029	111 225	98 959	55 914
- PRC	0	15 561	19 080	13 429	3 191
- PSC	0	66 468	92 145	85 530	52 722
RTC pour 5 ans	0	0	0	0	0

	En euros									
	Exercices de survénance									
	2007	2008	2009	2010	2011	2006	2007	2008	2009	2010
Provisions au 01/01	0	61 096	98 024	121 535	125 328	122 494	110 961	92 253	67 645	36 290
- PRC	-65 389	-34 129	-9 330	8 967	20 589	26 175	26 131	20 667	11 546	2 379
- PSC	0	61 096	98 024	112 568	104 738	96 319	84 830	71 585	56 100	33 911
RTC pour 10 ans	32 731	59 034	69 166	69 394	69 399	69 399	69 399	69 399	69 399	69 399

	En euros									
	Exercices de survénance									
	2007	2008	2009	2010	2011	2006	2007	2008	2009	2010
Provisions au 01/01	0	59 352	100 006	121 120	140 143	154 590	161 620	162 649	159 340	148 788
- PRC	-94 233	-57 997	-26 392	190	21 416	37 801	49 332	55 707	56 940	53 734
- PSC	0	59 352	100 006	120 930	118 727	116 788	112 287	106 942	102 400	95 053
RTC pour 15 ans	38 357	72 129	99 875	100 499	100 513	100 514	100 514	100 514	100 514	100 514
	2 017	2 018	2 019	2 020	2 021					
Provisions au 01/01	132 514	111 745	87 115	59 020	29 651					
- PRC	46 274	35 610	23 385	11 373	2 092					
- PSC	86 240	76 134	63 729	47 647	27 560					
RTC pour 15 ans	100 514	100 514	100 514	100 514	100 514					

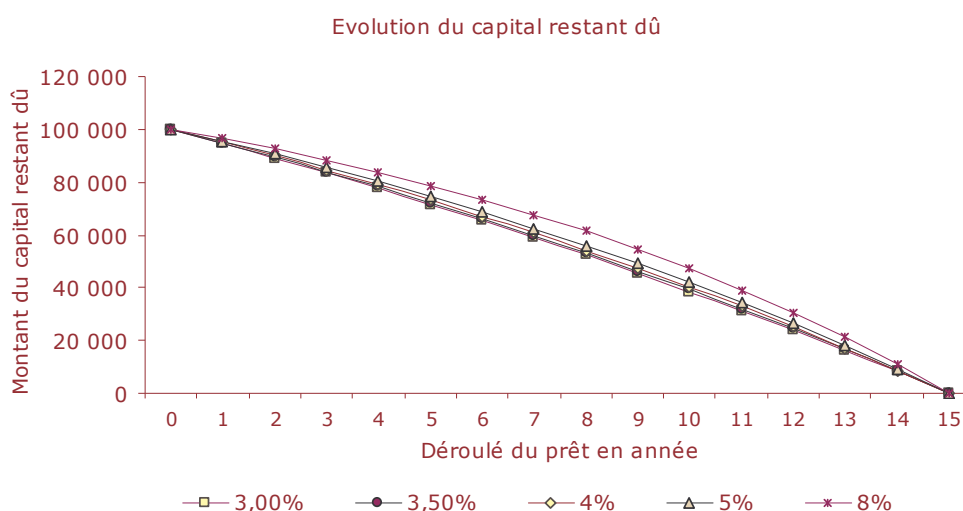
Le résultat technique cumulé qui ressort dans le tableau précédent montre la même évolution à partir de la 5<sup>ème</sup> année pour les prêts d'une durée de 10 ans et 15 ans. Il s'élève à 69 399 € pour une durée de 10 ans et 100 514 € pour une durée de 15 ans. Ainsi, les provisions à mettre en place seront plus significative lorsque la durée sera longue.

### 3. Impact d'une variation du taux d'intérêt du prêt

Pour la garantie Décès (comme pour la garantie IT/IP), le taux du prêt a une influence sur le capital restant dû. Il est donc intéressant de voir l'évolution de ce capital par rapport à la variation de ce paramètre. Les simulations vont porter sur les 5 taux suivants : 3 %, 3,5 %, 4 %, 5 % et 8 %.

#### 3.1. Le décès

##### 3.1.1. Tarification sur le capital initial



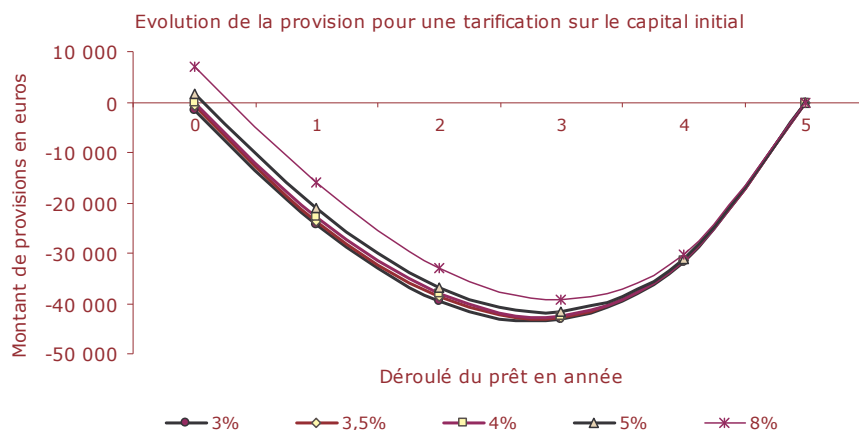
Le capital restant dû à chaque période ne varie que très peu aux variations du taux, malgré l'influence de celui-ci sur les intérêts du prêt.

Le tableau ci-dessous indique le taux de prime permettant l'équilibre du modèle en cas de variations du taux d'intérêt :

	3%	3,5%	4%	5%	8%
Taux de prime sur le CI	0,01481%	0,01488%	0,01494%	0,01506%	0,01544%

Le niveau du taux de prime s'élève avec l'augmentation du taux d'intérêt. En effet, celui-ci a une influence sur le capital restant dû, mais qui reste très faible au cours du temps. Lorsque le taux augmente, le montant des sinistres est plus élevé. Ce qui a pour conséquence de constituer une faible provision pour risques croissant dès l'ouverture, comme le montre le graphique ci-dessous :





La PRC a tendance à augmenter lorsque le taux d'intérêt du prêt augmente.

Nous allons à présent étudier l'influence de cette variation du taux sur le résultat. Le tableau ci-dessous représente le résultat technique cumulé (RTC) pour une variation du taux d'intérêt :

	Exercices de survenance				
	En euros				
	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
RTC pour 3%	-22 547	-37 331	-40 422	-28 012	4 271
RTC pour 3,5 %	-22 617	-37 606	-40 979	-28 840	3 305
RTC pour 4%	-22 687	-37 879	-41 534	-29 667	2 340
RTC pour 5 %	-21 024	-36 580	-40 796	-29 475	2 254
RTC pour 8%	-16 040	-32 665	-38 555	-28 882	1 996

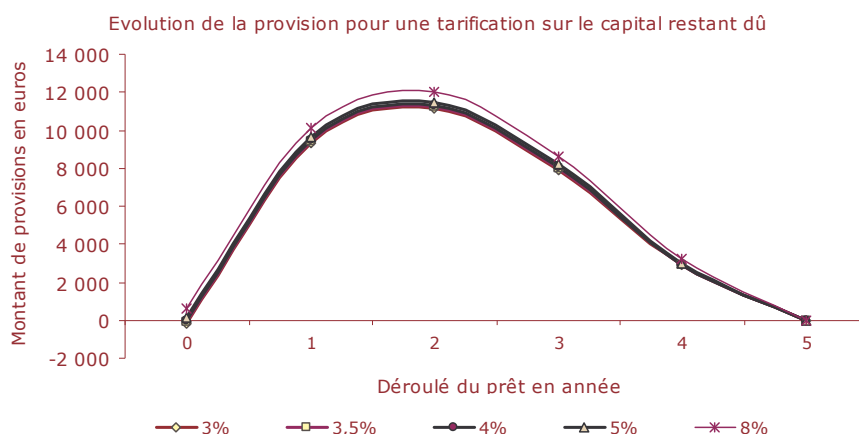
Il est logique de rencontrer l'effet inverse sur le résultat suite à une augmentation du taux. Celui-ci agit sur le capital restant dû donc sur les sinistres, mais aussi sur les produits financiers. Or nous avons constaté précédemment que les prestations versées étaient supérieures sur les premières années du prêt aux cotisations perçues. De plus, nous constatons un léger impact en début d'année de la PRC qui va venir diminuer le résultat lorsque le taux est supérieur à 4 % d'où une baisse du résultat. En effet, nous constatons pour un taux de 4 % un résultat de 2 340 €, de 3 305 € pour un taux de 3,5%, de 4 271 € pour un taux de 3 %, de 2 254 € pour un taux de 5 % et de 1 996 € pour un taux de 8 %.

