

IFRS 17 RISK ADJUSTMENT

Une étude comparative

Habib FAYE – Manager R&D Actuariat

Areski COUSIN – Enseignant chercheur

THINK SMART  ACT DIFFERENT



Sommaire



✕ Introduction

✕ Principes de calcul du Risk Adjustment IFRS17

- ▶ Principes
- ▶ Méthodes et contraintes d'estimations techniques
- ▶ Rappel des principales différences avec la Risk Margin Solvabilité 2

✕ Risk Adjustment sur contrats d'épargne participatif (approche VFA): Simulation stochastique des tables de mortalité par génération

- ▶ Résultats de l'étude de cas

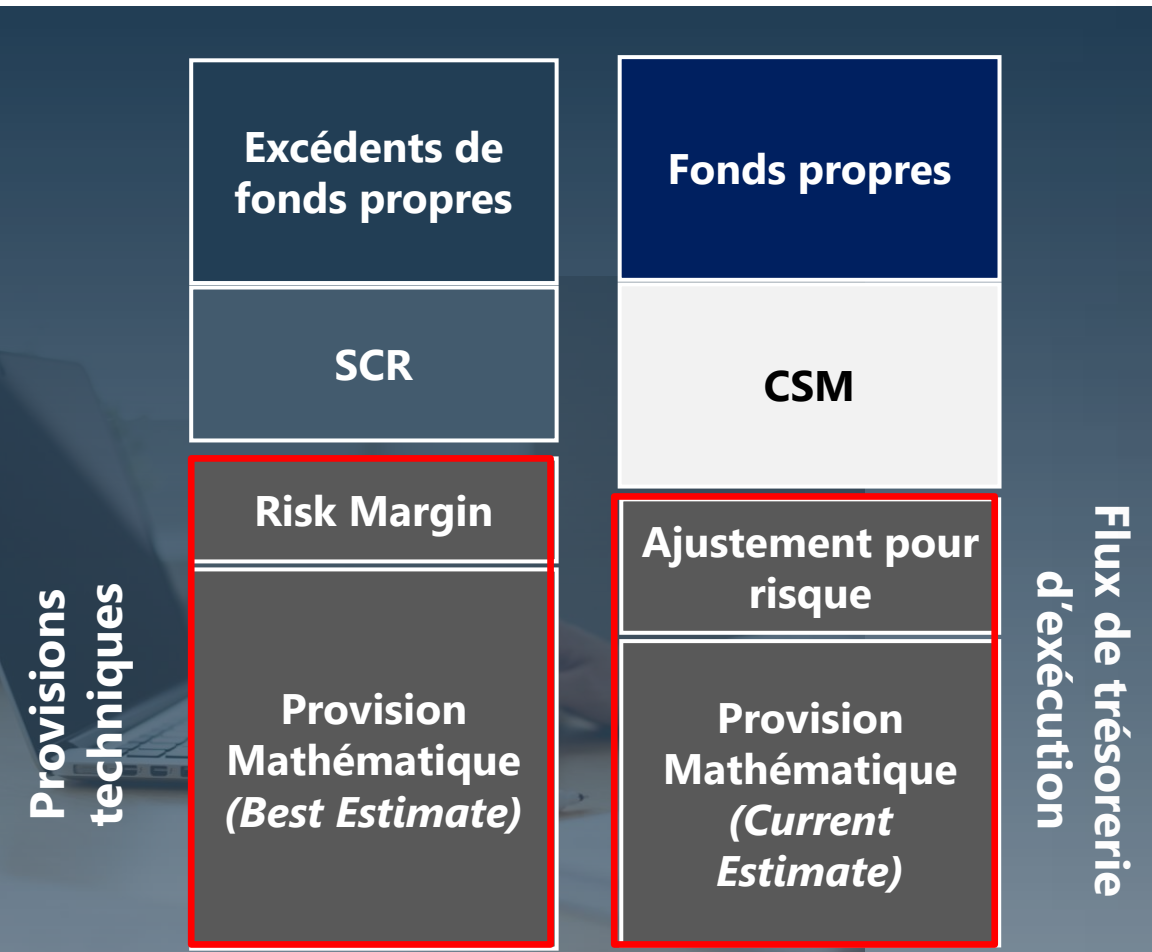
✕ Comptabilisation à la date de transition (bilan d'ouverture)

- ▶ Extension de l'étude de cas à l'estimation d'un Risk Adjustment initial

✕ Annexes

- ▶ Annexe 1 : Hypothèses de l'étude de cas
- ▶ Annexe 2 : Mortalité stochastique par régression Gaussian Process
- ▶ Annexe 3 : Comptabilisation ultérieure IFRS17

Introduction



01 ▶ Comment calculer l'ajustement au titre du risque non financier, appelé Risk Adjustment (RA) pour des contrats d'Epargne, sous approche VFA ?

02 ▶ Une fois les premières estimations établies à l'aide de méthode proxy s'appuyant sur SII, que donnerait le calcul du Risk Adjustment selon des méthodes stochastiques ?

03 ▶ Quelle méthode utiliser pour ces contrats, pour répondre aux exigences d'application rétrospective de la norme, dans le cadre du bilan d'ouverture ?

Cette question mène à établir des méthodes de projection de tables de mortalité.



THINK SMART  ACT DIFFERENT

01

Principes de calcul du Risk Adjustment IFRS17

Principes de calcul du Risk Adjustment énoncés dans la norme IFRS17 (1/2) nextialog CONSULTING

1

D'après la norme IFRS17 (§37), l'ajustement pour risque non financier Risk Adjustment (RA) représente une 'prime de risque' permettant de couvrir l'incertitude sur le montant et l'échéancier des flux de trésorerie contingents aux risques non financiers.

2

La norme (IFRS17. B91) identifie cinq principes de base à prendre en considération lors de l'estimation de l'ajustement pour le risque.

L'exposure Draft 2010 proposait les méthodes suivantes

- ▶ VaR (Value at Risk), s'appuyant sur les distributions de risque ou les calibrations de SCR déjà connues sous Solvency 2
- ▶ TVaR (Conditional Tail Expectation), nécessitant de disposer d'un jeu de simulations de scénarios extrêmes souvent dédié
- ▶ CoC (Cost of Capital), dérivée du calcul de Risk Margin sous Solvency 2, avec de nombreuses adaptations

La norme publiée en 2017 préconise une méthode fondée sur un quantile, sans s'y limiter

- ▶ Toute méthode alternative nécessite toutefois de fournir le niveau de confiance équivalent
- ▶ L'approche directe (stochastique) a encore peu été étudiée :
 - Évoquée par Addactis en 2019 pour les contrats épargne participatif (sous l'approche VFA), en complément de méthodes de conversions de SCR S2 en RA IFRS 17
 - Une méthode de calcul stochastique appliquée au RA risque de mortalité est développée infra

Croissant en fonction de la Sévérité :

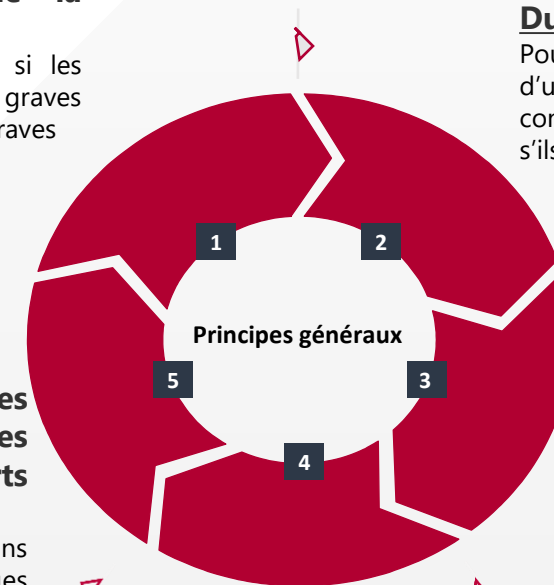
Il sera d'un montant plus élevé si les risques sont peu fréquents, mais graves que s'ils sont fréquents, mais peu graves

Croissant en fonction de la Duration :

Pour des risques similaires, il sera d'un montant plus élevé si les contrats sont de longue durée que s'ils sont de courte durée

Adaptatif en fonction des nouvelles anticipations issues de l'analyse des écarts d'expérience :

Il sera d'un montant d'autant moins élevé que les résultats techniques récents réduisent l'incertitude entourant le montant et l'échéancier des flux de trésorerie, et vice-versa



Croissant en fonction de la largeur de la distribution de probabilité :

Il sera d'un montant plus élevé si la distribution de probabilité des risques est large que si elle est étroite

Croissant en fonction de l'incertitude :

Il sera d'un montant d'autant plus élevé que l'estimation à jour et la tendance qu'elle présente comportent de nombreuses inconnues

Principes de calcul du Risk Adjustment énoncés dans la norme IFRS17* (2/2)

L'ajustement couvre



- ▶ Le risque d'assurance (biométrique)
- ▶ Les autres risques non financiers : risque de déchéance (rachat), risque de reversement, ou risque de frais (coût de gestion des contrats)

L'ajustement pour risque est spécifique à l'entité :



- ▶ Reflète l'appétence au risque de l'entité (IFRS17.B88, BC209 et BC215)
- ▶ Avec un niveau d'agrégation représentatif de sa perception de ses risques non financiers (ex : définir un quantile au niveau produit, n'est pas équivalent à définir ce même quantile au niveau d'un groupe ou de l'entité) (IFRS17.BC213b)

Niveau d'agrégation / Prise en compte de la diversification / Allocation à la maille la plus fine

- ▶ Pour bénéficier d'un effet de diversification, le RA pourra se calculer à différents niveaux
 - ▶ Contrats, portefeuilles, groupe de portefeuilles, ou entité
- ▶ Nécessite alors d'établir des méthodes pour allouer le RA à la maille la plus fine, par groupe de contrats d'assurance

