



Modélisation ALM

Samy Collier
01 Avril 2021

Objectifs de l'intervention

Cours n°3

- Ecrire les indicateurs ALM selon le bon référentiel
- Comprendre les modèles ALM :
 - Les données (inputs)
 - L'architecture type
 - La différence entre approche directe et flexing
- Appréhender la modélisation des comportements :
 - Tables historiques
 - Comportements dynamiques : rachats et arbitrages
 - Stratégies de l'assureur : revalorisation et allocation d'actif
- Problématiques liées aux modèles ALM

Objectifs de l'intervention

TD n°3

- Approfondissement sur les actifs :
 - Risque-neutraliser une obligation
 - Risque-neutraliser un produit structuré
- Modélisation des comportements
 - Déterminer le taux de rachat dynamique
- Bonus : observer un BEL et une VIF dans un cas simple

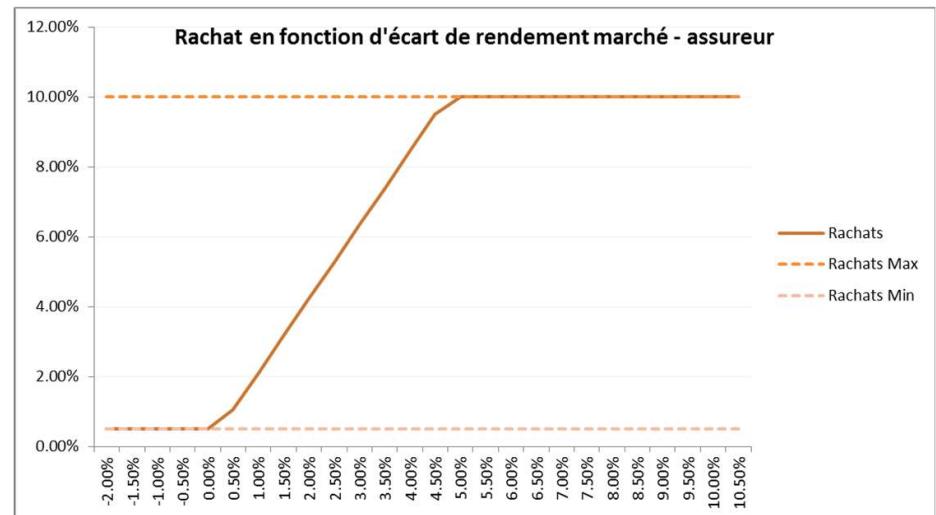
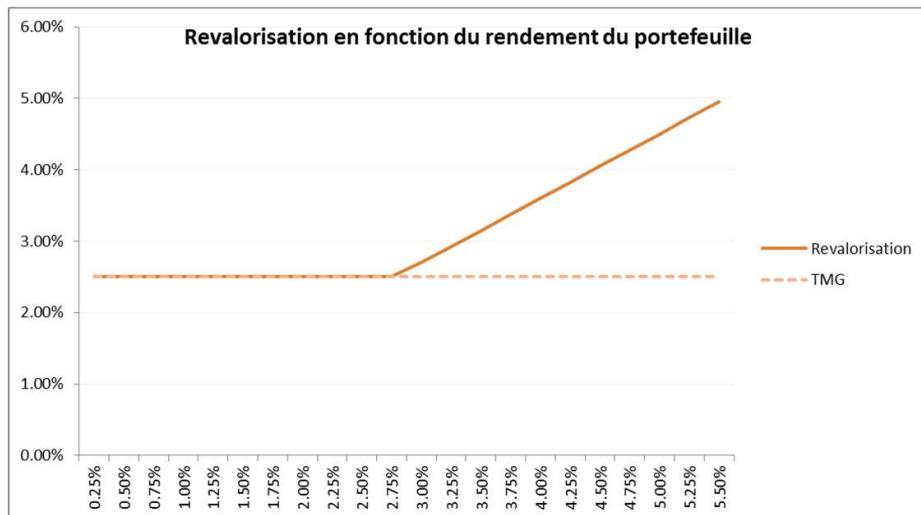


Previously, ...

Previously

Les options financières

- Rappel : Les contrats d'assurances, ainsi que la réglementation induisent la présence d'options financières qu'il convient de valoriser.
 - La participation aux bénéfices conduit à une option d'achat sur le rendement financier de l'assureur ;
 - Les rachats dynamiques conduisent à des sorties sous la forme d'un corridor dépendant du revalorisation.