### 3.1.2. Tarification sur le capital restant dû

De la même manière la prime à l'équilibre évolue de manière croissante avec l'augmentation du taux du d'intérêt:

	3%	3,5%	4%	5%	8%
Taux de prime sur le CRD	0,02787%	0,02788%	0,02789%	0,02791%	0,02796%

L'impact est encore plus faible dans le cas de cette tarification. L'engagement de l'assureur et de l'assuré dépendent tous deux du capital restant dû, ils évoluent ainsi de la même manière et l'impact sur le taux de prime et la PRC sera donc très faible, comme le montre le graphique ci-dessous :



Le résultat technique cumulé est le suivant suite à une variation du taux :

	Exercices de survenance				
	En euros				
	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
RTC pour 3%	144	147	147	147	147
RTC pour 3,5 %	72	74	74	74	74
RTC pour 4%	0	0	0	0	0

Les primes sont ici dépendantes du capital et varient en fonction de celui-ci, elles sont donc plus importantes au cours du temps, mais elles s'équilibrent avec les prestations à verser sur les différents exercices. A nouveau, la PRC va avoir une influence majeure sur le résultat, car pour un taux supérieur à 4 % la PRC à constituer est positive sur toute la durée du prêt ce qui a pour conséquence de rééquilibrer le compte. Par contre, lorsque le taux est inférieur à 4 %, nous observons un résultat de 147 € pour 3 % et 74 € pour 3,5 % car les premiers mois du prêt

nous constatons des PRC négatives qui seront ajustées à zéro d'où un léger surplus à l'échéance du prêt.

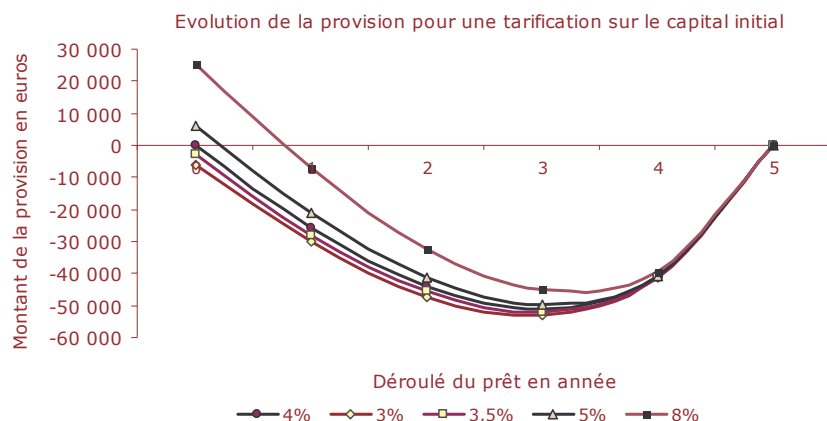
### 3.2. L'incapacité de travail

#### 3.2.1. Tarification sur le capital initial

Le tableau ci-dessous indique le taux de prime permettant l'équilibre du modèle en cas de variation du taux d'intérêt :

	3%	3,5%	4%	5%	8%
Taux de prime sur CI	0,0186%	0,0189%	0,0191%	0,0195%	0,0208%

De la même manière, le taux de prime augmente à l'équilibre lorsque le taux d'intérêt du prêt augmente. Il influence l'engagement de l'assureur, pour cette garantie, par le biais de l'échéance. Lorsque le taux d'intérêt augmente, le montant de remboursement du prêt va augmenter, donc en cas d'arrêt de travail les prestations seront plus élevées. Il est donc nécessaire de constituer des provisions en début de période comme nous le montre l'évolution de la PRC ci-dessous :



Pour la garantie IT/IP, la PRC est sujette à des variations plus conséquente. En effet, sur le premier graphique, on constate que la PRC devient positive la première année pour ensuite suivre une tendance décroissante puis une phase de croissance. Ceci provient de l'échéance du prêt qui dans ce cas influence l'engagement de l'assureur.

Les résultats techniques cumulés obtenus pour les différents taux sont les suivants :

En euros					
Exercices de survenance	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
Provisions au 01/01	0	65 264	90 603	84 253	52 070
- PRC	-6 038	-30 047	-46 864	-52 484	-41 122
- PSC	0	65 264	90 603	84 253	52 070
RTC pour 3 %	-23 873	-40 551	-45 491	-33 060	9 267

Provisions au 01/01	0	65 924	91 565	85 203	52 695
- PRC	-3 030	-27 820	-45 426	-51 758	-40 933
- PSC	0	65 924	91 565	85 203	52 695
RTC pour 3,5 %	-24 722	-42 259	-47 962	-36 101	6 019

Provisions au 01/01	0	66 588	92 534	86 158	53 324
- PRC	0	-25 577	-43 978	-51 026	-40 742
- PSC	0	66 588	92 534	86 158	53 324
RTC pour 4 %	-25 577	-43 978	-50 451	-39 164	2 749

Provisions au 01/01	6123	67 928	94 490	88 089	54 595
- PRC	6 123	-21 041	-41 048	-49 546	-40 356
- PSC	0	67 928	94 490	88 089	54 595
RTC pour 5 %	-21 041	-41 048	-49 073	-38 948	2 543

Provisions au 01/01	24997	72 044	100 499	94 031	58 521
- PRC	24 997	-7 049	-32 002	-44 975	-39 163
- PSC	0	72 044	100 499	94 031	58 521
RTC pour 8 %	-7 049	-32 002	-44 817	-38 281	1 910

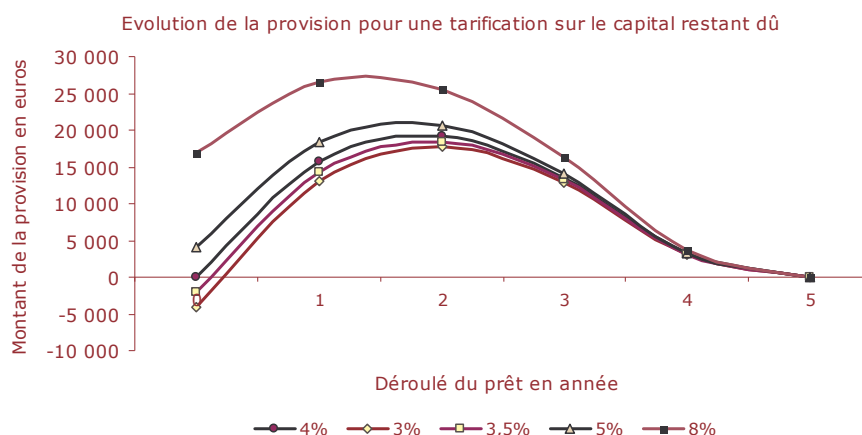
Le résultat technique cumulé pour un taux de 4 % est 2 749 €, pour 3,5 % de 6 019 €, pour 3 % de 9 267 €, pour 5 % de 2 543 € et pour 8 % de 1 910 €. Les provisions tiennent à nouveau un rôle majeur dans la détermination du résultat. Le fait, d'ajuster les PRC à zéro font augmenter le résultat même si les PSC interviennent. Pour un taux d'intérêt supérieur à 4 %, on constate une baisse du résultat qui provient de la mise en place d'une PRC positive la premières années.

### 3.2.2. Tarification sur le capital restant dû

De la même manière, la prime à l'équilibre évolue de manière croissante pour une variation du taux comme le montre le tableau ci-dessous :

	3%	3,5%	4%	5%	8%
Taux de prime sur CRD	0,0351%	0,0353%	0,0356%	0,0361%	0,0378%

Le taux de prime varie peu à un changement de taux d'intérêt, malgré son influence sur les échéances et sur le capital restant dû. Nous constatons l'évolution de la PRC suivante :



La PRC augmente de la même manière à l'origine que la tarification précédente, à savoir une provision supérieure à zéro la première année lorsque le taux augmente et une provision négative la première année suite à une diminution du taux.

Nous allons à présent étudier l'influence de la variation du taux d'intérêt sur le résultat technique cumulé (RTC) :

En euros					
Exercices de survénance	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
Provisions au 01/01	0	78 149	107 835	96 400	54 533
- PRC	-3 966	13 011	17 630	12 783	3 067
- PSC	0	65 138	90 204	83 617	51 466
RTC pour 3 %	4 055	4 147	4 149	4 149	4 149

Provisions au 01/01	0	80 078	109 522	97 674	55 221
- PRC	-1 994	14 277	18 350	13 104	3 129
- PSC	0	65 801	91 172	84 570	52 092
RTC pour 3,5 %	2 039	2 085	2 086	2 086	2 086

Provisions au 01/01	0	82 029	111 225	98 959	55 914
- PRC	0	15 561	19 080	13 429	3 191
- PSC	0	66 468	92 145	85 530	52 722
RTC pour 4 %	0	0	0	0	0

Provisions au 01/01	0	85 991	114 680	101 560	57 317
- PRC	4 055	18 177	20 570	14 092	3 319
- PSC	0	67 814	94 109	87 468	53 998
RTC pour 5 %	-4 147	-4 240	-4 242	-4 242	-4 242

Provisions au 01/01	0	98 373	125 428	109 621	61 656
- PRC	16 756	26 427	25 282	16 187	3 721
- PSC	0	71 946	100 145	93 434	57 935
RTC pour 8 %	-17 133	-17 518	-17 527	-17 527	-17 527

Le résultat est nul pour un taux de 4 %. Pour un taux de 3,5 %, le résultat s'élève à 2 086 €, pour un taux de 3 %, le résultat s'élève à 4 149 €, pour un taux de 5 % le résultat s'élève à 4 242 € et pour un taux de 8 % il s'élève à - 17 527 %.