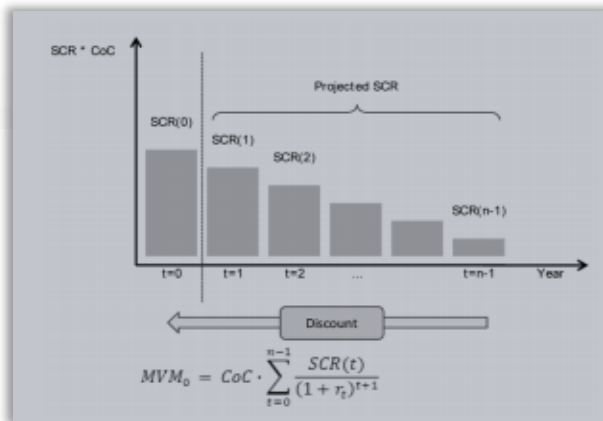
*principes décrits dans la note Nexialog (2019), 'IFRS 17 : mise en œuvre sur périmètre épargne euro' (mono-support)

URL: https://www.nexialog.com/wp-content/uploads/2019/12/IFRS_17_pargne_euro.pdf

Définition : Méthodes et contraintes d'estimations techniques

- ❑ Aucune méthode standard n'est prescrite et l'entité a le libre choix de la méthode à utiliser.
- ❑ L'entité doit publier le niveau de confiance et expliciter la méthode retenue;

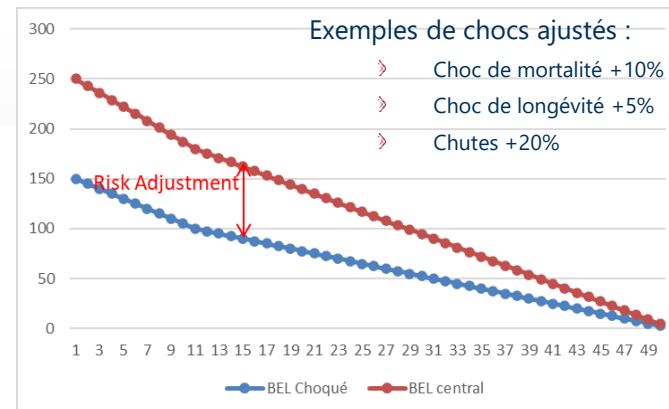
Approche par chocs



Coût du capital

La Risk Adjustment est calculée en utilisant la méthode de coût du capital => approche proposée par la formule standard pour le calcul de la Risk Margin sous S2

- ▶ Le CoC est de 6% sous S2 pour la RM, peut être différent dans le cadre du RA
- ▶ Le risque opérationnel n'est pas pris en compte dans le calcul du RA.



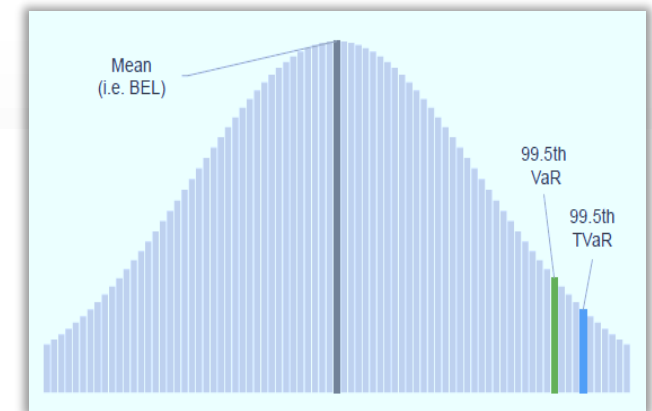
Proxy de la formule standard

Le Risk Adjustment s'obtient en appliquant un choc des risques non-financiers sur le Best Estimate

Méthode la plus simple à mettre en œuvre

- ▶ Nécessite de pouvoir montrer le niveau de confiance équivalent
- ▶ Choix des chocs à appliquer (niveau et sélection des risques)
- ▶ Conserver les principes définis sous IFRS17

Méthode quantile



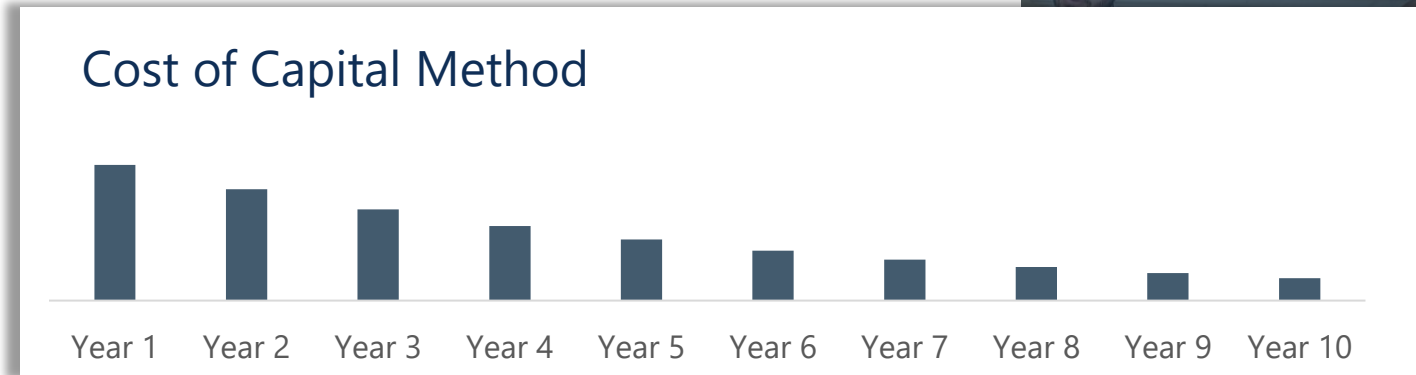
Le Risk Adjustment est défini comme la VaR ou TVaR avec un niveau de confiance à définir (par exemple 75%);

- ▶ Cette approche est similaire à celle du calcul du capital économique sous S2 avec un niveau de confiance de 99.5%.

Méthodes de calcul du Risk Adjustment IFRS17

Cost of Capital

$$\text{Risk Adjustment} = \text{COC Rate} \times \sum_{t=0}^n \frac{\text{Capital}_t}{(1 + \text{discount rate}_t)^{t+1}}$$



En cas de réemploi de la Risk Margin Solvabilité 2, des adaptations sont requises pour calculer le Risk Adjustment, parmi lesquelles :

- ▶ **Composantes de risque** : Seulement les risques non-financiers inclus (revient à retirer les risques de marchés non-hedgeable et les risques opérationnels non liés aux contrats d'assurance)
- ▶ **Approche** : Run-off ou continuité d'exploitation
- ▶ **Assurance/Réassurance** : Séparer la Risk Margin des contrats d'assurances et des contrats de réassurance
- ▶ **Taux d'actualisation** : Mise en cohérence de la courbe de taux sans risque avec les passifs
- ▶ **Diversification groupe** : Prise en compte de la diversification au niveau groupe, et allocation aux entités
- ▶ **Allocation** : Allocation de la Risk Margin aux groupes de contrats (méthode proportionnelle, marginale, Shapley (marginale améliorée), Euler, Aumann-Shapley...)
- ▶ **Niveau de confiance** : Détermination et choix du niveau de confiance associé à ce calcul

Méthodes de calcul du Risk Adjustment IFRS17

Cost of Capital : Rappel des principales différences avec la Risk Margin Solvabilité 2

Sujet	Risk Margin - Solvency 2	Risk Adjustment - IFRS17
Principe économique	<ul style="list-style-type: none"> Mesure de la marge de prudence requise en vue d'un transfert de portefeuille vers une autre compagnie 	<ul style="list-style-type: none"> Capital mobilisé, du point de vue de l'assureur, pour couvrir l'incertitude des montants et du timing des cash-flow futurs générés par les risques non-financiers
Méthode	<ul style="list-style-type: none"> Méthode du coût du capital 	<ul style="list-style-type: none"> Pas de méthodes prescrites Nécessité de communiquer sur le quantile correspondant au niveau du RA retenu
Calibration	<ul style="list-style-type: none"> Cost of Capital prescrit (6%) Courbe de taux d'actualisation prescrite SCR prescrit 	<ul style="list-style-type: none"> Possibilité de calibrer tous les paramètres de la méthode choisie
Périmètre des contrats et limites	<ul style="list-style-type: none"> Date de signature du contrat, prise en compte des primes futures sauf droit unilatéral de l'assureur de résilier/re-tarifer 	<ul style="list-style-type: none"> Date de début de la couverture, prise en compte des primes futures tant que l'entité peut exiger le paiement de la prime, ou tant que l'entité est obligée de rendre le service
Granularité	<ul style="list-style-type: none"> Line of Business 	<ul style="list-style-type: none"> Portefeuille / Rentabilité / Génération Utilisé pour le test des contrats onéreux
Périmètre des risques	<ul style="list-style-type: none"> Risque de souscription Risque de marché résiduel, si significatif, sauf le risque de taux Risque de contrepartie (relatif aux engagements d'assurance) Risque opérationnel 	<ul style="list-style-type: none"> Risques non-financiers associés aux contrats d'assurance Exclusion explicite : Risque opérationnel non associé aux contrats d'assurance et risque de marché
Bénéfices de diversification	<ul style="list-style-type: none"> Reflète le niveau de diversification de l'assureur au niveau de l'entité 	<ul style="list-style-type: none"> Possibilité de prendre en compte la diversification au niveau du groupe
Réassurance	<ul style="list-style-type: none"> L'évaluation est réalisée en tenant compte d'une risk margin nette de réassurance 	<ul style="list-style-type: none"> Ajustement pour la réassurance acceptée Ajustement pour la réassurance cédée
Perspective économique de projection	<ul style="list-style-type: none"> Run-Off, pour répondre à une optique de transfert de portefeuille 	<ul style="list-style-type: none"> Choix possible : continuité d'exploitation ou run-off