Previously

Les indicateurs ALM

- Rappel : En considérant un taux d'actualisation r (zéro coupon !), on peut écrire sous forme prospective les indicateurs.

$$BEL = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{CF_i^{assuré}}{(1+r)^i}$$

$$VIF = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{résultat_i}{(1+r)^i}$$

$$VM = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{CF_i^{actif}}{(1+r)^i}$$

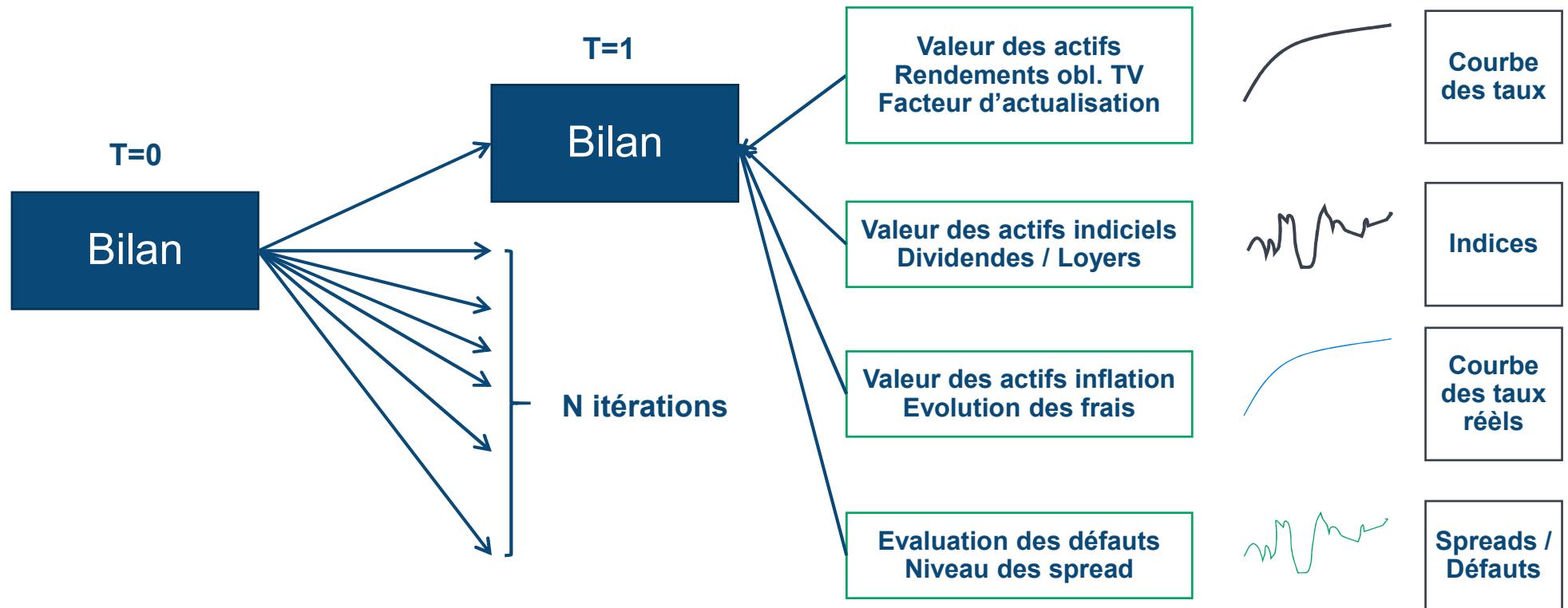
- On définit la NAV = VM – BEL et est assimilable à la VIF en absence de fonds propres.
- On peut séparer la partie déterministe et la partie optionnelle du BEL en faisant apparaître une espérance des flux non certains :

$$BEL = BEL_{det} + FDB$$

Previously

Les générateurs de scénarios économiques

- Afin de projeter le rendement des portefeuilles d'actifs, et ainsi déterminer la participation aux bénéfices reversée aux assurés, il est nécessaire d'estimer, de manière stochastique un certain nombre d'éléments.





Ecriture des indicateurs

Indicateurs ALM

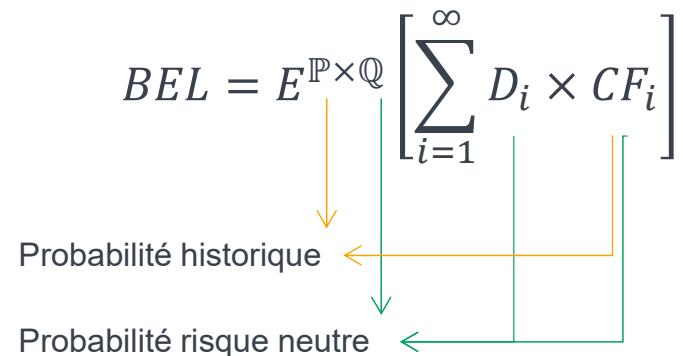
Rappel sur le référentiel

- Rappel : Dans l'optique des valorisations et des calculs réglementaires, le calcul des postes du bilan économique doit se faire :
 - Sous la probabilité risque-neutre ;
 - En absence d'opportunité d'arbitrage ;
 - Dans un univers market consistent.
- Par ailleurs, le référentiel Solvabilité 2 impose l'utilisation d'hypothèses « Best Estimate » dans le calcul des provisions.
- Celles-ci doivent se baser sur des données historiques, et représenter au mieux la réalité, cela concerne notamment :
 - La sinistralité,
 - Les rachats,
 - Les stratégies de revalorisation et de réinvestissement.