#### 4. Impact d'une variation du taux technique

Le taux technique a une influence directe sur la provision pour risque croissant. En effet, l'engagement de l'assureur (respectivement de l'assuré) repose essentiellement sur une valeur actualisée. Il est donc intéressant d'en voir l'évolution de la PRC si ce taux augmente ou diminue. Les taux suivants ont été retenus : 1,50 %, 2,25 %, 3 %, 4 % et 8 %. Nous allons pour cela fixer le taux financier à 2,25 % pour que celui-ci n'intervienne pas sur le résultat.

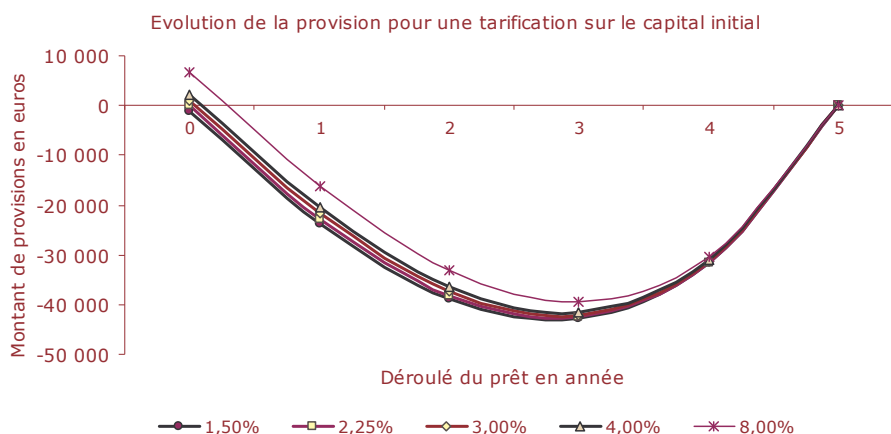
##### 4.1. Le décès

##### 4.1.1. Tarification sur le capital initial

Le tableau ci-dessous indique le taux de prime permettant l'équilibre du modèle en cas de variations du taux technique :

	1,50%	2,25%	3%	4%	8%
Taux de prime sur CI	0,01487%	0,01494%	0,01501%	0,01501%	0,01549%

Contrairement à la variation attendue, nous constatons que l'augmentation du taux technique engendre une augmentation du tarif. La prime correspond au rapport entre les engagements de l'assureur, à savoir le versement du capital restant dû en cas de Décès, et l'engagement de l'assuré qui consiste aux versements des cotisations tant que celui-ci est en vie. La capital restant dû diminue au cours du temps, il s'en suit un impact très faible de l'actualisation sur les dernières années, l'engagement de l'assureur va donc baisser très faiblement dans le temps. L'engagement de l'assuré va quant à lui diminuer beaucoup plus rapidement car le capital est constant au cours du temps. Le taux de prime va ainsi augmenter avec une hausse du taux technique (rappelons que la prime se détermine sur la valeur à l'origine des engagements respectifs). L'impact sur la PRC est ainsi la suivante :



La tendance des courbes est similaire quel que soit le taux appliqué. Plus le taux va augmenter et plus la PRC à constituer à l'origine est positive, pour redevenir négative au bout de 1 an car celle-ci décroît puis croît à nouveau jusqu'à tendre vers zéro.

Nous allons à présent étudier l'influence de la durée sur le résultat. Le tableau ci-dessous représente le résultat technique cumulé (RTC) pour les différents taux suivant :

Exercices de survénance	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
RTC pour 1,5 %	-22 687	-37 879	-41 534	-29 667	2 340
RTC pour 2,25 %	-22 687	-37 879	-41 534	-29 667	2 340
RTC pour 3 %	-21 647	-36 815	-40 470	-28 603	3 404
RTC pour 4 %	-20 331	-35 469	-39 123	-27 256	4 751
RTC pour 8%	-15 784	-30 820	-34 472	-22 604	9 402

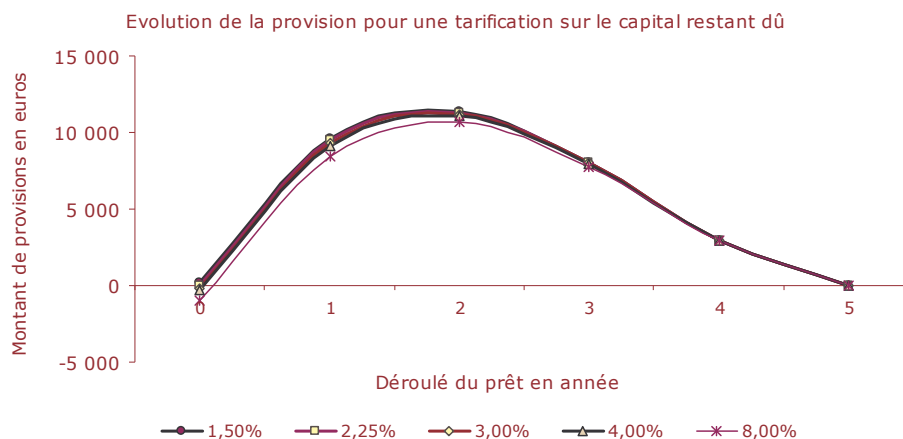
Le résultat obtenu pour un taux à 2,25 % et 1,50 % est de 2 340 €, de 3 404 € pour un taux de 3 %, 4 751 € pour un taux de 4 % et 9 402 € pour un taux de 8 %. Le taux technique n'intervient que sur les engagements de l'assureur et de l'assuré. Ainsi, pour un taux technique égale ou inférieur au tarif de groupe à savoir 2,25 %, nous n'observons aucune évolution du résultat car les PRC étant négative, nous l'ajusterons à zéro. Par contre, si le taux technique augmente, le résultat augmentera suite à la constitution de PRC les premiers mois.

#### ***4.1.2. Tarification sur le capital restant dû***

De la même manière, nous déterminons le taux de prime à l'équilibre pour chaque taux technique appliqué :

	1,50%	2,25%	3%	4%	8%
Taux de prime sur CRD	0,02791%	0,02789%	0,02787%	0,02787%	0,02774%

Contrairement à la tarification précédente, plus le taux technique va augmenter et plus le tarif va diminuer mais de manière très faible. L'effet inverse se produit, quand le taux technique diminue. La provision est ainsi positive sur l'ensemble de la durée et ceci dès l'origine. Ce phénomène est différent lorsque l'on augmente le taux technique. En effet, la première période engendre une PRC négative car les cotisations perçues par l'assureur sont supérieures au tarif d'équilibre qu'il faudrait normalement appliquer. Le graphique ci-dessous nous présente l'évolution de la PRC :



Nous observons les résultats techniques cumulés suivant :

Exercices de survenance	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
RTC pour 1,5 %	14	73	132	164	169
RTC pour 2,25 %	0	0	0	0	0
RTC pour 3 %	142	88	30	-1	-6
RTC pour 4 %	325	202	70	-2	-14
RTC pour 8%	998	631	223	-4	-43

La provision pour un taux de 1,5 % va être nul en début de période suite à une PRC négative. Un surplus est donc constater de 169 €. L'effet inverse se produit dans le cas où le taux passe à 3 %, 4 % et 8 % on observe des résultats négatifs - 6 €, - 14 € et - 43 €. Ces résultats sont négligeables car nous travaillons sur un groupe de 1 000 personnes.

