

Mémoire présenté le :
pour l'obtention du Diplôme Universitaire d'actuariat de l'ISFA
et l'admission à l'Institut des Actuaires

Par : Gaylord LEGRIS

Titre : Analyse de Sensibilités sur des Portefeuilles de Passifs en Assurance Vie selon les indicateurs Solvabilité 2 : Approche par Générations et Agrégations des portefeuilles

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

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

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

Entreprise :

Nom :

Signature :

*Directeur de mémoire en entre-
prise :*

Nom :

Signature :

*Membres présents du jury de
l'ISFA*

Invité :

Nom :

Signature :

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

Signature du responsable entreprise

Signature du candidat

Table des matières

Résumé	iii
Abstract	iv
Remerciements	v
Synthèse	vi
Synthesis	vii
Introduction	viii
1 Introduction au contexte réglementaire et à la modélisation ALM	1
1.1 Spécificités de l'assurance vie	1
1.1.1 Utilité de l'assurance vie	1
1.1.2 Dualité du produit : Épargne et Prévoyance	1
1.1.3 La garantie du capital et le taux minimum garanti (TMG)	2
1.1.4 La participation aux bénéfices (PB)	2
1.1.5 Liquidité et faculté de rachat	2
1.1.6 Horizon de gestion à long terme	2
1.1.7 Diversité des supports : Fonds en euros et Unités de Compte (UC)	3
1.2 La réglementation Solvabilité 2	3
1.2.1 Différents piliers	3
1.2.2 Formule interne vs formule standard	4
1.3 Définitions et enjeux de l'ALM	5
1.3.1 Définition de l'ALM	5
1.3.2 Enjeux pour les assureurs	5
1.4 Présentation du modèle ALM (pour plus tard)	5
1.5 Les générateurs de scénarios économiques	5
1.5.1 Définition et rôle	5
1.5.2 Exemples de générateurs utilisés	5
1.6 Qu'est ce qu'un model point et pourquoi on les utilise?	5
1.6.1 Définition des model points	5
1.6.2 Utilisation dans la modélisation ALM	5
1.7 Impact des Réglementations sur les Portefeuilles (A mettre plus tard)	5
1.7.1 Analyse de l'impact des réglementations sur les structures de portefeuilles de passifs	5
1.7.2 Quelles sont les réglementations existantes concernant l'agrégation en MP	5
1.7.3 Études de cas illustrant les contraintes réglementaires	5
2 Contraintes techniques et création d'outils	6
2.1 Nécessité du générateur de portefeuille passif	6
2.1.1 Besoin de générer des données pour simuler un nouveau produit	6
2.1.2 Simuler différentes évolutions du business mix pour orienter politique de souscription/politique commerciale.	6

2.1.3	Simuler un portefeuille représentatif du marché ou composé des principaux concurrents pour se positionner.	6
2.2	Contraintes techniques associées	6
2.2.1	Mise à jour sur des outils plus récents	6
2.2.2	langage open source, permet de s'écarter des problématiques financières (coût de licence).	6
2.2.3	Travail sur des outils mis à jour fréquemment (Python, Polars).	6
2.3	Développement du Modèle ALM en Python	6
2.3.1	Présentation du modèle ALM développé pour Accenture	6
2.3.2	Fonctionnement du modèle et apprentissage personnel.	6
2.3.3	Limites du modèle à l'heure actuelle.	6
2.4	Générateur de portefeuille de passif	6
2.4.1	Description des contraintes techniques rencontrées	6
2.4.2	Description du générateur de modèle point	6
2.4.3	Importance pour un cabinet de conseil et assurance des clients.	6
3	Agrégations des portefeuilles de passifs	7
3.1	Méthodes d'Agrégation	7
3.1.1	Description des Méthodes	7
3.1.2	Optimisation du Nombre de Model Points	7
3.2	Tests et Analyse des Résultats	7
3.2.1	Présentation des Portefeuilles	7
3.2.2	Analyse des Résultats	7
3.2.3	Choix d'un Modèle	7
3.2.4	Compatibilité avec les Architectures Modernes	7
4	Tests de Sensibilités	8
4.1	Création de Portefeuilles de Passif Test	8
4.2	Description des modifications apportées au portefeuille	8
4.3	Agrégation des portefeuilles par la méthode précédemment choisie	8
4.4	Analyse des Sensibilités	8
4.5	Interprétation des Résultats	8
5	Conclusion	9
5.1	Résumé des résultats	9
5.1.1	Synthèse des principaux résultats obtenus	9
5.1.2	Impact des méthodes d'agrégation et des contraintes réglementaires sur les portefeuilles de passifs	9
5.2	Perspectives d'amélioration	9
5.2.1	Axes d'amélioration pour les générateurs de portefeuilles de passifs	9
5.2.2	Évolutions possibles des méthodes d'agrégation et de modélisation ALM	9
5.2.3	Autres domaines d'application des générateurs de portefeuilles de passifs	9
5.3	Conclusion générale	9