Indicateurs ALM

Expression du BEL

- Le référentiel à utiliser est donc double, puisqu'il doit prendre en compte à la fois la probabilité risque-neutre et la probabilité historique. On écrit alors le BEL comme :

$$BEL = E^{\mathbb{P} \times \mathbb{Q}} \left[\sum_{i=1}^{\infty} D_i \times CF_i \right]$$


Probabilité historique

Probabilité risque neutre

- A l'aide de N simulations, on peut estimer le BEL en écrivant :

$$BEL = \frac{1}{N} \sum_{S=1}^N \sum_{i=1}^{\infty} D_i^S \times CF_i^S$$

- Chaque flux est actualisé avec le déflateur qui lui est attaché:

Indicateurs ALM

Expression de la VIF

- Le référentiel à utiliser est donc double, puisqu'il doit prendre en compte à la fois la probabilité risque-neutre et la probabilité historique. On écrit alors la VIF comme :

$$VIF = E^{\mathbb{P} \times \mathbb{Q}} \left[\sum_{i=1}^{\infty} D_i \times résultat_i \right]$$



- A l'aide de N simulations, on peut estimer la VIF en écrivant :

$$VIF = \frac{1}{N} \sum_{S=1}^N \sum_{i=1}^{\infty} D_i^S \times résultat_i^S$$

- La détermination des flux aux assurés et aux actionnaires nécessite la construction d'un modèle ALM de simulation.



Les modèles ALM

Les modèles ALM

Présentation

- Un modèle ALM est un outil informatique permettant la projection des flux, de trésorerie et comptable, d'une institution financière. Il permet la modélisation de :
 - L'actif de l'entité : valeur de marché, valeur comptable, flux ;
 - Le passif de l'entité : primes, prestations/sinistres, rachats, provisions, frais ;
 - La stratégie financière : allocation d'actif, achats/vente de titre ;
 - La politique de revalorisation : taux servi, gestion de la PPE, PB minimum réglementaire ;
 - Les fonds propres de l'entreprise : résultats, dividendes, capitaux, titres subordonnés.
- Les modèles peuvent être utilisés en déterministe ou en stochastique, et en univers risque-neutre et/ou réel, en fonction de l'étude à réaliser.
- Les approches et les outils sont divers, mais permettent toujours d'obtenir les éléments ci-dessus.

Les modèles ALM

Les usages et usagers

Equipes	Travaux
ALM	<ul style="list-style-type: none">• EV / VIF / Valorisations• BEL / NAV• Gaps actifs / Passif• SCR / Capital économique
Actuariat / Technique	<ul style="list-style-type: none">• Tarification• Provisionnement
Pilotage	<ul style="list-style-type: none">• Rentabilité• Budget• ORSA
Investissements	<ul style="list-style-type: none">• Rendement• Allocation d'actif• Couvertures

(Aparté)

Les risques et les couvertures

Risque	Couvertures
Hausse des taux <ul style="list-style-type: none"> • Moins values à l'actif • Rachats car inertie des rendements 	<ul style="list-style-type: none"> • Swap/Swaption • Cap • Bond Future (vente)
Baisse des taux <ul style="list-style-type: none"> • Dilution des rendements • Rachats 	<ul style="list-style-type: none"> • Floor • Bond Future (achat)
Baisse des actions	<ul style="list-style-type: none"> • Put • Future
Spreads / Défauts <ul style="list-style-type: none"> • Moins values à l'actif 	<ul style="list-style-type: none"> • CDS • Indice Spread (e.g. Iboxx)
Volatilité <ul style="list-style-type: none"> • Hausse du coût des options 	<ul style="list-style-type: none"> • Indice volatilité (e.g. Vstox) • Corridor • Future