## 4.2. L'incapacité de travail

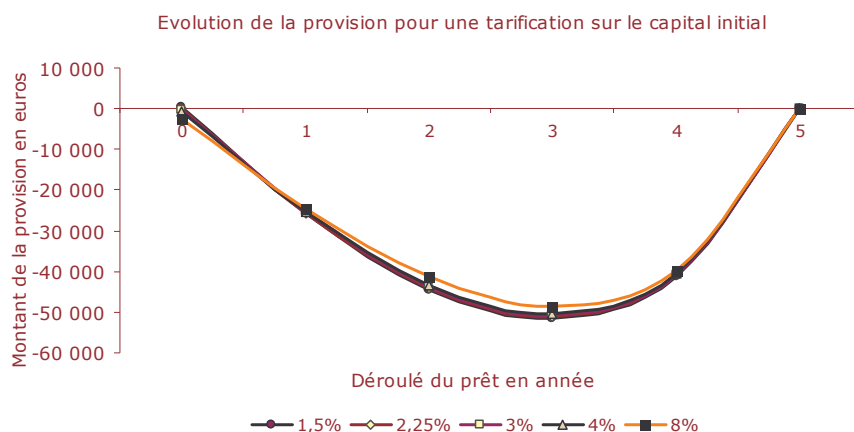
### 4.2.1. Tarification sur le capital initial

La tableau ci-dessous indique le taux de prime permettant l'équilibre du modèle en cas de variations du taux technique :

	1,50%	2,25%	3%	4%	8%
Taux de prime sur CI	0,01913%	0,01907%	0,01901%	0,01893%	0,01861%

Le taux de prime évolue en sens inverse de la variation du taux technique. En effet, plus le taux technique va augmenter et plus le taux de prime diminue. Nous n'obtenons pas le même sens de variations de la prime que dans le cas de la garantie Décès pour le même type de tarification à savoir sur le capital initial. L'engagement de l'assureur dépend ici des prestations d'incapacité de travail à verser et non plus du capital restant dû. La PRC à constituer est donc positive la première année pour un taux technique inférieur à 2,25 % comme nous le montre le graphique ci-dessous :





La PRC reste négative sur toute la durée du prêt pour l'ensemble des variations hormis le taux technique à 1,5 % où on constate une provision positive en début d'année. Ce phénomène est observable sur le résultat technique cumulé comme nous le montre le tableau ci-dessous :

En euro					
Exercices de survénance	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
Provisions au 01/01	851	67 122	93 140	86 569	53 473
- PRC	851	-25 402	-44 177	-51 309	-40 889
- PSC	0	67 122	93 140	86 569	53 473
RTC pour 1,50 %	-25 240	-43 694	-49 960	-38 397	3 674

Provisions au 01/01	0	66 588	92 534	86 158	53 324
- PRC	0	-25 577	-43 978	-51 026	-40 742
- PSC	0	66 588	92 534	86 158	53 324
RTC pour 2,25 %	-25 577	-43 978	-50 451	-39 164	2 749

Provisions au 01/01	0	66 065	91 939	85 753	53 176
- PRC	-821	-25 745	-43 781	-50 748	-40 596
- PSC	0	66 065	91 939	85 753	53 176
RTC pour 3 %	-25 053	-43 382	-50 057	-39 042	2 714

Provisions au 01/01	0	65 382	91 162	85 222	52 982
- PRC	-1 872	-25 958	-43 523	-50 384	-40 405
- PSC	0	65 382	91 162	85 222	52 982
RTC pour 4%	-24 371	-42 605	-49 542	-38 881	2 668

Provisions au 01/01	0	62 818	88 220	83 200	52 234
- PRC	-5 618	-26 699	-42 543	-49 002	-39 670
- PSC	0	62 818	88 220	83 200	52 234
RTC pour 8 %	-21 806	-39 664	-47 577	-38 259	2 496

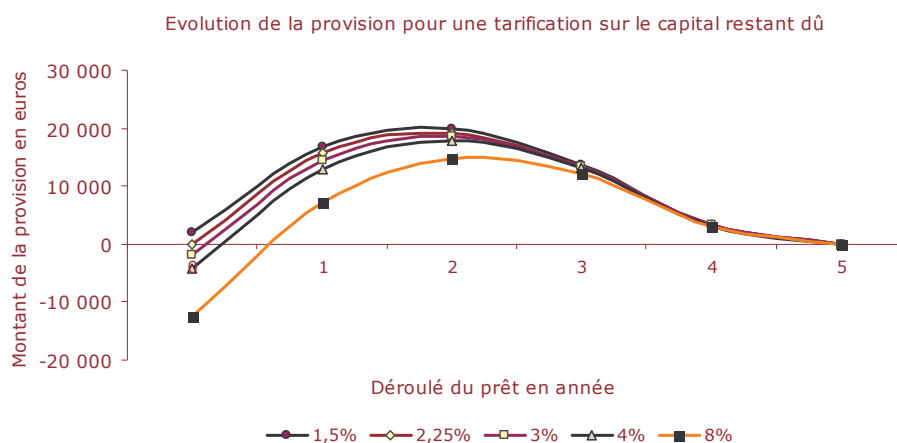
Le taux technique de 1,5 % offre un RTC positif à l'échéance du prêt. En effet, la provision des premières années (851 €) va avoir un impact positif sur le résultat d'où une provision positive au 01/01/07 qui va venir augmenter le résultat. Lorsque le taux technique augmente, la PRC est négative sur la durée du prêt, ainsi le montant de provisions à constituer pour chaque exercice ne dépend que de la PSC (positive sur la durée du contrat).

#### 4.2.2. Tarification sur le capital restant dû

De la même manière, le tableau ci-dessous indique le taux de prime permettant d'équilibrer le modèle :

	1,50%	2,25%	3%	4%	8%
Taux de prime sur CRD	0,03591%	0,03560%	0,03529%	0,03488%	0,03334%

Le taux de prime évolue de la même manière que la tarification précédente. Lorsque le taux technique augmente, le taux de prime diminue. La provision sera ainsi positive sur l'ensemble de la durée et ceci dès l'origine. Ce phénomène est différent lorsque l'on augmente le taux technique. En effet, la première période engendre une PRC négative car les cotisations perçues par l'assureur sont supérieures au tarif d'équilibre qu'il faudrait normalement appliquer. Le graphique ci-dessous nous présente l'évolution de la PRC :



Nous allons à présent étudier l'impact du taux technique sur le résultat. Le tableau ci-dessous représente le résultat technique cumulé (RTC) observé :

En euro					
Exercices de survenance	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
Provisions au 01/01	2 408	84 168	112 692	99 682	56 102
- PRC	2 408	17 170	19 948	13 747	3 233
- PSC	0	66 997	92 744	85 935	52 869
RTC pour 1,50 %	324	1 051	1 844	2 413	2 619

Provisions au 01/01	0	82 029	111 225	98 959	55 914
- PRC	0	15 561	19 080	13 429	3 191
- PSC	0	66 468	92 145	85 530	52 722
RTC pour 2,25 %	0	0	0	0	0

Provisions au 01/01	0	79 953	109 792	98 247	55 728
- PRC	-2 311	14 005	18 235	13 117	3 150
- PSC	0	65 948	91 556	85 130	52 578
RTC pour 3 %	2 075	1 434	665	106	-97

Provisions au 01/01	0	77 281	107 930	97 317	55 483
- PRC	-5 248	12 010	17 143	12 710	3 097
- PSC	0	65 271	90 787	84 607	52 387
RTC pour 4 %	4 748	3 295	1 535	247	-222

Provisions au 01/01	0	67 580	101 011	93 798	54 543
- PRC	-15 525	4 854	13 135	11 185	2 891
- PSC	0	62 726	87 877	82 613	51 652
RTC pour 8 %	14 449	10 214	4 835	809	-684

Nous observons une variation du résultat identique à celle de la garantie décès. Le résultat obtenu pour un taux de 1,5 % sera de 2 619 €, pour un taux de 3 % de -97 €, pour un taux de 4 % de -222 € et pour un taux de 8 % un résultat de -684 €. De la même manière que précédemment, le taux technique a peu d'influence sur le résultat lorsque le taux augmente. Par contre diminution du taux engendre une constitution supplémentaire de PRC les premiers mois qui augmentent le résultat plus significativement que lors d'une baisse.

## 5. Impact d'un changement de table de mortalité

Il existe actuellement deux tables règlementaires, la TH 0002 et la TF 0002, c'est-à-dire une table distinct pour les hommes et les femmes. Ces deux tables peuvent être décomposées en une table Décès et une table Vie. Nous nous proposons d'en analyser l'impact sur la PRC. L'étude porte ainsi sur les table suivante : THV 02, THD 02, TFV 02, et TFD 02 (notation interne).

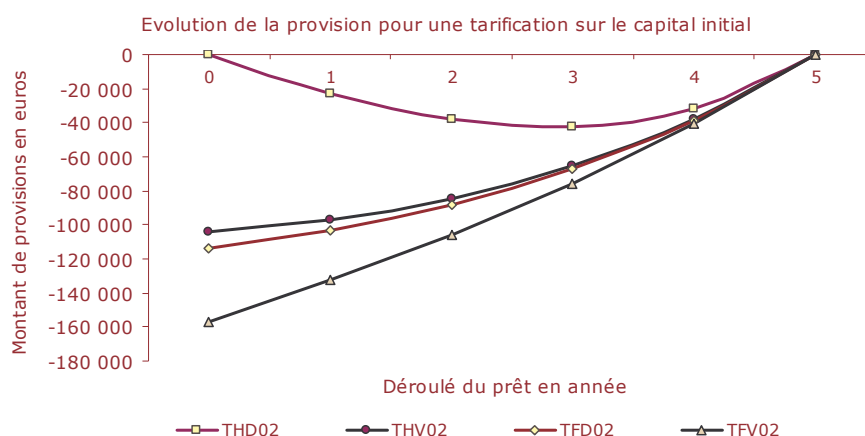
### 5.1. Le décès

#### 5.1.1. Tarification sur le capital initial

Le tableau ci-dessous indique le taux de prime permettant l'équilibre du modèle en cas de modification de la table de mortalité :

	THD02	THV02	TFD02	TFV02
Taux de prime sur CI	0,0149%	0,0076%	0,0069%	0,004%

Comme nous le montre les résultats, la table que nous avons retenu pour le modèle, à savoir la THD 02 correspond à la table la plus risqué sur les quatre car l'ensemble des autres taux de prime est inférieur à 0,0149 %. Dans ce cas, la PRC constitué en début de chaque période diminuera par rapport au tarif de groupe comme nous le présente le graphique ci-dessous :



La PRC à l'équilibre est négative sur la durée du prêt pour une tarification sur le capital initial. Lorsque le risque diminue, la PRC à l'origine du prêt va baisser proportionnellement au risque.