Résumé

Abstract

Remerciements

Synthèse

Synthesis

Introduction

Le secteur de l'assurance vie est soumis à des réglementations strictes et en constante évolution, notamment avec l'introduction des normes Solvabilité II. Ces réglementations visent à garantir la stabilité financière des compagnies d'assurance tout en protégeant les intérêts des assurés. Dans ce contexte, la modélisation Actif-Passif (ALM) joue un rôle crucial pour évaluer la solvabilité et la performance des portefeuilles d'assurance vie.

L'objectif de ce mémoire est d'analyser les sensibilités des portefeuilles de passifs en assurance vie selon les indicateurs de Solvabilité II, en adoptant une approche par générations et agrégations en Model Points. Cette approche permet de simplifier la complexité des portefeuilles tout en conservant leur représentativité, facilitant ainsi les tests de sensibilité et l'analyse des impacts réglementaires.

Nous commencerons par une introduction au contexte réglementaire et à la modélisation ALM, en mettant l'accent sur les spécificités de l'assurance vie et les différents piliers de Solvabilité II. Nous aborderons également les enjeux de l'ALM et l'importance des générateurs de scénarios économiques.

Ensuite, nous examinerons les contraintes techniques et la création d'outils nécessaires pour la génération et l'agrégation des portefeuilles de passifs. Nous présenterons le modèle ALM développé en Python, ainsi que les méthodes d'agrégation utilisées, telles que le K-means et le DBSCAN.

Nous procéderons ensuite à des tests de sensibilité sur différents portefeuilles de passifs, en analysant les résultats obtenus et en évaluant l'impact des modifications apportées. Enfin, nous conclurons par une synthèse des principaux résultats et des perspectives futures pour améliorer les méthodes et outils utilisés.

Ce mémoire vise à fournir une analyse approfondie et des recommandations pratiques pour optimiser la gestion des portefeuilles de passifs en assurance vie, tout en respectant les contraintes réglementaires et techniques.

Chapitre 1

Introduction au contexte réglementaire et à la modélisation ALM

1.1 Spécificités de l'assurance vie

L'assurance vie demeure un pilier central de la stratégie patrimoniale des Français. En effet, elle représente le placement le plus important en valeur, totalisant 1989 milliards d'euros d'encours sur les différents contrats à fin décembre 2024. Avec un capital moyen excédant 100 000 euros par souscripteur, son rôle prépondérant dans l'épargne nationale est indéniable. Cette popularité s'explique par une combinaison unique d'utilités et de caractéristiques qui façonnent sa gestion et sa modélisation. Comprendre ces spécificités est fondamental avant d'aborder le cadre réglementaire de Solvabilité II et les subtilités de la modélisation Actif-Passif (ALM) qui sont l'objet de ce mémoire.