Les modèles ALM

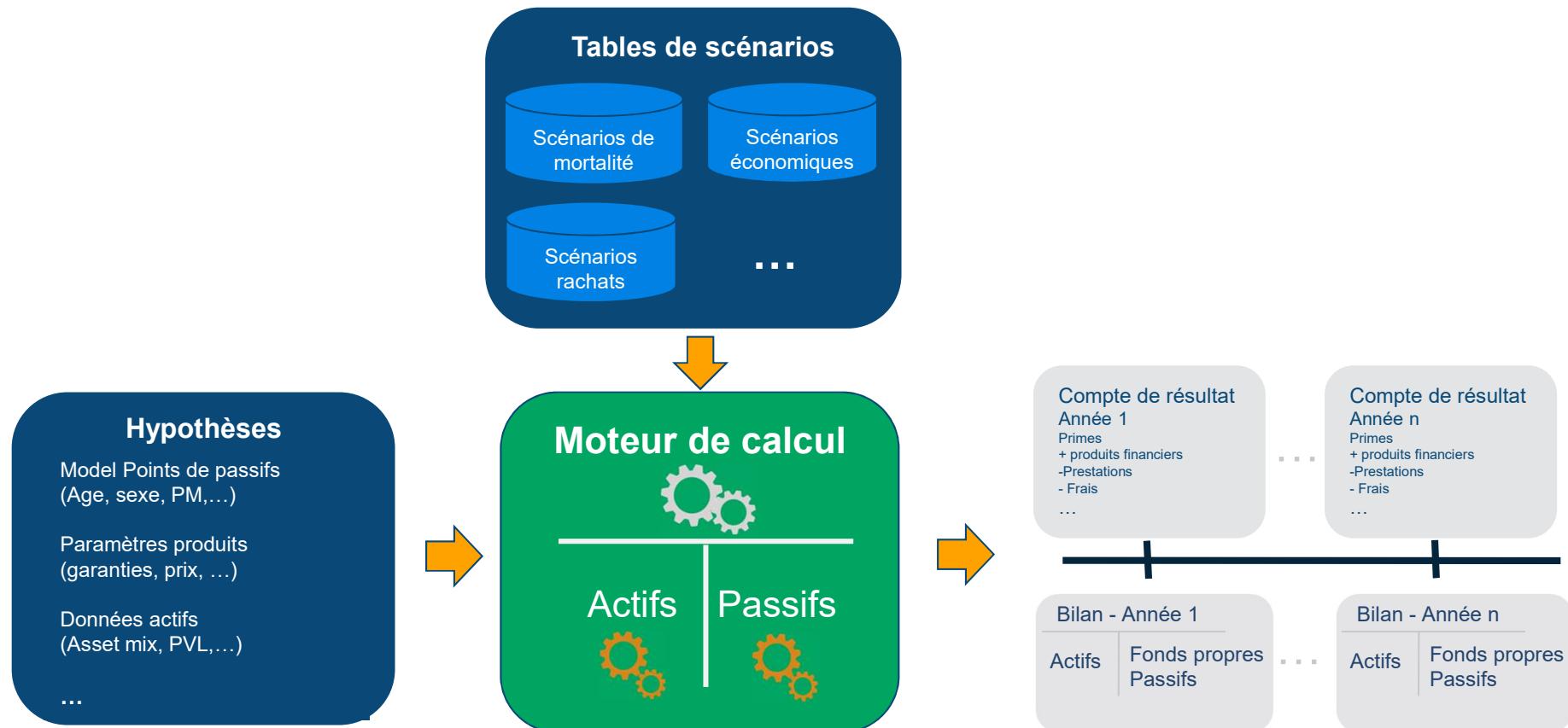
Les inputs

- Alimenter en données un modèle, de manière cohérente avec les techniques de projection, est déjà un challenge :
 - Les tables de scénarios : économiques, mortalité, rachats ;
 - Les Model Points d'actif : pour chaque titre, VM, VNC, rendement, maturité, périodicité...
 - L'allocation d'actif cible ;
 - Les Model Points de passif : pour chaque contrat, PM, prime, âge, taux garanti...
 - Les caractéristiques des produits : chargements, commissionnement, frais, rétrocessions...
 - Le niveau des provisions générales : PRE, PGG, RC...
 - Les données historique potentiellement utilisées dans le modèle ;
 - Le paramétrage des lois comportementales (rachats, revalorisations, stratégie financière...) ;
 - Les informations réglementaires : taux d'impôts, règle de PB minimum, condition de PRE.
 - ...
- La maille de projection des hypothèses peut avoir un impact très significatif sur les résultats obtenus.

Les modèles ALM

Schéma

- Un modèle prend en entrée des inputs et des scénarios, puis restitue les résultats issus des mécaniques modélisées :



Interactions mécaniques « actifs / passifs »

Exemple : PB, rachats dynamiques,...

Les modèles ALM

Les modèles et les entités

- Il existe plusieurs plateformes de modélisation. En France, on utilise surtout :
 - Prophet, édité par Sungard ;
 - MoSes, édité par Willis Towers Watson ;
 - Addactis Modelling, édité par Addactis ;
 - DEVent (SunRise), édité par Dynascys / Axa ;
 - MatLab, Excel, SAS...
- A l'international, MG-ALFA, édité par Milliman, est un outil très répandu.
- Un peu moins de la moitié des acteurs utilise la méthode du flexing, tandis que les autres sont en approche ALM directe.

Les modèles ALM

Approche directe ou Flexing

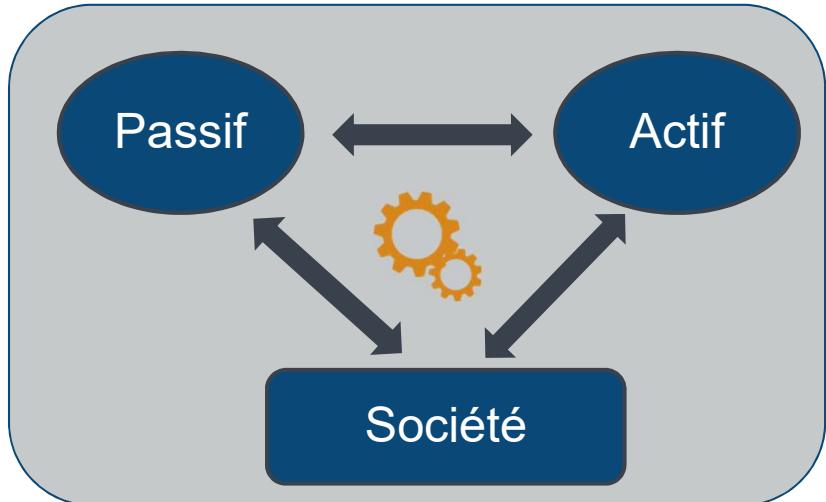
- Les mécaniques ALM peuvent être modélisées directement, en projetant les actifs et les passifs, à chaque pas de temps, et au sein d'un même modèle.
- Le Flexing propose une approche différente :
 - Cela consiste à projeter le passif jusqu'à maturité d'une part, sans prise en compte d'une revalorisation autre que celle garantie. Ces flux sont ensuite agrégés.
 - Ensuite, un second modèle va projeter l'actif et ajuster les flux de passif issus du premier modèle, en tenant compte de la revalorisation.