Afin de mieux apprécier l'impact d'un tel changement, nous présentons dans le tableau ci-dessous les résultats techniques cumulés pour chaque table :

Exercices de survenance	En euros				
	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
RTC pour la THD02	-22 687	-37 879	-41 534	-29 667	2 340
RTC pour la THV02	9 664	24 688	45 965	75 227	114 433
RTC pour la TFD02	13 333	30 994	54 353	84 931	124 768
RTC pour la TFV 02	27 644	57 988	91 279	128 627	171 163

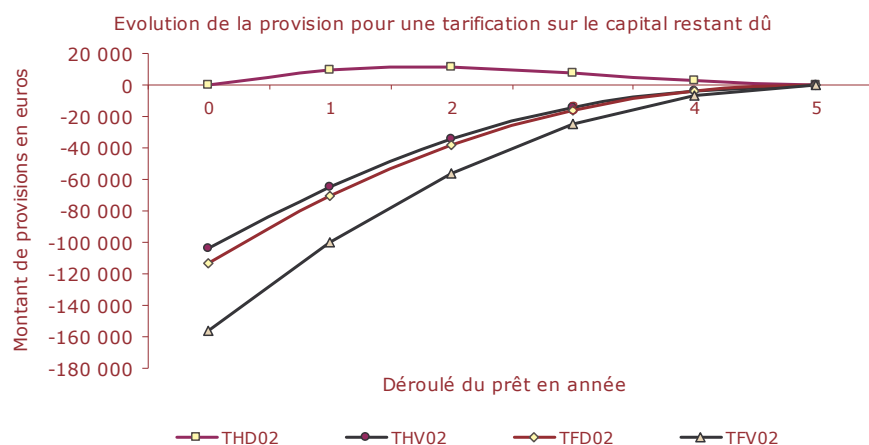
La table THD 02 correspond à la table la plus risquée et nous offre un RTC de 2 340 €. En diminuant la risque, le résultat n'est pas influencé par la PRC car celle-ci reste négative sur la durée du prêt (comme nous le montre le graphique précédent), ça valeur est donc porté à zéro. La table va essentiellement impacter sur les sinistres. En effet, si le risque diminue le montant des sinistres va également décroître ce qui a pour conséquence d'augmenter le résultat. La THV 02 permet d'obtenir un résultat de 114 433 €, la TFD un résultat de 124 768 € et la TFV 02 un résultat de 171 163 €. On peut constater que la table pour les femmes en cas de décès (TFD) reste moins risqué que la table pour les hommes en cas de vie (THV 02). La solution la plus prudente pour l'assureur est de prendre la table la plus risqué c'est-à-dire la THD 02 mais pour l'établissement du compte nous distinguerons les sexes et nous tiendrons compte de la TFD 0002 qui est la table pour les femmes.

### 5.1.2. Tarification sur le capital restant dû

De la même manière, la prime à l'équilibre évolue de manière décroissante lorsque la table de mortalité est moins risqué comme le présente le tableau ci-dessous:

	THD02	THV02	TFD02	TFV02
Taux de prime sur CRD	0,0279%	0,0142%	0,0129%	0,007%

La PRC pour ce type de tarification est positive sur la durée du prêt. Le montant de cotisations alimentant le compte de résultat va ainsi être supérieur à celui permettant d'équilibrer le compte, il n'est donc pas nécessaire de constituer de provisions lorsque le risque diminue, comme nous le montre le graphique ci-dessous :



La PRC garde une tendance similaire lorsque le risque diminue, elle est croissante dès l'origine du prêt jusqu'à tendre vers zéro. Le tableau ci-dessous nous permet d'apprécier les résultats techniques cumulés sur la durée du prêt :

Exercices de survénance	En euros				
	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
RTC pour la THD02	0	0	0	0	0
RTC pour la THV02	41 821	73 844	95 301	107 282	111 103
RTC pour la TFD02	45 492	80 155	103 696	116 982	121 411
RTC pour la TFV 02	59 813	107 174	140 646	160 659	167 671

La table de mortalité influence les primes et les sinistres survenus. La table retenue pour le comparatif est la THD02 qui correspond à la table la plus risqué. Le fait de prendre des tables de mortalité moins risquées va augmenter le montant de prime et diminuer le montant des sinistres d'où une augmentation des résultats de 111 103 € pour la THV 02, 121 411 € pour la TFD 02, et 167 671 € pour la TFV 02.

## 5.2. L'incapacité de travail

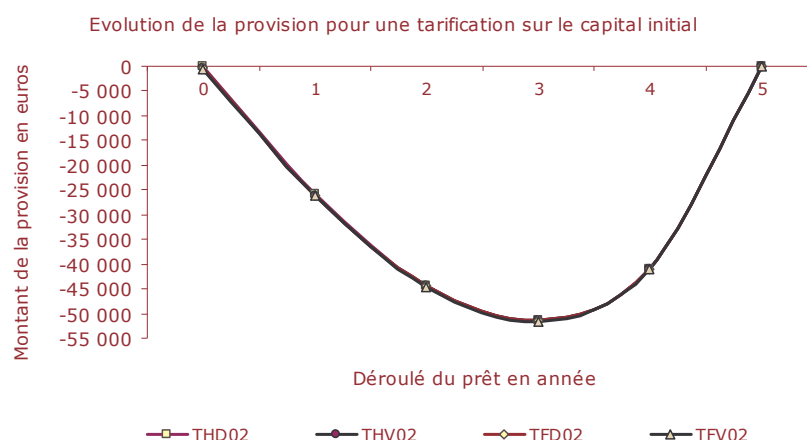
### 5.2.1. Tarification sur le capital initial

Le tableau ci-dessous nous présente la prime à l'équilibre nous permettant l'équilibre du modèle :

	THD 02	THV 02	TFV 02	TFD 02
Taux de prime sur CI	0,01907%	0,01905%	0,01903%	0,01904%

Comme attendu, la table n'a pas d'impact significatif sur le taux de prime. En effet, La tarification de l'incapacité de travail repose essentiellement sur la table de maintien en incapacité temporaire de travail et sur la table de passage en invalidité. La table de mortalité

n'a, comme on peut le constater dans les résultats précédents, qu'un impact mineur sur le taux de prime et donc sur la PRC, elle n'influence que très peu l'engagement de l'assuré, comme nous le montre le graphique ci-dessous :



Nous allons à présent étudier l'influence de la durée sur le résultat. Le tableau ci-dessous représente le résultat technique cumulé (RTC) pour les différentes tables :

Exercices de survénance	En euros				
	31/12/07	31/12/08	31/12/09	31/12/10	31/12/11
RTC pour la THD02	-25 577	-43 978	-50 451	-39 164	2 749
RTC pour la THV02	-25 551	-43 885	-50 259	-38 864	3 111
RTC pour la TFD02	-25 547	-43 876	-50 242	-38 839	3 142
RTC pour la TFV 02	-25 536	-43 836	-50 162	-38 718	3 286

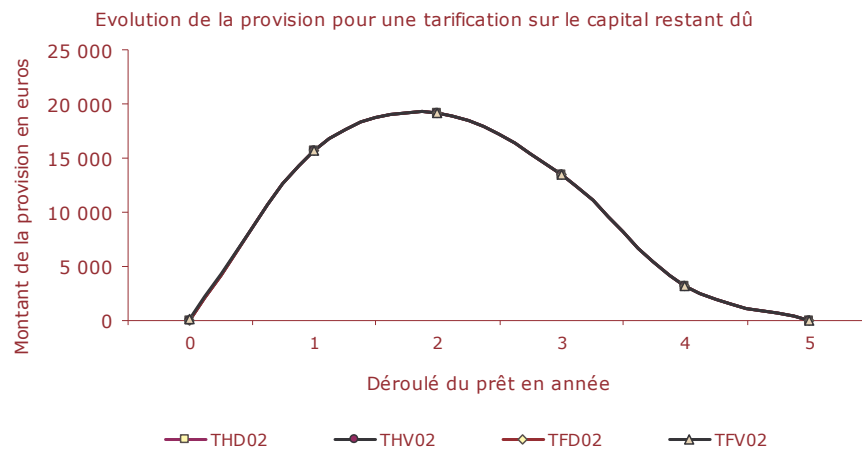
De la même manière, le résultat n'est que très faiblement affecté. La variation observée sur le résultat résulte de la probabilité de survie appliqué aux cotisations et aux probabilités de décès affectant le montant des prestations.