Méthodes de calcul du Risk Adjustment IFRS17

Méthode quantile (stochastique)

✘ S'appuie sur une mesure de risque :

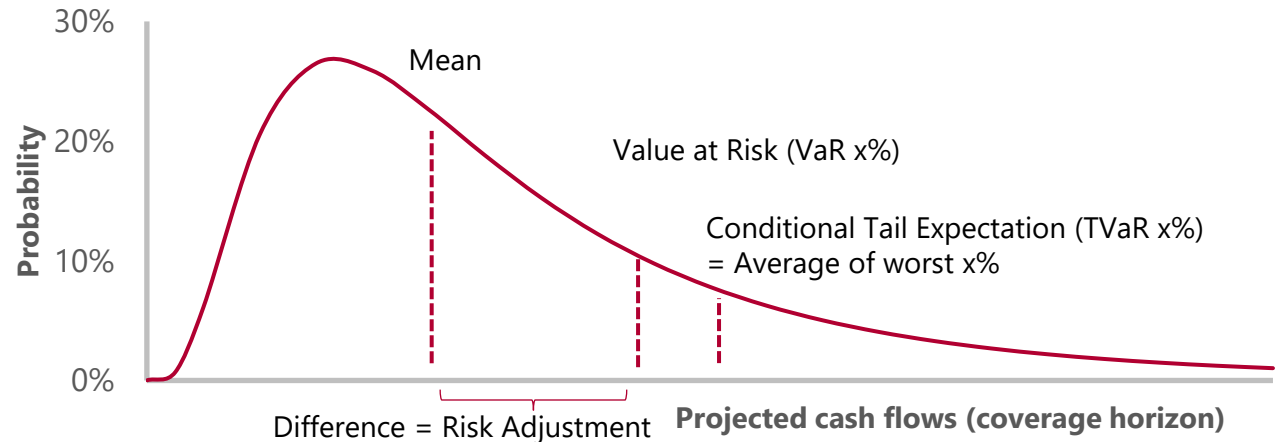
- ▶ VaR ou TVaR
- ▶ Avec un « niveau de confiance » (ex. : 80%)

✘ Nécessite de projeter les risques non-financiers jusqu'à l'horizon de couverture

- ▶ Traduction des scénarios de risque non-financiers sur les flux de trésorerie futurs, à l'aide d'un modèle ALM
- ▶ Estimation d'une VaR ou TVaR empirique sur la distribution des flux futurs actualisées

✘ Value at Risk :

- ▶ Plus simple
- ▶ Mesure déjà utilisée sous Solvabilité 2



✘ TVaR :

- ▶ Moyenne des scénarios extrêmes
- ▶ Mesure de risque cohérente (sous-additive) qui capture mieux les valeurs extrêmes

Méthodes de calcul du Risk Adjustment IFRS17

Avantages / Inconvénients



Approche par Chocs

✕ Avantages

- ▶ L'utilisation de cette méthode donne l'avantage de capitaliser sur le process S2 existant pour le calcul de la Risk Margin;
- ▶ Les concepts sont familiers avec S2 et elle est cohérente avec le pricing.

✕ Inconvénients

- ▶ Cette méthode requiert un certain nombre d'hypothèses à justifier : le choix du discount rate, le ratio CoC , les drivers (Passage d'une vision du risque à 1an à une vision à l'ultime) et le niveau de capital requis pour soutenir le business;
- ▶ Les résultats du RA obtenus seront plus volatiles que l'approche VaR à cause de ces hypothèses (ce qui est le cas actuellement avec la RM en environnement taux bas);
- ▶ Nécessité de publier en annexe un indicateur de quantile équivalent;



Approche par Quantile

- ▶ L'avantage de retenir cette méthode est de capitaliser sur le process de calcul du SCR en modèle interne;
- ▶ Absence de double processus pour la production des annexes concernant le quantile équivalent;
- ▶ Prise en compte direct de la vision à l'ultime
- ▶ L'utilisation de la TVaR fournit une indication sur la queue de la distribution et par conséquent un meilleur indicateur pour la RA.

- ▶ L'ultime peut ne pas être le même pour tous les groupes de contrats

Autres approches possibles



Méthode 1 : Approches proxy, dérivées des calculs S2 (source Addactis)

- Pour un risque r (mortalité, longévité, ...), idéalement, il serait pratique de déterminer un ajustement tel que

$$RA_r = Adj(\text{horizon}, \text{level}, \text{measure}, \text{volume}, \text{granularity}) \cdot SCR_r$$

$$Delta_{x,t}^{IFRS} = \frac{q_\alpha}{q_{0,5\%}} \times \sqrt{t} \times Delta_{x,t}^{S2}$$



Méthode 2 de simplification adaptée du calcul de la marge de risque de la FS

- Une seule étape:
- Estimation de la somme actualisée des SCR futurs en utilisant la durée modifiée des passifs d'assurance comme facteur d'échelle (ex : écoulement des BE)

$$RA = CoC \cdot \text{Pondération (duration)} \cdot SCR$$



Méthode 3 de simplification adaptée du calcul de la marge de risque de la FS

- Estimation approximative de la marge de risque en la calculant comme un pourcentage de la meilleure estimation. Approche très simpliste qui nécessite des conditions difficiles à remplir et qui ne peut être utilisée que s'il est démontré qu'aucune des approches précédentes ne peut être appliquée

$$RA = CoC \cdot x\% \cdot \text{Current Estimate}$$

THINK SMART  ACT DIFFERENT

02

Risk Adjustment sur contrats d'épargne participatif (approche VFA) :

Simulation stochastique des tables de mortalité par génération

Risk Adjustment sur contrats d'épargne participatif (approche VFA) :

Présentation du modèle ALM



Actif

- ▶ Partie actif composée d'actions (10%, modèle Heston) et d'obligations zéro-coupon (90%, modèle G2++, courbe de taux ZC de l'Etat français au 31 janvier 2017)
- ▶ Réallocation des actifs à chaque période, pour conserver la répartition cible 10%/90%



Passif

- ▶ S'appuie sur une modélisation de 10 poches de contrats mono-supports libellés en euros, bénéficiant d'une PB réglementaire simplifiée (90% du rendement financier) et tenant compte de TMG
- ▶ Entrées : cotisation initiale, primes périodes programmées, versements libres (sous forme de rachats dynamiques négatifs), revalorisation de la PM
- ▶ Sorties : prestation décès, rachats conjoncturels et structurels, chargement sur encours et frais



Rachats

- ▶ Rachats structurels (lois de rachats partiels et totaux), appréhendant l'antériorité fiscale des contrats
- ▶ Rachats conjoncturels (loi de rachat suivant QIS 5), dépendant de l'incitation du souscripteur à racheter son contrat en cas de présence d'un taux plus concurrentiel sur le marché par rapport au taux servi

Estimation des Current Estimate et Risk Adjustment dans l'approche stochastique

Current Estimate

$$CE_t = \mathbb{E}^{\mathbb{P} \otimes \mathbb{Q}} \left[\sum_{s>t} \delta_s \times Flux_s(Y_s^F, Y_s^{NF}) \right]$$

- ▶ Le Current Estimate est calculé en diffusant les scénarios de risques financiers et en figeant les risques non-financiers à un scénario central (tables déterministes)

Ajustement pour risque non-financier

$$RA_t = m^{\mathbb{P}} \left[\mathbb{E}^{\mathbb{Q}} \left(\sum_{s>t} \delta_s \times Flux_s(Y_s^F, Y_s^{NF}) \mid \mathcal{G}_{\infty} \right) \right]$$

$$RA_t \approx m^{\mathbb{P}} \left[\sum_{s>t} \delta_s \times Flux_s(\bar{Y}_s^F, Y_s^{NF}) \right]$$

- ▶ Identification d'un scénario équivalent des risques financiers \bar{Y}_s^F répliquant le Current Estimate
- ▶ Calcul du RA en diffusant les risques non-financiers

Plus simplement :

$$RA_t = Var_{\alpha}^{\mathbb{P}} [\dots] - CE_t$$

Les techniques d'optimisation de Simulations dans les Simulations pourraient être envisagées alternativement

\mathbb{Q} Mesure de probabilité des risques financiers
 \mathbb{P} Mesure de probabilité des risques non-financiers
 \mathcal{G}_{∞} Filtration des risques non-financiers
 δ_s Facteur d'actualisation

$Flux_t(Y_t^F, Y_t^{NF})$: flux au cours de l'année t en fonction des risques financiers Y_t^F et des risques non-financiers Y_t^{NF}
 $m^{\mathbb{P}} = Var_{\alpha}^{\mathbb{P}} - \mathbb{E}^{\mathbb{P}}$: Mesure de risque sous \mathbb{P}

Calcul du RA par Monte-Carlo

Simulation Monte Carlo :

- ▶ n scénarios de risques non financiers Y^{NF}
- ▶ m scénarios de risques financiers Y^F
 - ▶ Path-freezing des risques financiers à un scénario répliquant le CE