Approche directe	Flexing
- Temps de calculs long	+ Très rapide
+ Parfaite compréhension du code et de la mécanique	- Mécanismes ALM moins abordables
+ même maille de projection des passifs dans toute la projection	- Pas d'analyse à une maille fine au niveau du passif
- Nécessité d'agrégner les données	+ projection au TMG police par police

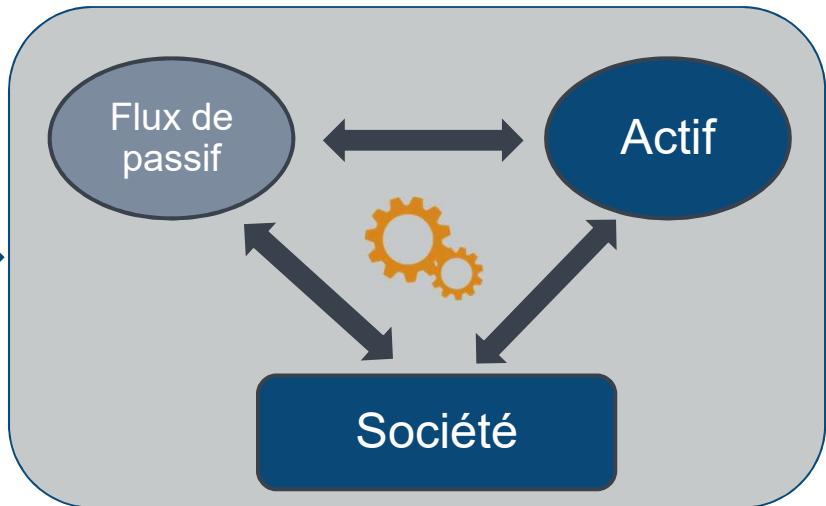
Les modèles ALM

Approche directe ou Flexing

Méthode de projection ALM par approche directe



Méthode de projection avec flexing des flux de passif



Les modèles ALM

Principe du flexing

- Le flexing repose sur le fait que les interactions Actif-Passif se font exclusivement par l'intermédiaire de deux mécanismes:
 - la participation aux bénéfices
 - le comportement dynamique des assurés (rachats dynamiques, arbitrages, versements)
- Participation aux bénéfices:

Pour chaque période et chaque trajectoire:

 - Définition d'un taux de PB cible (par exemple, le taux sans risque de maturité 10 ans).
 - Selon la production financière de la période, incorporation d'un taux de PB compris entre 0 et le taux de PB cible.
- Rachats dynamiques (comportement dynamique le plus souvent modélisé):

Pour chaque période et chaque trajectoire:

 - Comparaison du taux servi à la période précédente avec un taux de référence (par ex., un taux basé sur l'historique du TME).
 - Si la différence entre le taux servi et le taux de référence dépasse un certain seuil, déclenchement des rachats dynamiques (qui viennent s'ajouter aux rachats structurels).

Les modèles ALM

Etapes du flexing

- Constitution de poches de passif (groupes de polices) homogènes au niveau de la clause de PB et des paramètres intervenant dans la clause de PB (TMG, chargements sur encours)
- Pour chacune de ces poches, génération d'une table de cash-flows à l'aide d'un modèle classique de projection des passifs (Moses, Prophet, ...)

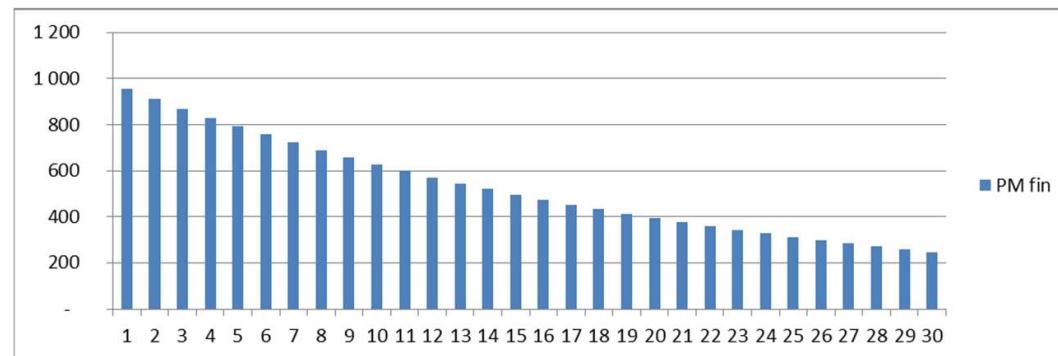
Pour chaque poche, la table contient le déroulé des variables suivantes:

- PM, Nombre de polices
- Prestations par nature (décès, rachats, maturités, ...)
- Intérêts crédités ...
- Incorporation de ces flux de passif, non revalorisés ,dans le modèle ALM
- Pour chaque simulation et chaque période, ajustement (flexing) de ces flux à l'aide de « ratios de flexing » pour tenir compte:
 - de la participation aux bénéfices,
 - du comportement dynamique des assurés qui sont calculés dans le modèle ALM et fonction de l'actif.