### 5.2.2. Tarification sur le capital restant dû

De la même manière, nous obtenons les taux de prime suivant qui permettent l'équilibre de notre modèle :

	THD 02	THV 02	TFV 02	TFD 02
Taux de prime sr CRD	0,03560%	0,03560%	0,03561%	0,03560%

L'impact est ici presque nul. En effet, nous avons constaté au cours de précédents tests que dans le cas d'une tarification sur le capital restant dû, le taux de prime variait moins que pour une tarification sur le capital initial. La PRC ne subit donc pas d'impact comme nous le montre le graphique ci-dessous :



Le résultat n'est donc pas affecté et aucune variation n'est observé.



#### ***D. Conclusion***

L'étude de sensibilité est très significative dans le sens où nous avons pu déterminer les paramètres ayant le plus d'influence sur le résultat. Nous pouvons dire que l'évolution de la PRC y est pour beaucoup car le poste des provisions est celui qui influence le plus le compte. La durée du prêt a un impact positif sur le résultat, mais dans le cadre de notre contrat ce paramètre n'aura pas trop d'incidence puisque les emprunts ne porteront que sur des durées inférieures ou égale à 5 ans. L'âge de l'assuré à la souscription quant à lui est un paramètre qu'on ne peut négliger. Lorsque celui-ci va diminuer, le résultat va augmenter d'environ 65 % pour la garantie décès et 1 552 % pour la garantie IT/IP pour une tarification sur le capital initial. L'effet inverse se produit lorsque l'âge augmente surtout pour la garantie IT/IP. En effet, la PRC ne vient pas équilibrer le compte contrairement à la garantie Décès car la PSC vient influencer le compte. Dans les deux cas, le résultat varie dans le même sens que la variation du paramètre. Une des particularité d'une tarification de groupe est que le portefeuille comprendra des personnes de toutes les générations ce qui permet de compenser les pertes subies chez certain par les gains obtenus chez d'autre pour finalement retrouver un équilibre dans le compte.

Après avoir effectué ces études, nous pouvons dire qu'il est tout à fait légitime pour l'assureur de choisir un tarif sur le capital initial car il s'agit du mode de tarification le plus prudent et qui engendre le minimum de provisions à constituer. Nous avons également pu constater que le tarif mis en place pour le groupe avait une importance majeure sur le montant à provisionner et plus celui-ci diminuera, plus les provisions à constituer seront importantes et plus le résultat sera faible jusqu'à devenir négatif.

Il est donc important de déterminer dès le départ le bon tarif qui équilibre le portefeuille regroupant des assurés de toutes les générations. Ainsi, nous pouvons dire que la mise en place d'un tel contrat offre de bons résultats dans la majeure partie des cas à condition que le portefeuille soit équilibré.

## Conclusion

Ce mémoire a été consacré à l'étude et la modélisation d'un contrat emprunteur. Nous avons, dans un premier temps, réalisé une étude théorique et dans un second temps une étude empirique mettant en évidence les principaux aspects techniques du contrat emprunteur comme la tarification collective, la problématique liée à la provision pour risque croissants ainsi que l'élaboration du compte de résultat technique permettant d'apprécier notre approche actuarielle dans le temps. La construction du compte de résultat a permis d'établir le résultat probable pour chaque exercice en ayant au préalable suggéré des méthodes de calculs pour chacun des postes comptables.

L'étude de la sensibilité au résultat technique, nous a permis de constater l'influence des paramètres sur le modèle et la tarification afin de retenir les éléments qui pourraient porter atteinte à l'assureur. Nous avons pu démontrer que selon les caractéristiques de l'emprunteur le résultat pouvait varier significativement. Ce pose alors la question de savoir s'il serait plus intéressant pour l'assureur d'appliquer une tarification individuelle qui correspondrait davantage aux exigences des assurés mais qui de plus défieraient la concurrence du marché plutôt qu'une tarification collective. En effet, l'assurance emprunteur représente environ 6 Milliards d'euros de primes annuelles, principalement collectives. Face à cette évolution, les compagnies d'assurances et les courtiers ont développé des approches individuelles cherchant à remettre en cause le tarif groupe « moyen ». De nombreux sites Internet proposent déjà des « comparateurs » que les jeunes générations commencent à utiliser. C'est effectivement les générations les plus jeunes qui sont touchées par les tarifs de groupe trop élevé alors que le risque qu'ils encourent est beaucoup plus faible que pour les autres générations. Par contre, les personnes plus âgées bénéficient de ce système car ils versent des cotisations beaucoup plus faible par rapport au risque que l'assureur doit supporter.

L'outil de tarification, qui se veut souple, permet de basculer d'un raisonnement individuel à un raisonnement collectif. De plus, nous pouvons imaginer des scénarios qui influenceront le modèle tels que des changements de tables de mortalité (comme nous l'avons observé en 2007), un déséquilibre du portefeuille d'assuré, ou des modifications des paramètres liés à l'emprunt. Le modèle nous permettra de corriger les impacts futurs qui seront constatés. Un suivi sera donc nécessaire. Cette étude devra être complétée au cours du temps pour

différentes raisons telle le taux de remboursement anticipé à appliquer lorsque le portefeuille sera suffisamment important, mais aussi pour la mise en place d'éventuels abattements par génération pour que les plus jeunes ne versent pas de cotisations trop élevées par rapport aux risques encourus par l'assureur.

Pour l'instant, nous avons fixé un tarif de groupe mais qui pourra à l'avenir être modifié suite au raisonnement cité précédemment. La souplesse du modèle permettra ainsi de répondre à l'exigence du client mais aussi répondre aux problèmes techniques qu'il se posera pour que l'assureur ne soit pas perdant sur l'ensemble du contrat.

## ANNEXES

<b>Bibliographie</b>	<b>93</b>
<b>Abréviations</b>	<b>94</b>
<b>Table TH 0002</b>	<b>95</b>
<b>Table TF 0002</b>	<b>96</b>
<b>Loi de maintien en incapacité temporaire</b>	<b>97</b>
<b>Loi de passage en invalidité</b>	<b>98</b>
<b>Outil de détermination de la PRC</b>	<b>99</b>
<b>Formule simplifiée des provisions d'incapacité et d'invalidité en attente</b>	<b>__</b>
Erreur ! Signet non défini.	

## Bibliographie

### Ouvrages :

- Assurance vie : technique et produits  
*Par Théodore CORFAS des éditions L'ARGUS DE L'ASSURANCE*
- Mathématique financière approfondies 5<sup>ème</sup> Edition  
*Par Pierre BONNEAU et Marc WISZNIAK des éditions DUNOD*
- Les provisions techniques des contrats de prévoyance collective  
*Par Frédéric PLANCHET et Joël WINTER des éditions ECONOMICA*
- VISUAL BASIC 6  
*Par Michel PELLETIER des éditions Campus Press*
- Codes des assurances  
*Par L'argus EDITIONS*
- Groupement des assurances de personnes Annuaire 1999  
*Par Groupement des Assurances de Personnes (Fédération française des sociétés d'assurance)*
- Calculs actuariels sous ACCESS  
*Par Jérôme SANDER des éditions ECONOMICA*

### Mémoires :

- « Le provisionnement pour risques croissants des contrats emprunteurs pour les garanties décès et arrêt de travail »  
*Par M<sup>lle</sup>. Marion Le Gall (ISUP Promotion 1997)*
- « Etude prospective d'un contrat collectif d'emprunteurs dans un traité en quote-part »  
*Par M. Samuel Launay (ISUP Promotion 2001)*

### Articles :

- Dossier « Le hold-up des banques »  
*Magazine QUECHOISIR N°449 juin 2007*
- Dossier « Actualisation des tables de mortalité »  
*Magazine La tribune de l'assurance n°101 mai 2006*
- « L'assurance des emprunteurs »  
*Internet [www.ffsa.fr](http://www.ffsa.fr) Dossier de presse du 26 juin 2007-08-27*
- « Convention AERAS : s'assurer et emprunter avec un risque aggravé de santé »  
*Internet [www.ffsa.fr](http://www.ffsa.fr)*
- « L'assurance des emprunteurs face à l'évolution des lois »  
*Magazine Courtage News de septembre 2007*