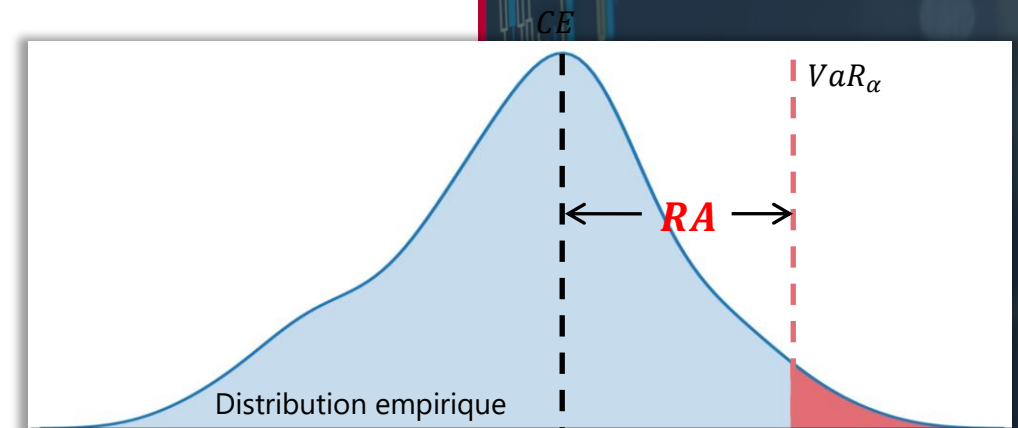
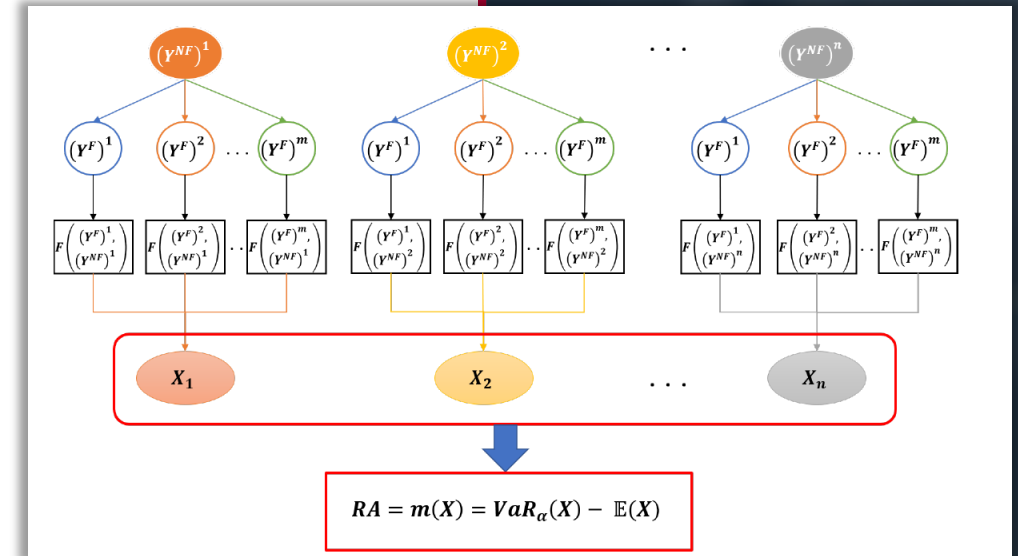
Simulation des scénarios de risques non-financiers :

Risque de Décès

Risque de Rachat structurel

Le modèle ALM génère n scénarios de flux de trésorerie futurs actualisés

La distribution empirique des flux futurs actualisés peut être construite et un quantile peut être estimé, pour le niveau d'aversion au risque retenu



Projection de la mortalité stochastique à partir d'une table par génération

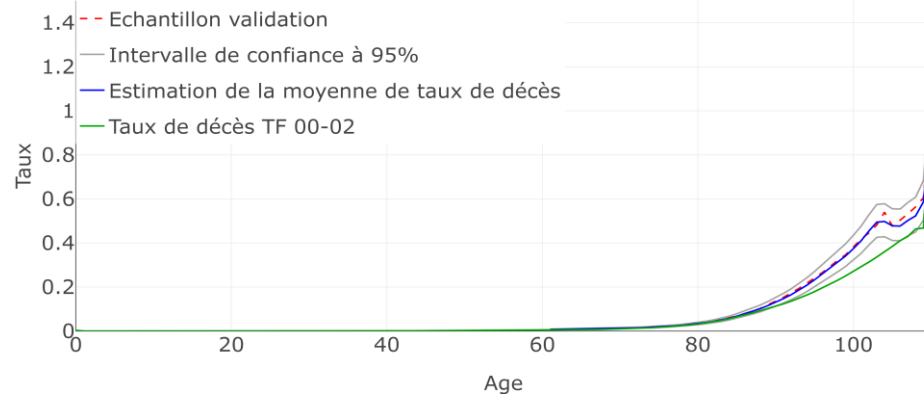
Mise en œuvre d'une approche type régression Gaussian Process, pour la projection stochastique de la surface de mortalité française, avec les principales étapes :

- ▶ Données de mortalité de la population française entre 1995 et 2016, extraites de la plateforme *The Human Mortality Database*
- ▶ Comparaison de plusieurs modèles de projection (Gaussian Process, *Lee Carter-Random Forest*, resampling Binomiale du nombre de décès à partir de la table TF00-02)
- ▶ Sélection des modèles, à l'aide de critères de qualité (intervalles de confiance, RMSE ou log de vraisemblance)
- ▶ Simulations stochastiques de la mortalité future
- ▶ Branchement des scénarios de mortalité dans le modèle ALM afin de projeter les flux futurs
- ▶ Déduction de la valeur des Current Estimate et Risk Adjustment

Le modèle Gaussian Process appliqué à la projection des tables de mortalité est détaillé en annexe

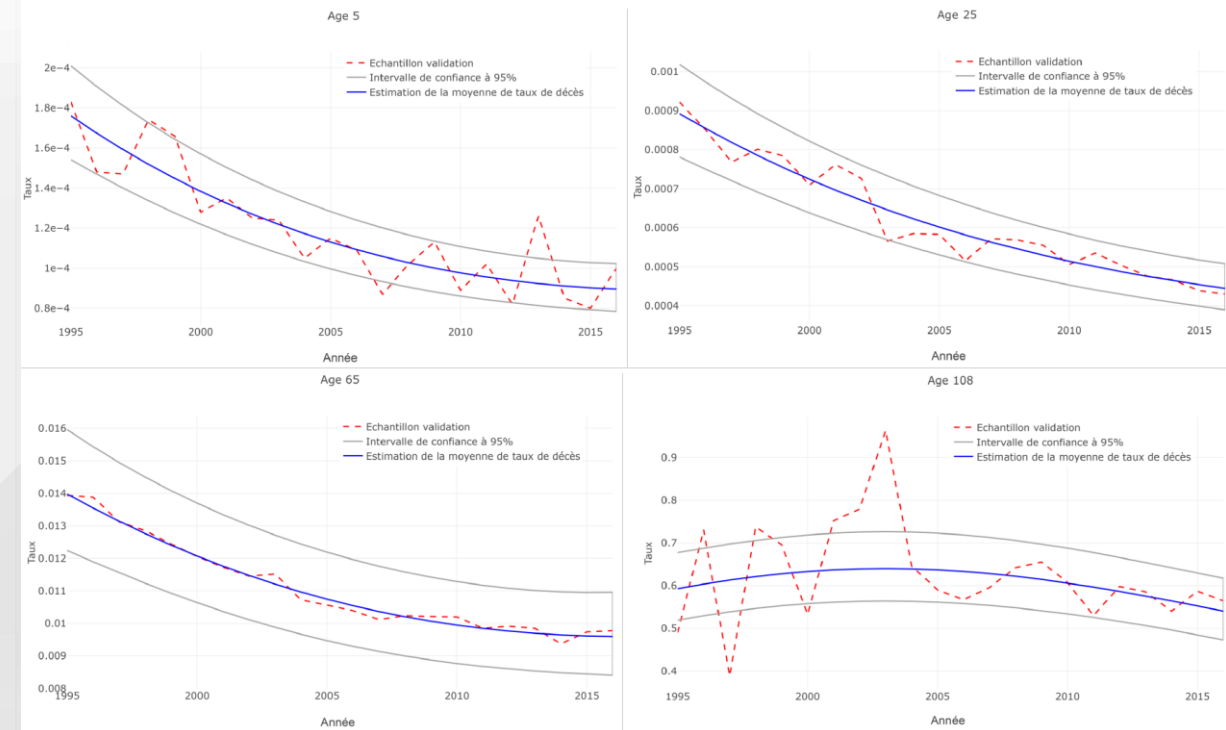
Estimation des surfaces de mortalité par régression Gaussian Process

Fig. 1 : Taux de décès par âge pour l'année 2016



- ▶ La Figure 1 permet de valider les hypothèses du paramétrage de la régression à partir de l'échantillon de validation. Les taux de mortalité sont plus prudents que la table TF 00-02.
- ▶ En Figure 2, illustration de l'intervalle de confiance de la projection comparé à l'échantillon de validation
- ▶ La méthode Gaussian Process permet de capturer une corrélation des taux de décès par génération

Fig. 2 : Taux de décès par année, pour les âges 5, 25, 65 et 108 ans, sur la période 1995-2016



THINK SMART  ACT DIFFERENT

03

Résultats de l'étude de cas

Comparatif des RA obtenus par les **approches stochastiques** et par **l'approche par choc**

Risk Adjustment à la date de transition, pour différents Model Points

in EUR				Risk Adjustment				
MP	Age	Current Estimate (CE)	Indicateurs de fiabilité du CE	méthode chocs	méthode Gaussian Process	méthode Lee Carter Random Forest	méthode TF02	ratio RA(GP) / CE
1	5	438 966	0,00%	1 416	1 273	1 287	1 293	0,29%
2	12	224 694	-0,01%	1 097	1 101	1 128	1 112	0,49%
3	24	243 404	-0,01%	1 238	1 144	1 154	1 181	0,47%
4	35	137 424	-0,02%	855	907	934	960	0,66%
5	46	253 766	-0,02%	939	1 954	1 973	2 025	0,77%
6	52	495 303	-0,02%	982	6 538	6 788	7 180	1,32%
7	61	88 000	0,00%	779	220	230	247	0,25%
8	73	52 333	0,01%	155	314	321	442	0,60%
9	81	67 500	0,00%	66	108	105	168	0,16%
10	91	187 000	0,01%	419	187	172	356	0,10%
Total avant div.	38,7	2 188 390		7 946	13 746	14 092	14 964	0,63%
Diversification*					-2 738			
Total*					11 008			0,50%

*Suppose que le groupement par cohorte applique sur une intervalle de deux ans (au lieu d'un an selon la norme)

3 Méthodes de modélisation des tables de mortalité par génération prospectives (n=10'000 simulations) :

- ▶ **Random Forest** : RA évalué par simulation des taux de décès dans le modèle Lee-Carter Random Forest et tirage binomial de nombre de rachats structurels
- ▶ **TF02** : RA évalué par ré-échantillon binomial de nombre de rachats structurels et de nombre de décès, le taux de décès central suit la table TF-02
- ▶ **Gaussian Process** : RA évalué par la simulation d'une surface de mortalité multi-normale et tirage binomial des rachats structurels.