Les modèles ALM

Illustration du flexing

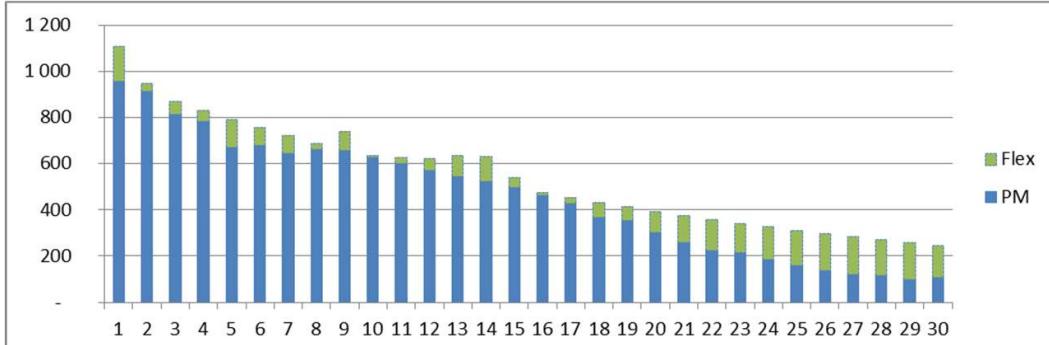
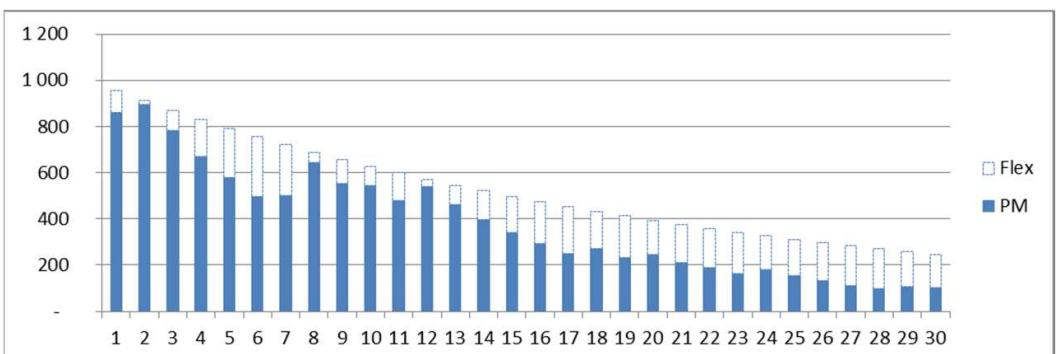
- A partir d'une chronique de PM au TMG, on en déduit les impacts de la situation économique.