1.1.1 Utilité de l'assurance vie

L'assurance vie répond à une multitude d'objectifs patrimoniaux, ce qui explique son attrait constant :

- **Constitution d'une épargne à long terme** : C'est un outil privilégié pour se constituer un capital progressivement, en vue de financer des projets futurs (retraite, études des enfants, acquisition immobilière) ou simplement pour valoriser un capital existant.
- **Transmission du patrimoine** : L'assurance vie offre un cadre fiscal avantageux pour la transmission d'un capital à des bénéficiaires désignés, que ce soit en ligne directe ou non. Les abattements spécifiques et la possibilité de désigner librement les bénéficiaires en font un instrument de planification successorale efficace.
- **Protection des proches** : En cas de décès de l'assuré, le versement d'un capital ou d'une rente aux bénéficiaires permet de les protéger financièrement et de faire face aux conséquences pécuniaires de la disparition.
- **Recherche de rendement et diversification** : Avec une gamme de supports allant des **fonds en euros** sécurisés aux **unités de compte (UC)** plus dynamiques, l'assurance vie permet d'adapter son investissement à son profil de risque et à ses objectifs de rendement, tout en offrant des possibilités de diversification.
- **Avantages fiscaux** : Outre la transmission, l'assurance vie bénéficie d'une fiscalité allégée sur les plus-values en cas de rachat après une certaine durée de détention (notamment après 8 ans), ce qui renforce son attractivité comme placement de long terme.

Cette polyvalence fait de l'assurance vie un produit incontournable, mais engendre également une complexité dans sa gestion pour les assureurs.

1.1.2 Dualité du produit : Épargne et Prévoyance

Au-delà de ses utilités multiples, l'une des premières spécificités de l'assurance vie réside dans sa nature hybride. Elle combine à la fois une dimension d'épargne à long terme et une composante de prévoyance.

- **Volet Épargne** : Les contrats d'assurance vie permettent aux souscripteurs de se constituer un capital sur la durée, en bénéficiant potentiellement de rendements attractifs et d'un cadre fiscal avantageux, notamment en cas de rachat après une certaine période de détention ou pour la transmission du capital.
- **Volet Prévoyance** : En cas de décès de l'assuré, le capital constitué (ou un capital garanti) est versé à un ou plusieurs bénéficiaires désignés, leur offrant ainsi une protection financière. Cette dimension de couverture du risque de décès est inhérente à de nombreux contrats.

Cette dualité engendre des flux financiers complexes et des engagements de long terme pour l'assureur, nécessitant une gestion prudente et prospective. C'est pourquoi il met en place des moyens de calculer les montants qu'il doit

1.1.3 La garantie du capital et le taux minimum garanti (TMG)

Historiquement, de nombreux contrats d'assurance vie en euros se sont distingués par la **garantie du capital** investi par l'assuré. L'assureur s'engage à restituer au minimum les sommes versées, nettes de frais. À cela s'ajoute souvent la notion de **Taux Minimum Garanti (TMG)**, qui est un rendement plancher que l'assureur s'engage à servir annuellement sur le capital. Bien que la tendance réglementaire et les conditions de marché aient conduit à une baisse, voire une disparition des TMG élevés sur les nouveaux contrats, cette caractéristique a un impact majeur sur les engagements passés et la gestion des actifs en couverture. Les assureurs doivent en effet générer des rendements financiers suffisants pour honorer ces garanties, ce qui influence directement leur politique d'investissement et leur exposition aux risques de marché.

1.1.4 La participation aux bénéfices (PB)

Au-delà du TMG, les assurés bénéficient de la **participation aux bénéfices (PB)**. Les assureurs ont l'obligation de redistribuer une partie des bénéfices techniques et financiers qu'ils réalisent sur la gestion des contrats d'assurance vie. Cette redistribution vient s'ajouter au TMG pour former le rendement global servi à l'assuré. La politique de PB est un levier important pour l'assureur, lui permettant de lisser les rendements dans le temps et de gérer les attentes des assurés, tout en respectant les contraintes réglementaires (provision pour participation aux excédents - PPE). La gestion de la PB est un élément central de la stratégie ALM.

