

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

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

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

Ceci est le contenu du premier chapitre. Vous pouvez écrire ici votre texte ou ajouter des sections et sous-sections.

1.1 Spécificités de l'assurance vie

L'assurance vie, au cœur des préoccupations des ménages français en matière d'épargne et de prévoyance, présente un ensemble de caractéristiques uniques 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 Dualité du produit : Épargne et Prévoyance

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.

1.1.2 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.

1.1.3 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.

1.1.4 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.

1.1.5 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.

1.1.6 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. Votre mémoire se concentre sur les passifs, et 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

1.2.1 Différents piliers

Pilier 1 : Exigences quantitatives

Pilier 2 : Exigences qualitatives

Pilier 3 : Transparence et reporting

1.2.2 Formule interne vs formule standard

Formule standard

Formule interne

Comparaison des deux approches

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