## Abréviations

DC : Décès

IT/IP : Incapacité de Travail et Invalidité Permanente

PRC : Provision pour Risques Croissants

PM : Provision mathématique

PSC : Provision pour Sinistres en Cours

€ : euros

EngAssureur : Engagements de l'assureur

EngAssuré : Engagement de l'assuré

RTC : Résultat technique cumulé

FFSA : Fédération Française des Sociétés d'Assurance

VB : Visual Basic

PASS : Plafond Annuel de la Sécurité Sociale

$r$  : taux d'intérêt du prêt

$i$  : taux technique

$n$  : durée du prêt

$K$  : capital emprunté

$R$  : montant de l'échéance du prêt

$M$  : amortissement du prêt

$CI$  : Capital initial

CRD : Capital Restant Dû

VAP : Valeur Actuelle Probable

$Cst$  : constante

UDDYA : Uniform Distribution of Deaths in each Year of Age

Table TH 0002

Age	LxD	QX	LxV	Age	LxD	QX	LxV
0	100000	0,00489	100 000	56	88929	0,00875	88 929
1	99511	0,00038	99 511	57	88151	0,00932	88 151
2	99473	0,00027	99 473	58	87329	0,00995	87 329
3	99446	0,00022	99 446	59	86460	0,01066	86 460
4	99424	0,00018	99 424	60	85538	0,01146	85 538
5	99406	0,00016	99 406	61	84558	0,01235	84 558
6	99390	0,00014	99 390	62	83514	0,01335	83 514
7	99376	0,00013	99 376	63	82399	0,01448	82 399
8	99363	0,00013	99 363	64	81206	0,01576	81 206
9	99350	0,00012	99 350	65	79926	0,01719	79 926
10	99338	0,00013	99 338	66	78552	0,01876	78 552
11	99325	0,00013	99 325	67	77078	0,02046	77 078
12	99312	0,00016	99 312	68	75501	0,02232	75 501
13	99296	0,00020	99 296	69	73816	0,02434	73 816
14	99276	0,00026	99 276	70	72019	0,02658	72 019
15	99250	0,00037	99 250	71	70105	0,02903	70 105
16	99213	0,00050	99 213	72	68070	0,03167	68 070
17	99163	0,00067	99 163	73	65914	0,03455	65 914
18	99097	0,00083	99 097	74	63637	0,03768	63 637
19	99015	0,00095	99 015	75	61239	0,04117	61 239
20	98921	0,00102	98 921	76	58718	0,04506	58 718
21	98820	0,00105	98 820	77	56072	0,04938	56 072
22	98716	0,00105	98 716	78	53303	0,05426	53 303
23	98612	0,00104	98 612	79	50411	0,05993	50 411
24	98509	0,00105	98 509	80	47390	0,06660	47 390
25	98406	0,00105	98 406	81	44234	0,07433	44 234
26	98303	0,00107	98 303	82	40946	0,08304	40 946
27	98198	0,00109	98 198	83	37546	0,09253	37 546
28	98091	0,00111	98 091	84	34072	0,10264	34 072
29	97982	0,00114	97 982	85	30575	0,11352	30 575
30	97870	0,00116	97 870	86	27104	0,12533	27 104
31	97756	0,00120	97 756	87	23707	0,13802	23 707
32	97639	0,00125	97 639	88	20435	0,15155	20 435
33	97517	0,00132	97 517	89	17338	0,16576	17 338
34	97388	0,00143	97 388	90	14464	0,18059	14 464
35	97249	0,00153	97 249	91	11852	0,19625	11 852
36	97100	0,00166	97 100	92	9526	0,21289	9 526
37	96939	0,00179	96 939	93	7498	0,23059	7 498
38	96765	0,00195	96 765	94	5769	0,24926	5 769
39	96576	0,00214	96 576	95	4331	0,26899	4 331
40	96369	0,00237	96 369	96	3166	0,28964	3 166
41	96141	0,00264	96 141	97	2249	0,31125	2 249
42	95887	0,00293	95 887	98	1549	0,33376	1 549
43	95606	0,00325	95 606	99	1032	0,35756	1 032
44	95295	0,00360	95 295	100	663	0,38160	663
45	94952	0,00397	94 952	101	410	0,40488	410
46	94575	0,00435	94 575	102	244	0,43033	244
47	94164	0,00472	94 164	103	139	0,46043	139
48	93720	0,00508	93 720	104	75	0,48000	75
49	93244	0,00545	93 244	105	39	0,51282	39
50	92736	0,00582	92 736	106	19	0,52632	19
51	92196	0,00624	92 196	107	9	0,55556	9
52	91621	0,00668	91 621	108	4	0,50000	4
53	91009	0,00715	91 009	109	2	0,50000	2
54	90358	0,00767	90 358	110	1	1,00000	1
55	89665	0,00821	89 665				

Correctif à appliquer :

AgeMin	AgeMax	Correction
16	38	-13
39	62	-7
63	64	-6
65	74	-4
75	999	-3

Table TF 0002

Age	LxD	QX	LxV	Age	LxD	QX	LxV
0	100000	0,00384	100000	56	94851	0,00369	94851
1	99616	0,00033127	99616	57	94501	0,0039153	94501
2	99583	0,00021088	99583	58	94131	0,00414316	94131
3	99562	0,00017075	99562	59	93741	0,00439509	93741
4	99545	0,00014064	99545	60	93329	0,00468236	93329
5	99531	0,00012057	99531	61	92892	0,00502734	92892
6	99519	0,00011053	99519	62	92425	0,00543143	92425
7	99508	0,00010049	99508	63	91923	0,00588536	91923
8	99498	0,0001005	99498	64	91382	0,0064017	91382
9	99488	0,00010051	99488	65	90797	0,0069716	90797
10	99478	0,00011058	99478	66	90164	0,00763054	90164
11	99467	0,00011059	99467	67	89476	0,00838214	89476
12	99456	0,00012066	99456	68	88726	0,00923067	88726
13	99444	0,00013073	99444	69	87907	0,01020397	87907
14	99431	0,00016092	99431	70	87010	0,01133203	87010
15	99415	0,00020118	99415	71	86024	0,01258951	86024
16	99395	0,00024146	99395	72	84941	0,01400972	84941
17	99371	0,00029184	99371	73	83751	0,01562966	83751
18	99342	0,00033219	99342	74	82442	0,01751534	82442
19	99309	0,00035244	99309	75	80998	0,01970419	80998
20	99274	0,00035256	99274	76	79402	0,02227904	79402
21	99239	0,00034261	99239	77	77633	0,02527276	77633
22	99205	0,00034272	99205	78	75671	0,02874285	75671
23	99171	0,00034284	99171	79	73496	0,03276369	73496
24	99137	0,00034296	99137	80	71088	0,03748875	71088
25	99103	0,00035317	99103	81	68423	0,04304108	68423
26	99068	0,00035329	99068	82	65478	0,04955863	65478
27	99033	0,00036352	99033	83	62233	0,0570919	62233
28	98997	0,00037375	98997	84	58680	0,06564417	58680
29	98960	0,0003941	98960	85	54828	0,07518056	54828
30	98921	0,00042458	98921	86	50706	0,08567033	50706
31	98879	0,00046522	98879	87	46362	0,09693283	46362
32	98833	0,00051602	98833	88	41868	0,108651	41868
33	98782	0,00057703	98782	89	37319	0,12052842	37319
34	98725	0,00063814	98725	90	32821	0,13259803	32821
35	98662	0,00069936	98662	91	28469	0,14545646	28469
36	98593	0,0007607	98593	92	24328	0,15965143	24328
37	98518	0,00084249	98518	93	20444	0,17530816	20444
38	98435	0,00093463	98435	94	16860	0,19228944	16860
39	98343	0,00102702	98343	95	13618	0,21060361	13618
40	98242	0,00114004	98242	96	10750	0,23004651	10750
41	98130	0,00125344	98130	97	8277	0,25045306	8277
42	98007	0,00137745	98007	98	6204	0,27208253	6204
43	97872	0,00151218	97872	99	4516	0,29472985	4516
44	97724	0,0016475	97724	100	3185	0,31836735	3185
45	97563	0,00180396	97563	101	2171	0,34315983	2171
46	97387	0,00195098	97387	102	1426	0,36886396	1426
47	97197	0,00209883	97197	103	900	0,39555556	900
48	96993	0,00223727	96993	104	544	0,42279412	544
49	96776	0,00237662	96776	105	314	0,4522293	314
50	96546	0,00250658	96546	106	172	0,48255814	172
51	96304	0,00264787	96304	107	89	0,50561798	89
52	96049	0,00282148	96049	108	44	0,54545455	44
53	95778	0,00301739	95778	109	20	0,55	20
54	95489	0,00323597	95489	110	9	0,55555556	9
55	95180	0,00345661	95180	111	4	0,75	4
				112	1	1	1
AgeMin	AgeMax	Correction					
16	32	-11					
33	34	-8					
35	50	-6					
51	60	-5					
61	67	-4					
68	77	-3					
78	90	-2					
91	93	-1					
94	999	0					