1.1.5 Liquidité et faculté de rachat

Les contrats d'assurance vie offrent généralement une grande **liquidité** aux souscripteurs, qui disposent d'une **faculté de rachat** total ou partiel de leur épargne à tout moment (souvent après une période initiale et sous conditions fiscales). Cette caractéristique, bien qu'avantageuse pour l'assuré, représente un risque pour l'assureur :

- **Risque de rachat massif (risque de “bank run” ou de “surrender”)** : En cas de crise de confiance, de forte hausse des taux d'intérêt alternatifs ou d'autres événements défavorables, les assureurs pourraient faire face à une vague de rachats importante, les contraignant à liquider des actifs dans des conditions potentiellement défavorables.
- **Antisélection** : Les comportements de rachat peuvent dépendre des conditions de marché et de la situation individuelle des assurés, introduisant un biais dans les flux de sortie.

La modélisation des comportements de rachat est donc un enjeu crucial pour l'évaluation des passifs et la gestion ALM.

1.1.6 Horizon de gestion à long terme

Les engagements en assurance vie s'inscrivent typiquement sur un **horizon de long, voire très long terme**. Les contrats peuvent durer plusieurs décennies, et les prestations (rachats, décès) s'étalent dans le temps. Cette perspective temporelle impose aux assureurs :

- Une adéquation entre la duration des actifs et celle des passifs.
- Une prise en compte des évolutions futures des taux d'intérêt, de l'inflation, de la mortalité et des comportements des assurés.
- Une capacité à anticiper les changements réglementaires et économiques sur de longues périodes.

Cette caractéristique est au cœur de la problématique ALM et justifie l'utilisation de modèles de projection stochastiques.

1.1.7 Diversité des supports : Fonds en euros et Unités de Compte (UC)

Le marché de l'assurance vie se segmente principalement entre :

- **Les fonds en euros** : Majoritairement investis en obligations, ils offrent une garantie du capital et un rendement (TMG + PB). Le risque financier est principalement porté par l'assureur.
- **Les unités de compte (UC)** : Investies sur des supports plus dynamiques (actions, immobilier, OPCVM diversifiés), la valeur des UC fluctue en fonction des marchés financiers. Le risque financier est ici porté par l'assuré, l'assureur garantissant un nombre de parts et non une valeur en euros.

La part croissante des UC dans les nouveaux contrats modifie le profil de risque des assureurs et des assurés, et complexifie la modélisation des passifs, notamment en ce qui concerne les garanties optionnelles (garanties plancher en cas de décès sur UC, par exemple) et les frais prélevés. Ces deux types de support impliquent des passifs avec des caractéristiques et des risques très différents pour l'assureur.

Ces spécificités, interdépendantes, créent un environnement complexe pour les assureurs vie. Elles soulignent l'importance d'une modélisation ALM robuste et d'une analyse fine des sensibilités aux différents facteurs de risque, notamment dans le cadre exigeant de Solvabilité II que nous aborderons dans la section suivante.

1.2 La réglementation Solvabilité 2

La réglementation Solvabilité 2 (S2) est un cadre prudentiel harmonisé au niveau de l'Union Européenne, dont l'objectif principal est de renforcer la protection des assurés et bénéficiaires, d'accroître la compétitivité des assureurs européens et de mettre en place une évaluation économique du bilan des entreprises d'assurance et de réassurance. Entrée en vigueur le 1er janvier 2016, elle vise à assurer la pérennité et la solvabilité des organismes face aux risques inhérents à leur activité.

1.2.1 Différents piliers

La directive Solvabilité 2 repose sur trois piliers interdépendants couvrant des sujets liés à la quantification des risques, à la gouvernance et à la transparence.