Simulation 1



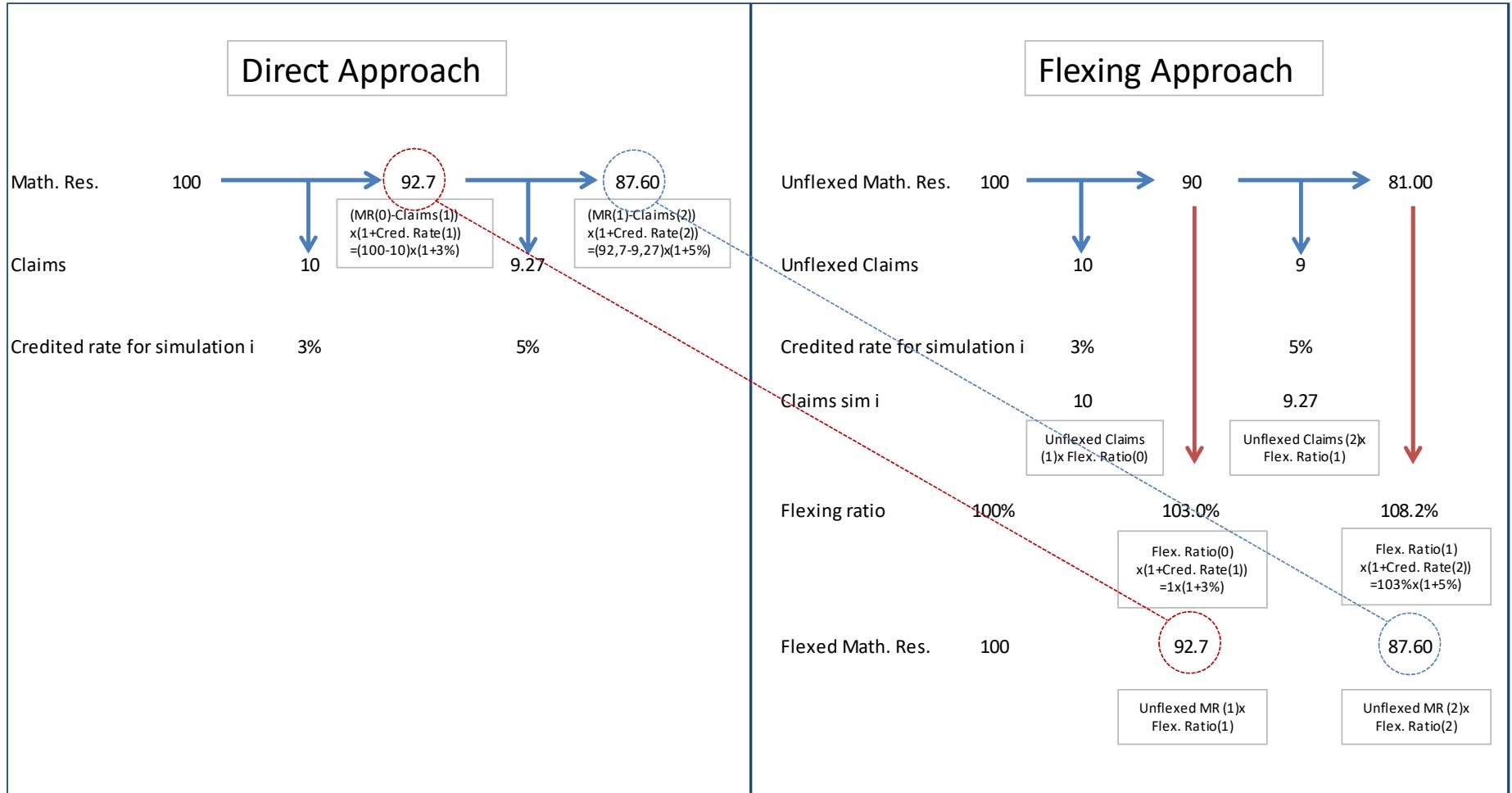
Simulation 2



Les modèles ALM

Illustration du flexing

- Les deux approches renvoient des résultats équivalents :



Les modèles ALM

Temps de calculs

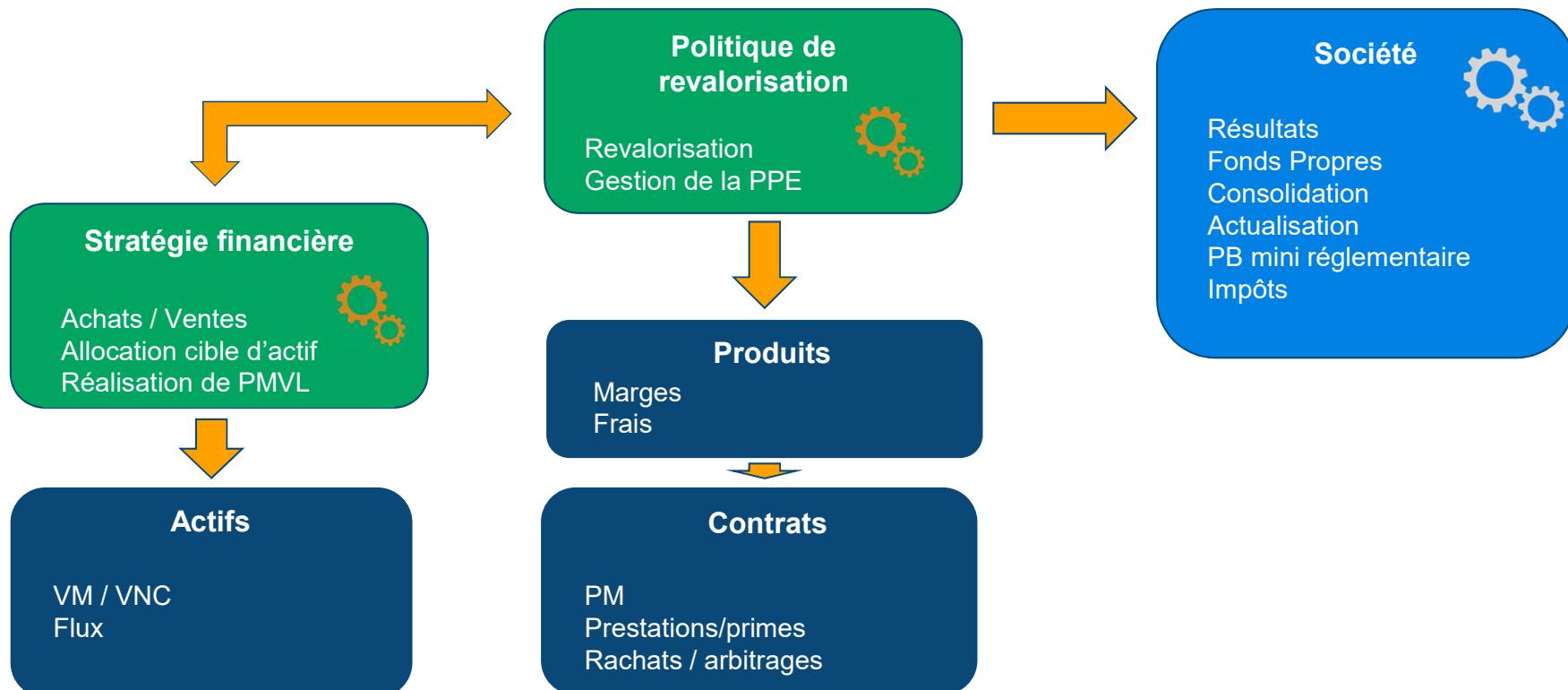
- Le flexing permet, dans la plupart des situations, d'améliorer significativement le temps de calcul (exemple indicatif, 32 workers, 1000 simulations) :