Diversification par regroupement par cohorte de deux ans

in EUR		Risk Adjustment		
Groupe par cohorte	Groupe par rentabilité	Total avant div.	Diversification effect*	Aggregation par groupe
2007 – 2009	moyenne	642	-244	398
2010 – 2012	déficitaire	2 245	-666	1 579
2013 – 2015	déficitaire	1 273	0	1 273
	moyenne	907	0	907
	haute	8 679	-1828	6 851
Total		13 746	-2 738	11 008

Préférence pour la méthode Gaussian Process dans le cadre de cette étude (suite à l'étape de sélection finale)

- **Avant diversification**, le Risk Adjustment représente 0,63% du Current Estimate.
- **Après diversification**, le Risk Adjustment pourrait représenter 0,50% du Current Estimate

THINK SMART ✕ ACT DIFFERENT

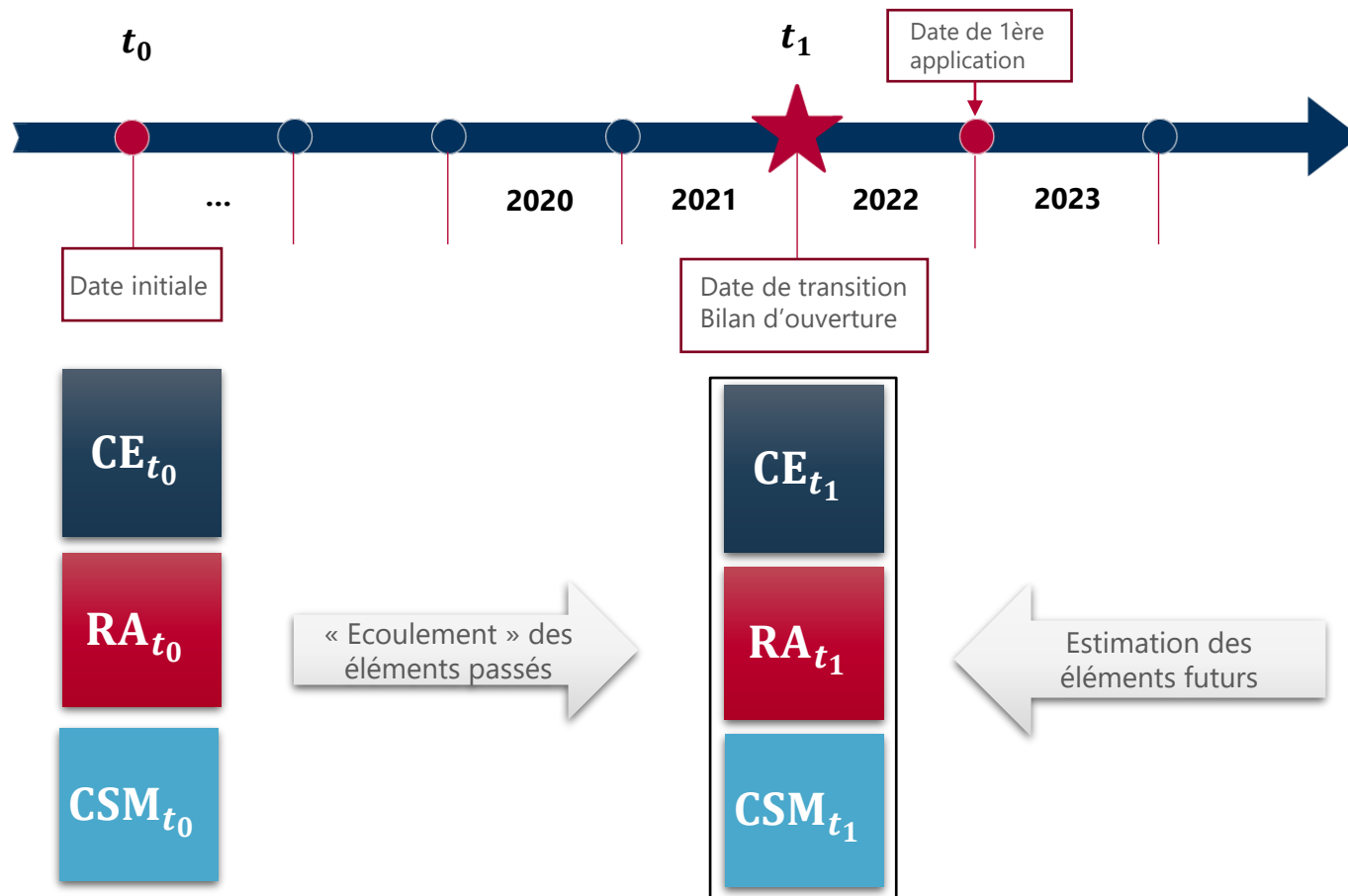
04

Comptabilisation à la date de transition
(bilan d'ouverture)

Comptabilisation à la date de transition (bilan d'ouverture)

Extension de l'étude de cas à l'estimation d'un Risk Adjustment initial

✕ Comptabilisation à la date de transition



- La transition vers IFRS 17 nécessite d'appliquer la norme rétrospectivement, quand cela est possible
- Les 3 méthodes définies par la norme sont rappelées dans le slide suivant
- **L'étude de cas étend la réflexion à une méthode d'estimation du Risk Adjustment initial RA_{t_0} par régression, en utilisant l'approche Gaussian Process**
- **Cette extension couvre par exemple le cas des groupes de contrats qui n'auraient pas d'équivalents encore commercialisés à la date de transition**
- Elle se place en prolongement de l'approche rétrospective modifiée de la norme
- Il s'agit d'une extension de l'étude de cas dans le sens où l'estimation du Risk Adjustment initial RA_{t_0} s'appuie sur la projection des Risk Adjustments après la date de transition $RA_{t_1}, \dots, RA_{t_n}$ (n années de simulations)

Approches de transition vers IFRS 17



- ▶ Doit être appliquée en priorité.
- ▶ Requier les données historiques et hypothèses complètes à partir de la date initiale.
- ▶ Permet de construire le bilan initial et réaliser la comptabilisation ultérieure jusqu'à la date de transition.

À défaut



- ▶ Constitue une approximation de l'approche rétrospective directe dans le cas où celle-ci ne peut pas être appliquée en raison d'un manque de données accessibles.
- ▶ Effectue certaines estimations sur les éléments passés.

À défaut



- ▶ On ne prend pas en considération les éléments passés comme pour l'approche rétrospective.
- ▶ On calcule la CSM comme la différence entre la juste valeur des sous-jacents et les FCFs.

Illustration d'une mise en œuvre possible de l'extension de la méthode

- ▶ Extrapolation vers le passé des Risk Adjustment à partir des informations disponibles à la date de transition.
- ▶ L'estimation du RA en date de comptabilisation initiale est nécessaire dans le cadre de la méthode rétrospective modifiée.
- ▶ Extrapolation par régression Gaussian Process (GP)