Pilier 1 : Exigences quantitatives

Le Pilier 1 définit les exigences de fonds propres que les assureurs et réassureurs doivent détenir pour couvrir les risques liés à leurs opérations. Il détaille la méthodologie de calcul du capital réglementaire, ainsi que l'évaluation des actifs et des passifs en valeur de marché. Les provisions techniques, par exemple, sont définies comme la combinaison du Best Estimate (BE) et de la Risk Margin (RM). Le calcul du SCR (Solvency Capital Requirement) est également au cœur de ce pilier. **IL FAUT QUE JE PARLE D'AVANTAGE DE CETTE PARTIE CAR ELLE EST SUPER IMPORTANTE POUR LA SUITE DU MEMOIRE ET POUR SON UTILITE EN ALM**

Pilier 2 : Exigences qualitatives

Le Pilier 2 complète les exigences quantitatives par des exigences qualitatives en matière de gestion des risques et de gouvernance. Il requiert notamment la mise en place d'un système de gouvernance clair et bien défini, des mécanismes de contrôle interne adaptés à l'activité, et des processus efficaces pour évaluer, gérer et reporter les risques. L'évaluation interne des risques et de la solvabilité (ORSA - Own Risk and Solvency Assessment) constitue la pièce maîtresse de ce dispositif, visant à une identification globale et coordonnée des risques auxquels l'entreprise est exposée.

Pilier 3 : Transparence et reporting

Le Pilier 3 concerne la communication externe de l'assureur, imposant la transparence au travers de la publication de rapports qualitatifs (SFCR - Solvency and Financial Conditions Report, et RSR - Regulatory Solvency Report) et de rapports quantitatifs (QRT - Quantitative Reporting Templates) destinés au superviseur et parfois au public.

1.2.2 Formule interne vs formule standard

Pour le calcul du Solvency Capital Requirement (SCR), la réglementation Solvabilité 2 offre aux assureurs deux approches principales : la formule standard et le modèle interne.

Formule standard

La formule standard est une méthode prédéfinie par les régulateurs (EIOPA) qui prend en compte divers sous-modules de risques tels que le risque de marché, le risque de souscription en assurance vie et non-vie, le risque de contrepartie, etc.. Le SCR est calculé en appliquant des chocs de stress sur le scénario central pour mesurer l'impact sur le bilan (NAV). Les différents sous-modules de SCR sont agrégés à l'aide d'une matrice de corrélation fournie par le régulateur. Cette méthode est privilégiée car elle est la plus représentative de la globalité du marché.

Formule interne

Avec l'approbation des régulateurs, les entreprises peuvent développer leurs propres modèles statistiques et économétriques pour évaluer leur SCR, en fonction de leur profil de risque spécifique. Cette approche permet une mesure plus fine des risques et une allocation de capital potentiellement plus optimisée, car elle est adaptée aux spécificités de l'entreprise.

Comparaison des deux approches

Le choix entre la formule standard et le modèle interne dépend de la complexité de l'entreprise, de son profil de risque et de sa capacité à développer et à maintenir un modèle interne robuste et validé par les autorités de contrôle. La formule standard offre une approche simplifiée et harmonisée, tandis que le modèle interne permet une personnalisation et une optimisation plus poussées de l'exigence en capital. Toutefois, le développement et la validation d'un modèle interne sont des processus lourds et coûteux.