	Ancienneté en mois																																					
Age	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	Age
20	10 000	2 842	1 743	1 144	838	625	455	339	291	253	215	187	173	152	138	129	123	114	102	98	94	91	87	84	80	76	74	72	68	68	65	63	62	58	55	15	20	
21	10 000	2 842	1 743	1 144	838	625	455	339	291	253	215	187	173	152	138	129	123	114	102	98	94	91	87	84	80	76	74	72	68	68	65	63	62	58	55	15	21	
22	10 000	2 842	1 743	1 144	838	625	455	339	291	253	215	187	173	152	138	129	123	114	102	98	94	91	87	84	80	76	74	72	68	68	65	63	62	58	55	15	22	
23	10 000	2 842	1 743	1 144	838	625	455	339	291	253	215	187	173	152	138	129	123	114	102	98	94	91	87	84	80	76	74	72	68	68	65	63	62	58	55	15	23	
24	10 000	2 931	1 848	1 215	894	657	478	343	291	256	217	183	166	143	130	121	114	105	95	91	88	87	84	82	79	74	72	68	67	62	62	58	57	55	52	46	14	24
25	10 000	3 080	2 001	1 345	997	739	536	382	327	289	251	216	195	172	159	149	140	129	116	113	110	106	102	97	92	87	83	78	76	73	70	67	66	63	58	16	25	
26	10 000	3 177	2 112	1 461	1 087	812	591	431	372	325	285	249	226	201	186	171	161	150	137	129	124	119	114	107	102	95	91	89	87	82	81	78	76	73	69	63	23	26
27	10 000	3 251	2 180	1 540	1 156	869	643	476	407	360	320	285	263	237	222	207	192	179	168	159	151	144	140	134	128	118	111	108	104	97	93	90	88	85	81	74	28	27
28	10 000	3 298	2 243	1 600	1 209	915	688	524	448	400	359	322	297	270	255	238	222	210	199	189	180	172	167	160	153	143	132	128	120	112	105	103	99	96	90	82	33	28
29	10 000	3 348	2 273	1 640	1 246	956	726	559	476	425	384	352	327	298	280	262	247	233	220	208	199	190	184	175	168	159	147	143	133	125	118	113	109	106	98	91	35	29
30	10 000	3 386	2 275	1 659	1 264	964	744	583	494	439	396	363	338	308	287	267	252	240	227	214	202	193	185	177	171	161	149	143	134	125	117	111	108	105	97	89	34	30
31	10 000	3 388	2 228	1 618	1 249	965	756	595	501	449	406	375	347	318	295	276	261	250	236	223	212	204	194	186	179	172	159	154	141	131	121	114	111	108	101	93	30	31
32	10 000	3 433	2 238	1 617	1 254	975	772	612	5																													



## Loi de passage en invalidité

	Ancienneté en mois dans l'état d'incapacité																																			
Age	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
20	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	2	1	1	0	1	2	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	2	1	2	2	97
21	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	2	1	1	0	1	2	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	2	1	2	2	97
22	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	2	1	1	0	1	2	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	2	1	2	2	97
23	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	2	0	0	1	39
24	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	1	2	0	0	1	28
25	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	0	1	1	2	1	2	0	0	1	0	2	1	2	2	1	1	0	0	1	0	0	1	2	39
26	1	0	1	0	0	0	0	1	1	2	2	1	0	2	2	2	1	2	1	2	1	0	3	2	3	2	1	1	1	0	1	0	0	2	1	37
27	1	0	1	0	0	0	1	0	1	2	3	0	1	1	1	5	3	2	1	2	2	0	3	2	2	4	2	3	2	1	1	0	0	2	0	43
28	1	0	1	0	0	0	1	0	2	2	3	1	1	1	3	6	2	2	2	4	1	2	2	3	2	5	3	5	3	3	1	1	1	3	1	45
29	1	0	1	0	0	1	3	0	2	1	2	1	1	1	4	6	3	2	1	4	2	1	3	2	3	6	3	6	3	3	0	2	5	1	51	
30	1	0	2	0	1	0	3	1	2	2	1	1	1	1	3	6	3	1	3	4	1	2	2	2	1	6	3	6	4	3	3	1	2	3	2	50
31	1	0	1	1	1	0	4	0	1	1	2	1	1	1	4	5	3	1	1	3	2	2	2	1	1	5	3	6	6	4	3	1	2	3	3	57
32	1	1	1	0	1	1	3	1	1	1	1	2	2	1	5	3	2	1	2	3	1	2	3	1	2	6	2	7	5	4	4	1	2	4	4	55
33	2	1	1	1	1	1	4	1	1	2	1	2	4	1	3	2	2	1	2	3	3	1	4	1	4	4	4	4	6	1	6	1	1	2	3	59
34	2	1	1	1	1	3	1	2	1	3	1	2	5	3	3	3	2	2	2	3	5	3	6	3	3	4	4	4	6	3	4	3	2	3	2	64
35	2	1	1	0	1	3	3	2	1	2	1	4	6	3	2	2	5	4	1	3	7	2	8	4	3	4	4	4	7	3	5	3	3	4	3	69
36	2	1	1	1	0	3	3	2	2	3	2	2	6	4	2	4	5	5	0	3	7	2	7	4	3	4	5	5	6	2	5	5	2	5	5	68
37	2	1	1	1	1	3	2	2	2	4	2	4	6	6	2	4	6	5	2	4	6	2	8	4	1	3	4	4	7	2	5	9	3	5	6	76
38	1	1	0	1	1	3	2	1	2	3	2	4	5	7	2	4	8	5	3	2	6	3	8	3	1	2	4	3	9	1	6	9	4	7	7	93
39	1	1	0	1	1	3	2	1	1	6	2	4	5	6	4	4	8	5	4	3	3	2	9	7	3	1	5	4	12	1	10	9	3	6	12	103
40	1	2	0	1	1	3	1	1	1	5	3	4	5	8	2	6	8	7	4	4	3	1	7	9	2	3	5	3	12	3	11	7	3	6	10	114
41	1	2	0	0	1	4	3	0	1	5	3	4	8	7	2	8	9	8	5	5	4	3	6	11	4	3	6	6	12	5	13	7	5	8	8	137
42	1	2	0	1	3	3	3	2	2	5	2	4	9	5	4	7	9	10	5	3	5	5	5	15	8	2	10	6	17	8	14	3	6	9	5	153
43	1	4	0	3	2	4	4	4	4	5	2	4	11	4	4	9	7	13	6	6	5	6	6	14	11	4	12	7	21	12	14	2	7	13	4	155
44	1	3	0	3	3	4	7	4	8	3	3	7	11	5	6	13	9	13	5	7	7	8	4	9	12	5	12	8	18	15	12	5	7	12	4	169
45	3	2	1	4	2	4	7	6	10	5	4	8	11	5	6	12	9	8	14	10	8	11	6	10	12	8	13	11	21	19	11	7	12	15	13	179
46	5	3	1	4	2	4	6	7	12	5	6	11	11	7	10	10	9	10	19	13	8	11	11	9	16	13	15	12	21	20	12	7	14	14	15	182
47	6	2	1	4	0	6	8	6	12	5	8	13	11	10	14	10	10	9	24	16	10	17	17	13	15	20	12	11	16	20	12	9	13	17	17	196
48	6	1	1	3	2	6	7	7	15	6	9	14	14	12	18	13	10	9	23	15	13	20	21	17	19	22	16	13	12	23	19	17	18	11	21	215
49	6	2	2	4	2	5	5	10	12	12	10	10	16	13	20	15	17	11	26	22	19	22	29	16	19	26	17	20	19	20	21	18	23	14	18	223
50	4	1	4	5	2	9	9	12	12	12	12	15	16	15	25	18	20	17	20	26	23	26	32	25	25	26	24	21	21	15	26	17	22	13	17	243
51	4	1	4	5	3	11	10	15	17	14	13	17	17	17	26	28	28	24	20	29	28	29	33	27	23	26	25	26	22	14	29	16	18	17	17	268
52	4	1	5	6	3	12	11	18	20	16	14	21	22	17	25	40	36	27	23	32	30	32	33	26	29	23	37	28	29	18	30	21	27	19	18	283
53	8	4	5	5	4	13	14	20	20	17	19	25	22	18	31	44	43	33	29	40	28	41	33	31	31	25	38	34	37	16	27	20	28	20	21	286
54	8	7	4	5	3	15	17	16	22	15	22	28	25	20	38	48	49	39	38	31	31	46	33	40	36	29	39	30	34	15	25	19	24	20	21	310
55	11	8	3	5	4	12	14	16	25	16	22	27	28	21	39	57	53	41	38	26	32	41	35	33	33	26	34	38	32	15	22	16	21	19	16	292
56	10	8	4	5	4	14	16	18	23	18	24	30	28	21	40	57	56	41	37	29	32	44	34	36	36	24	38	36	35	14	22	16	23	21	17	298
57	11	9	4	6	3	15	18	18	25	19	26	32	30	22	42	63	61	46	39	29	33	47	35	38	38	24	40	38	38	12	22	16	23	21	17	306
58	12	11	3	6	3	15	18	17	26	19	27	33	32	23	45	68	65	48	42	24	34	47	35	39	39	23	39	39	36	12	20	14	20	21	15	307
59	14	11	4	6	3	15	18	18	27	21	29	35	34	24	46	72	69	50	41	24	35	47	36	38	40	21	40	42	38	11	19	13	21	22	14	305

## Outil de détermination de la PRC