Fonction moyenne linéaire

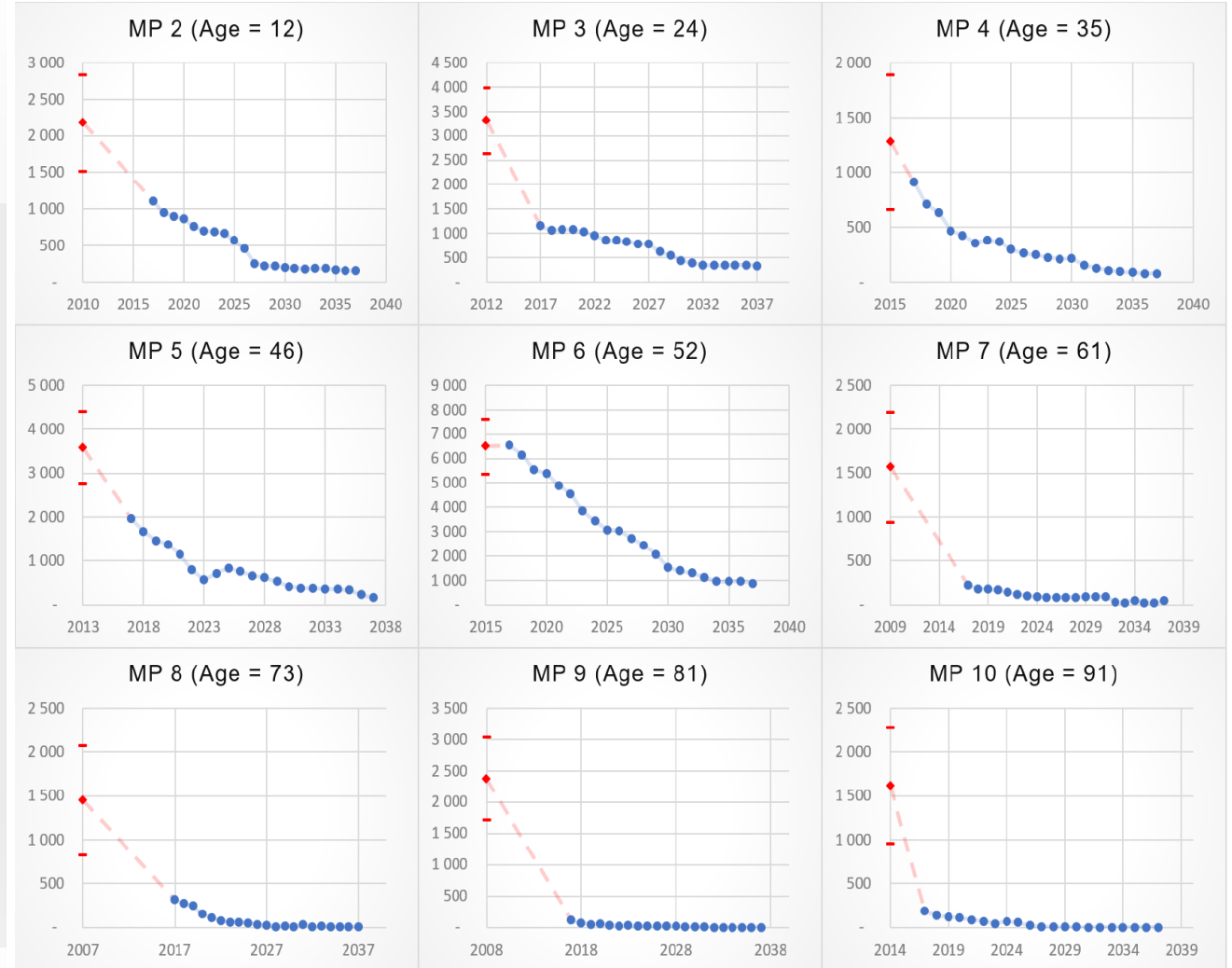
$$m(x^i) = \beta_0 + \beta_1 CE^i + \beta_2 Annee^i + \beta_3 Age^i + \beta_4 Nbcontrat^i + \sum_{k=1}^9 \gamma_k MP_index_k^i$$

Fonction de covariance linéaire : $k(x^i, x^j) = \eta_1^2 (x^i)^T x^j + \eta_2^2$

Variance de vraisemblance : $\Sigma = \sigma^2 I_n$

- ▶ Les projections respectent les axiomes inscrits dans la norme, notamment la décroissance en fonction de la maturité.
- ▶ La qualité de l'estimation pourrait être améliorée avec un portefeuille plus important

RA en date initiale après extrapolation par GP



Merci pour **votre** **attention!**



Des Questions?



THINK SMART  ACT DIFFERENT

05

Annexes

Annexe 1 : Hypothèse de l'étude de cas

Caractéristiques des contrats modélisés au passif

Caractéristiques du contrat	Model Points										Total	Moyenne pondérée par les encours
	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4	MP 5	MP 6	MP 7	MP 8	MP 9	MP 10		
Date de souscription	2014	2010	2012	2015	2013	2015	2009	2007	2008	2014		
Age à la souscription	2	5	19	33	42	50	53	63	72	88		
Nb Contrat à la souscription	800	500	900	400	720	750	470	400	600	300	5840	
Cotisation initiale	720	1000	500	400	380	750	500	600	550	1500		
Prime annuelle	-	-	-	30	50	100	-	-	-	-		
Prime annuelle Duration	-	-	-	8	19	11	-	-	-	-		
TMG	0,00%	1,00%	0,50%	0,00%	0,50%	0,00%	1,00%	2,00%	1,50%	0,00%		0,34%
TMG Duration	0	5	4	0	5	0	7	7	4	5		
Nb Contrat à la date de transition	677	309	604	354	556	647	262	168	256	162	3995	
	394	201	220	139	264	541				193		
PM à la date de transition	779	996	029	303	914	746	81 234	50 561	68 275	289	2 156 126	
Age à la date de transition	5	12	24	35	46	52	61	73	81	91		40



Hypothèses sur les frais et chargements :

- ▶ Frais de gestion : 10 euros par an.
- ▶ Frais financiers : 5% sur la production financière de l'exercice.
- ▶ Chargement d'acquisition : 0%
- ▶ Chargement sur encours : 1,5% sur la provision mathématique au début d'année.
- ▶ Chargement sur production financière : 0,5% sur le production financière issue de la PM

Hypothèses de l'approche par chocs pour le calcul du RA

Calcul du RA total (indépendance risque mortalité et rachat)

$$\text{▶ } RA_{total} = \sqrt{RA_{mortalite}^2 + RA_{rachat}^2}$$

RA par composante de risque non-financier

$$\text{▶ } RA^k = CE^k - CE$$

Choc sur le facteur de risque k, après ajustement du choc de la formule standard :

$$\text{▶ } \Delta_k^{IFRS} = \frac{q_\alpha}{q_{99,5\%}} \sqrt{T} \Delta_k^{S2}$$

Niveau d'aversion au risque du RA

$$\text{▶ } \alpha = 95\%$$

Choc de mortalité de la formule standard

$$\text{▶ } \Delta_{mortalite}^{S2} = 15\%$$

Choc de rachat de la formule standard

$$\text{▶ } \Delta_{rachat}^{S2} = 50\%$$

Hypothèses de l'approche stochastique de calcul du RA

Hypothèses supplémentaires

- ▶ Risque de rachat structurel \perp Le risque de mortalité

Utilisation d'un rééchantillonnage (bootstrap) binomial pour simuler le rachat structurel

- ▶ $RS_t \sim \text{Binomiale}(N_{t-1}, \widehat{tr}s_t)$

Diffusion du taux de décès par processus gaussien

- ▶ $q \sim \exp(\mathcal{G}\mathcal{P})$

Les contrats restants à la fin d'année t

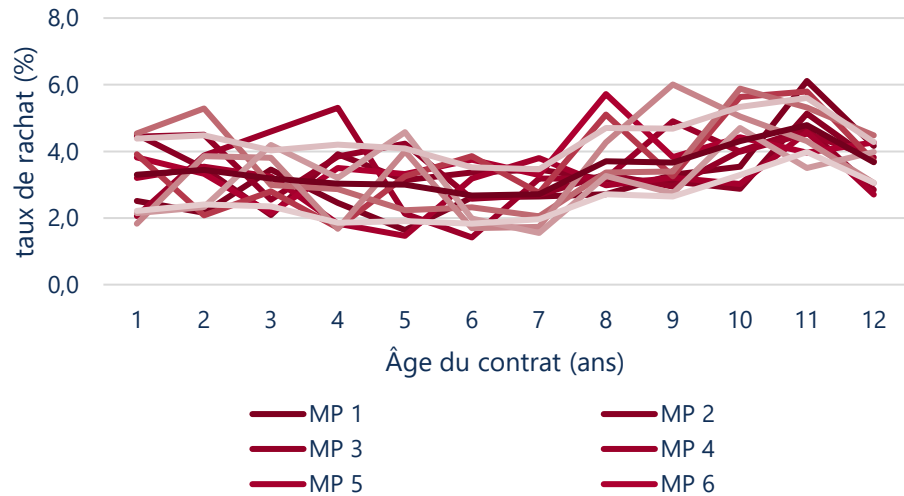
- ▶ $N_t = N_{t-1} - RS_t - N_{t-1} \times (\widehat{tr}c_t + q)$

$\widehat{tr}s_t$ et $\widehat{tr}c_t$ sont respectivement les taux de rachats structurels et conjoncturels (déterministes, c.f slides suivants)

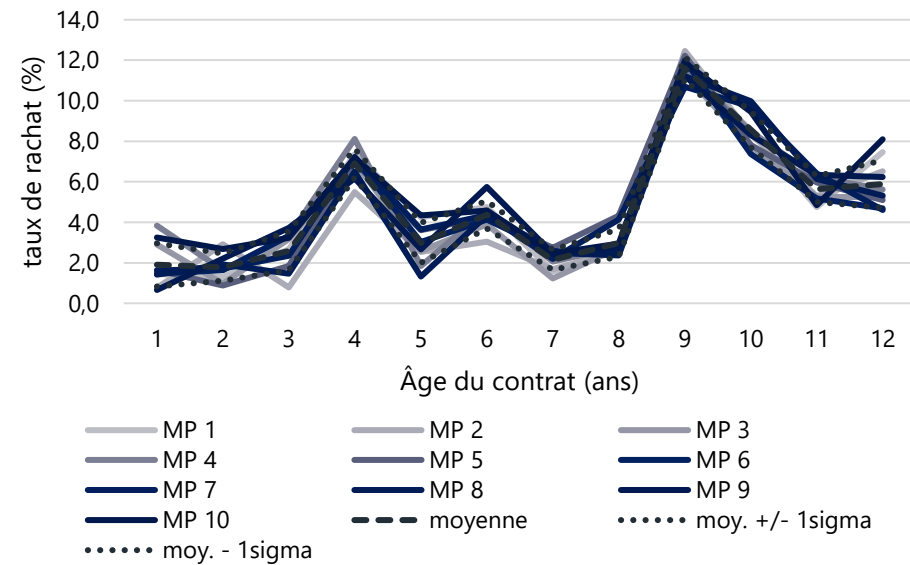
Caractéristiques des contrats modélisés au passif