1.3 Définitions et enjeux de l'ALM

1.3.1 Définition de l'ALM

1.3.2 Enjeux pour les assureurs

1.4 Présentation du modèle ALM (pour plus tard)

1.5 Les générateurs de scénarios économiques

1.5.1 Définition et rôle

1.5.2 Exemples de générateurs utilisés

1.6 Qu'est ce qu'un model point et pourquoi on les utilise ?

1.6.1 Définition des model points

1.6.2 Utilisation dans la modélisation ALM

1.7 Impact des Réglementations sur les Portefeuilles (A mettre plus tard)

1.7.1 Analyse de l'impact des réglementations sur les structures de portefeuilles de passifs

1.7.2 Quelles sont les réglementations existantes concernant l'agrégation en MP

1.7.3 Études de cas illustrant les contraintes réglementaires

Chapitre 2

Contraintes techniques et création d'outils

2.1 Nécessité du générateur de portefeuille passif

- 2.1.1 Besoin de générer des données pour simuler un nouveau produit
- 2.1.2 Simuler différentes évolutions du business mix pour orienter politique de souscription/politique commerciale.
- 2.1.3 Simuler un portefeuille représentatif du marché ou composé des principaux concurrents pour se positionner.

2.2 Contraintes techniques associées

- 2.2.1 Mise à jour sur des outils plus récents
- 2.2.2 langage open source, permet de s'écarter des problématiques financières (coût de licence).
- 2.2.3 Travail sur des outils mis à jour fréquemment (Python, Polars).

2.3 Développement du Modèle ALM en Python

- 2.3.1 Présentation du modèle ALM développé pour Accenture
- 2.3.2 Fonctionnement du modèle et apprentissage personnel.
- 2.3.3 Limites du modèle à l'heure actuelle.

2.4 Générateur de portefeuille de passif

2.4.1 Description des contraintes techniques rencontrées

Description des contraintes techniques rencontrées dans la génération des portefeuilles.

2.4.2 Description du générateur de modèle point

2.4.3 Importance pour un cabinet de conseil et assurance des clients.

Chapitre 3

Agrégations des portefeuilles de passifs

3.1 Méthodes d'Agrégation

3.1.1 Description des Méthodes

Description technique détaillée des principales méthodes d'agrégation utilisées à ce jour (MP par âge, K-means, MP Amine, DBSCAN/HDBSCAN, distance dans l'évolution des portefeuilles).

3.1.2 Optimisation du Nombre de Model Points

Dans quelle mesure est-il possible d'optimiser le nombre de Model Points en sortie pour avoir un portefeuille léger mais représentatif ?

3.2 Tests et Analyse des Résultats

3.2.1 Présentation des Portefeuilles

Présentation des différents portefeuilles utilisés pour les tests.

3.2.2 Analyse des Résultats

Analyse des résultats obtenus et des différences de performance.

3.2.3 Choix d'un Modèle

Choix d'un modèle par rapport aux critères d'évaluation (BE, SCR, temps de calcul).

3.2.4 Compatibilité avec les Architectures Modernes

Fonctionne bien sur des architectures modernes (PC portable) ?

Chapitre 4

Tests de Sensibilités

4.1 Création de Portefeuilles de Passif Test

Les portefeuilles sont créés pour réaliser différentes sensibilités.

4.2 Description des modifications apportées au portefeuille

Choc positif et négatif sur différentes variables. Ajout d'un produit au portefeuille (nombre de lignes, stats de PM, âge, etc.).

4.3 Agrégation des portefeuilles par la méthode précédemment choisie

Analyse brève des portefeuilles agrégés. Observe-t-on les chocs sur ces agrégations ?

4.4 Analyse des Sensibilités

Analyse des résultats issus du modèle ALM en fonction des différentes modifications et sensibilités effectuées.

4.5 Interprétation des Résultats

Dans quelle mesure le générateur fonctionne bien ? Quels sont les différences observées ?

Chapitre 5

Conclusion

5.1 Résumé des résultats

5.1.1 Synthèse des principaux résultats obtenus

5.1.2 Impact des méthodes d'agrégation et des contraintes réglementaires sur les portefeuilles de passifs

5.2 Perspectives d'amélioration

5.2.1 Axes d'amélioration pour les générateurs de portefeuilles de passifs

5.2.2 Évolutions possibles des méthodes d'agrégation et de modélisation ALM

5.2.3 Autres domaines d'application des générateurs de portefeuilles de passifs

5.3 Conclusion générale