Taux de rachats structurels

✕ Rachats totaux



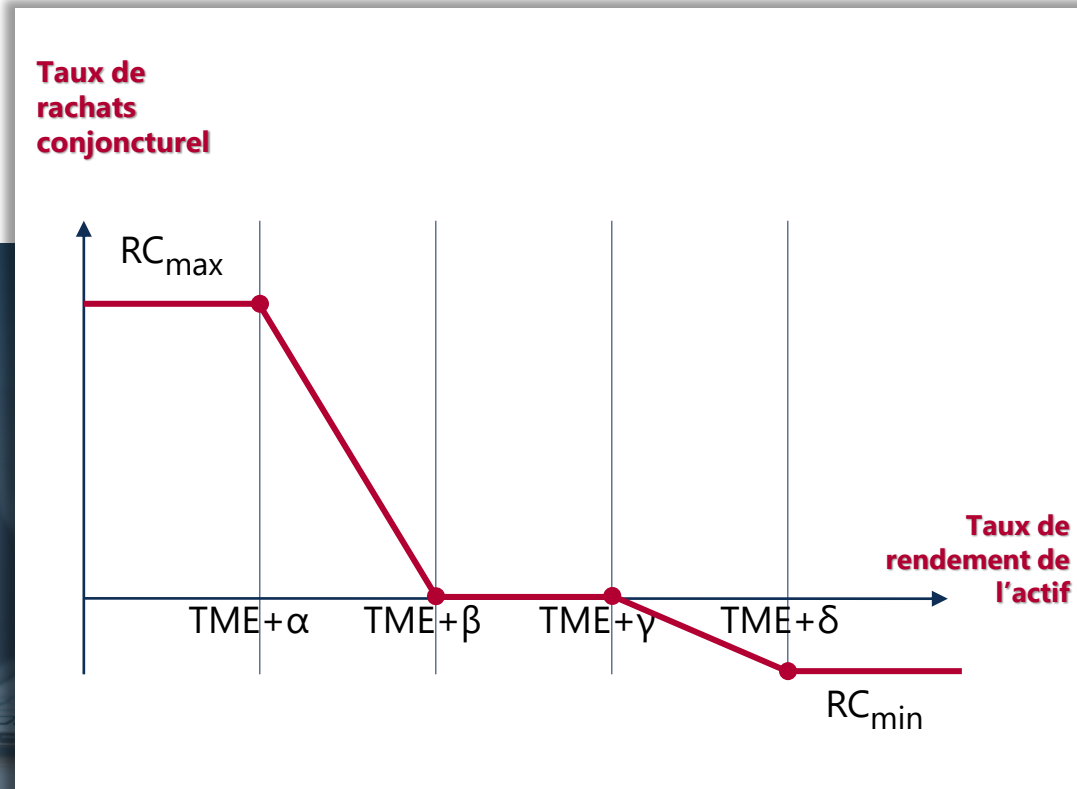
✕ Rachats partiels



► Reflète la sensibilité des chutes à l'antériorité fiscale (**4ans, 8 ans**).

Caractéristiques des contrats modélisés au passif

Taux de rachats dynamiques



- Les rachats conjoncturels correspondent uniquement à des rachats totaux et représentent la sensibilité de l'assuré à l'environnement concurrentiel (Livret A, nouveaux fonds).

✕ Paramètres dans le cadre de l'étude :

	α	β	γ	δ	RC_{\min}	RC_{\max}
Plafond max	-4%	0	1%	4%	-4%	40%
Plafond min	-6%	-2%	1%	2%	-6%	20%
Choix de l'étude	-5%	-1%	1%	3%	-6%	35%

- Dans cette étude, on définit le TME par le rendement de l'obligation France 10 ans à la date de calcul et cette valeur reste constante dans toute la projection.
- Les rachats négatifs correspondent à des versements, avec probablement un biais (les versements ne devraient pas engendrer de nouveau contrat).

Annexe 2: Modèle Gaussian Process appliqué à la projection des tables de mortalité

Régression par processus gaussien (Gaussian Process - GP)

On se place dans le cadre de la statistique bayésienne et on suppose -a priori- que la fonction f à approcher suit un processus gaussien.

- ▶ Ensuite, on postule une fonction f sous la forme ci-dessous, étant donné un ensemble d'observations de f possiblement bruité

$$y = f(\mathbf{x}) + \epsilon, \quad \epsilon \stackrel{\text{iid}}{\sim} \mathcal{N}(0, \sigma_{\text{noise}}^2)$$
$$f \mid \mathbf{x} \equiv f(\mathbf{x}) \sim \mathcal{N}(m(\mathbf{x}), k(\mathbf{x}, \mathbf{x}))$$

- ▶ Avec la fonction moyenne m et le noyau de covariance k , en prenant par exemple :

Fonction moyenne linéaire : $m(x) = w^T x$

Squared exponential kernel : $k(x_i, x_j) = \eta^2 \exp\left(-\frac{\|x_i - x_j\|^2}{2\theta^2}\right)$

Les paramètres du modèle : \mathbf{w}

Les hyperparamètres du modèle $\Theta = (\theta, \eta, \sigma_{\text{noise}})$

- La covariance est d'autant plus forte (et proche du facteur d'amplitude η^2) que les les inputs sont proches
- Θ : facteur d'échelle permet de spécifier la largeur de la zone de covariance (θ grand = « smoother surfaces » : les corrélations sont moins localisées)
- σ : écart-type du bruit des observations

Régression par processus gaussien (Gaussian Process – GP) - Suite

Considérons un ensemble de données $D = (X, y)$

Sous inférence bayésienne, on a : $P(f|y, X) = \frac{P(y|f, X) \times P(f|X)}{P(y|X)}$




- ▶ Calibrage des hyperparamètres par maximum de vraisemblance marginale.
- ▶ Calibrage des paramètres par maximum de vraisemblance.
- ▶ Pour un nouveau « point » de test x_* , la réponse attendue a posteriori se formule :

$$f_*(\mathbf{x}_*) \equiv f_* | \mathbf{x}_*, \mathbf{X}, \mathbf{y} \sim \mathcal{N}(m_*(\mathbf{x}_*), k_*(\mathbf{x}_*, \mathbf{x}_*))$$

- ▶ Avec : $m_*(\mathbf{x}_*) = m(\mathbf{x}_*) + k(\mathbf{x}_*, \mathbf{X})^T [k(\mathbf{X}, \mathbf{X}) + \mathbf{I}\sigma_{noise}^2]^{-1} \mathbf{y}$
 $k_*(\mathbf{x}_*, \mathbf{x}_*) = k(\mathbf{x}_*, \mathbf{x}_*) - k(\mathbf{x}_*, \mathbf{X})^T [k(\mathbf{X}, \mathbf{X}) + \mathbf{I}\sigma_{noise}^2]^{-1} k(\mathbf{X}, \mathbf{x}_*)$

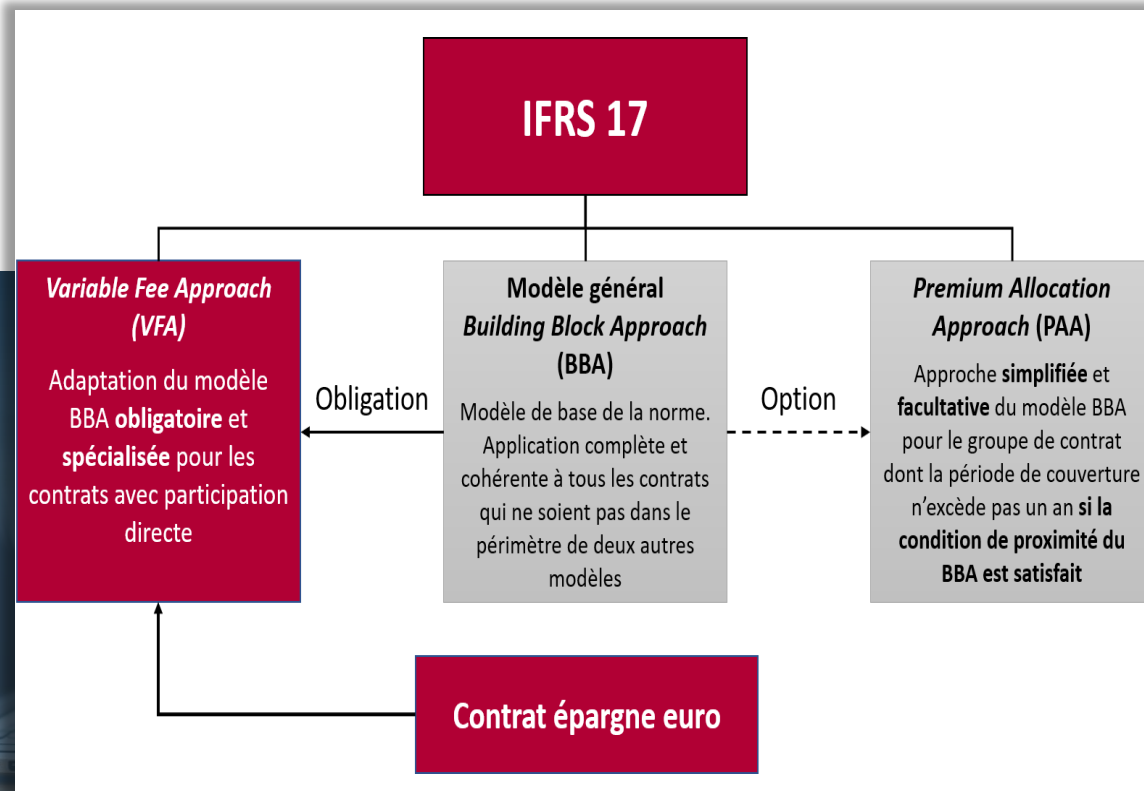
✘ Taux de mortalité générationelle par Gaussian Process - GP

- ▶ Les taux de décès historiques de la population française sont issus du site *The Human Mortality Database*
- ▶ Pour la validation des modèles, la base est découpée selon les sous-parties suivantes :

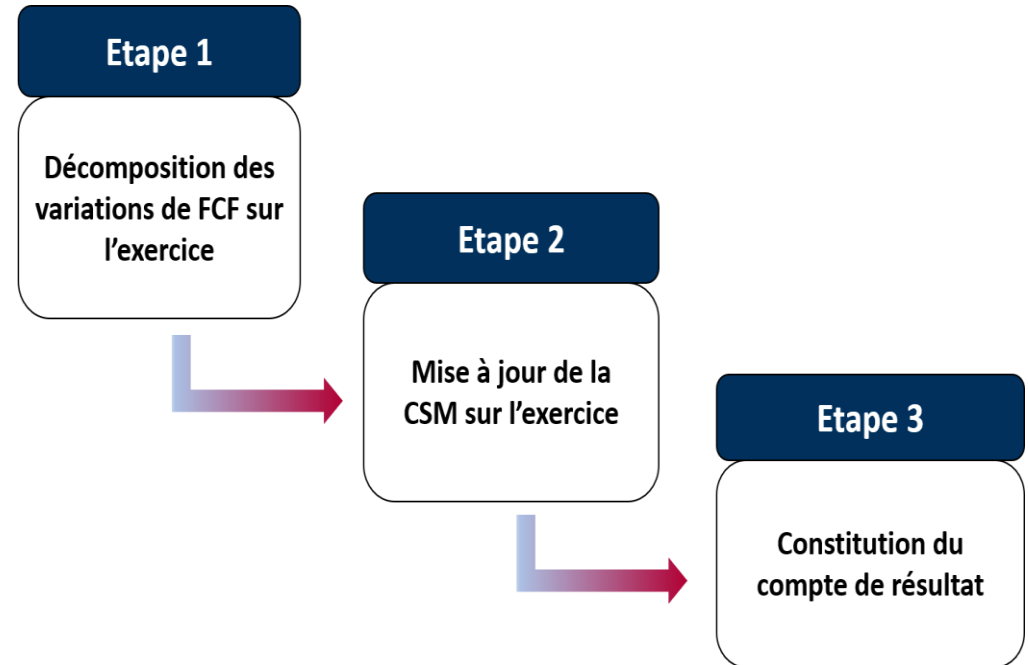
Sous-ens.	Apprentissage	Validation
Sous-ens. 1 	Année : 1995-2016 ; Age : 0-110+	sur la base d'apprentissage
Sous-ens. 2 	Année : 1995-2014 ; Age : 0-110+	Année : 2015-2016 ; Age : 0-110+
Sous-ens. 3 	Année : 1995-2013 ; Age : 0-110+ & Année : 2014-2016 ; Age : 0-60	Année : 2014-2016 ; Age : 61-110+

- ▶ Base en deux dimensions $x = (x_{ag}, x_{yr})$ selon l'âge de l'assuré et l'année de souscription.
- ▶ $y = \log(\text{taux de décès})$
- ▶ Choix de la fonction moyenne et du noyau :
 - $m(x) = \beta_0 + \beta_1 \times x_{yr} + \beta_2 \times x_{ag} + \beta_3 \times (x_{ag})^2$
 - Squared exponential kernel (présenté plus haut)

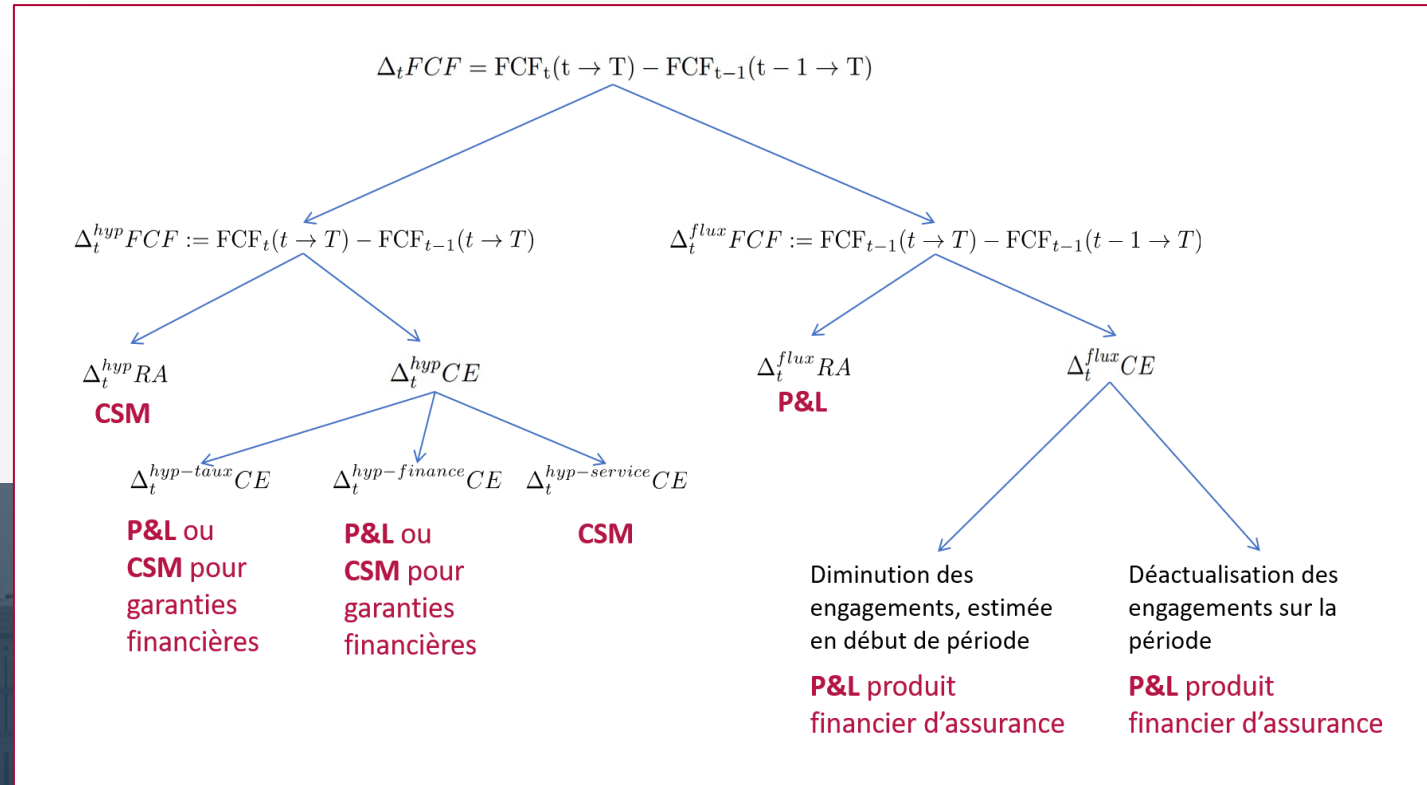
Annexe 3 : Comptabilisation ultérieure IFRS 17



✕ Étapes de la comptabilisation ultérieure

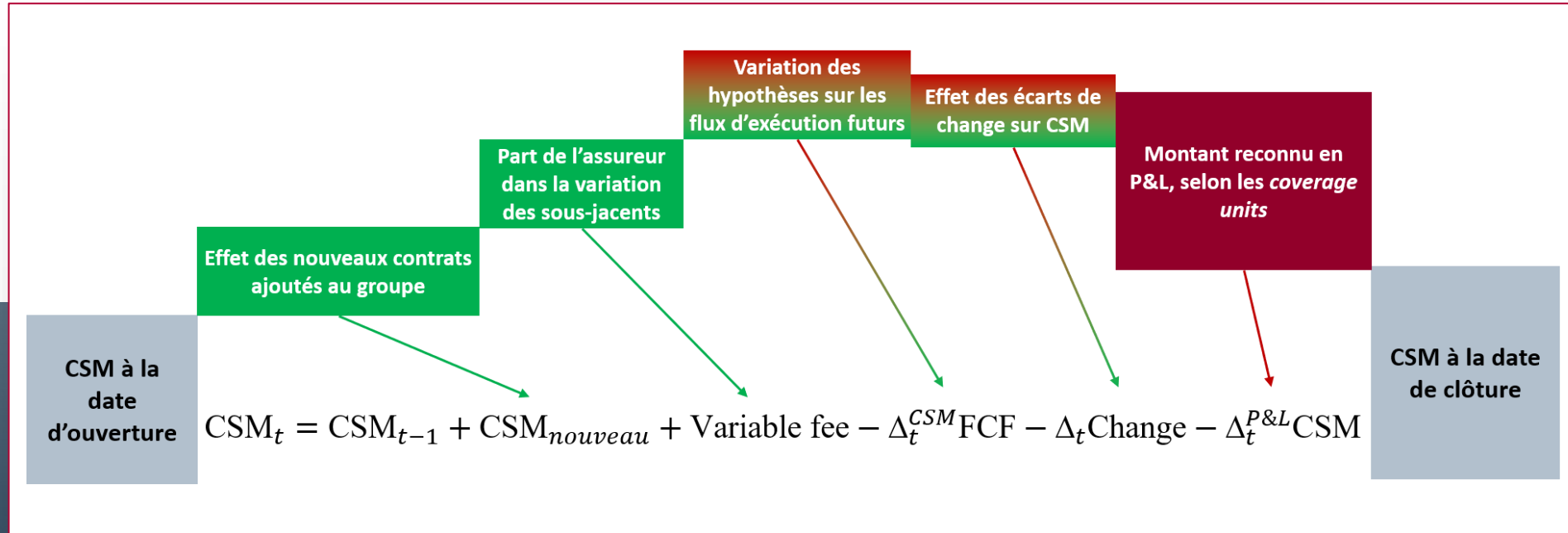


Étape 1 : Décomposition des variations de FCF



- ▶ Variations dues au passage du temps → P&L
- ▶ Variations dues aux changements d'hypothèses → CSM

Étape 2 : Mise à jour de la CSM



Étape 3 : Constitution du compte de résultat