Approche directe	Flexing
Pas de simulation de passif	Simulation de passif : 1min30
Simulation 1 : 1min30	Simulation 1 : 15sec
...	...
Simulation 1000 : 1min30	Simulation 1000 : 15sec
Total : $1\text{min}30 \times 1000 / 32 = 47\text{min}$	Total : $1\text{min}30 + 0.25 \times 1000 / 32 = 10\text{min}$

Les modèles ALM

Architecture des modèles

- Les modèles ont souvent des modules spécifiques liés aux stratégies et politiques, qui impactent le cours de la projection.



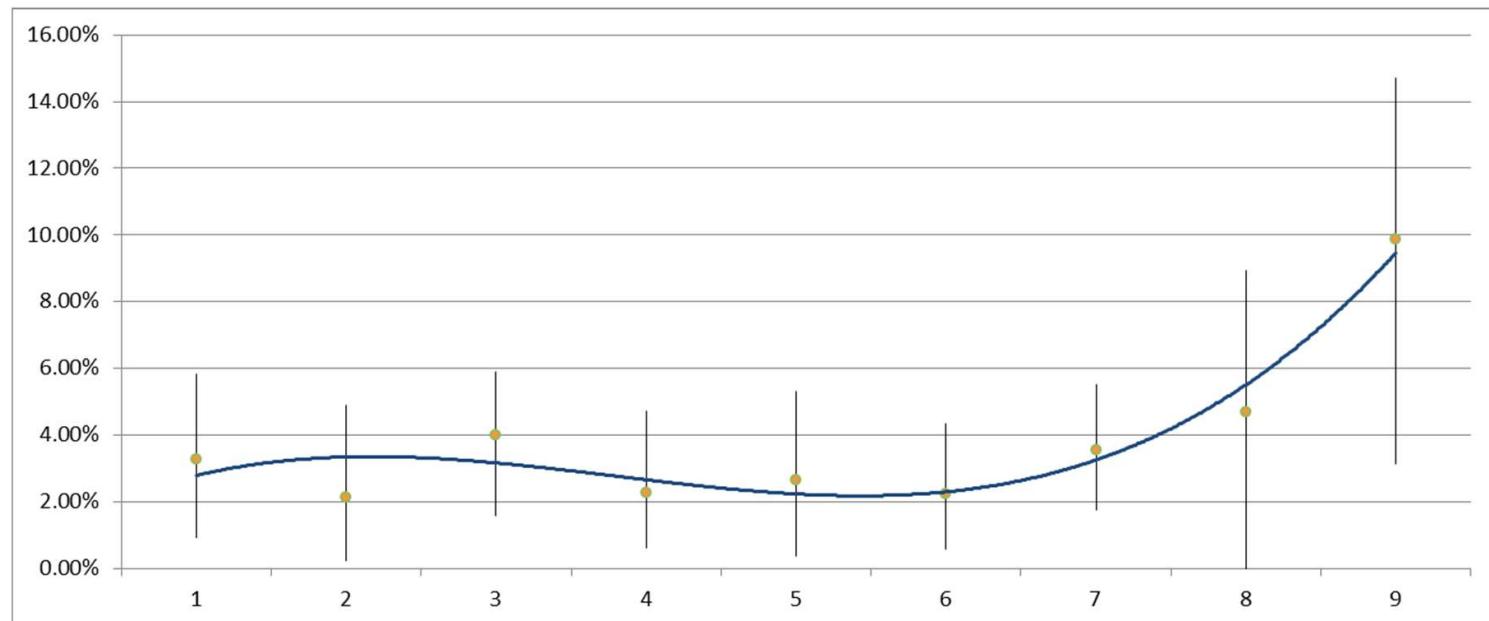


Modélisation ALM

Modélisation ALM

Les tables historiques

- Les projections des prestations, des rachats ou des arbitrages doivent être cohérentes avec les flux constatés historiquement.
- La mortalité est souvent projetée à l'aide de tables réglementaires ou d'expérience.
 - Certains acteurs utilisent également des modèles stochastiques (Lee-Carter...)
- Les rachats font souvent l'objet d'une projection par ancienneté pour des raisons fiscales. Les lois sont calibrées sur des historiques de taux pas ancienneté :



Modélisation ALM

Les rachats conjoncturels

- Il a été montré que les assurés rachètent d'une manière corrélée avec la situation économique.
- La méthode retenue en ALM est de modéliser les rachats conformément à une satisfaction estimée des assurés.
- Généralement, cette satisfaction est modélisée par différence entre le ou les précédent taux de revalorisation et le taux que pourrait servir la concurrence.
 - En effet, en raison du portefeuille d'actif, investi sur de longues maturités, il existe une inertie de rendement au sein de l'actif des assureurs.
 - Le taux concurrentiel peut prendre en compte plusieurs éléments :

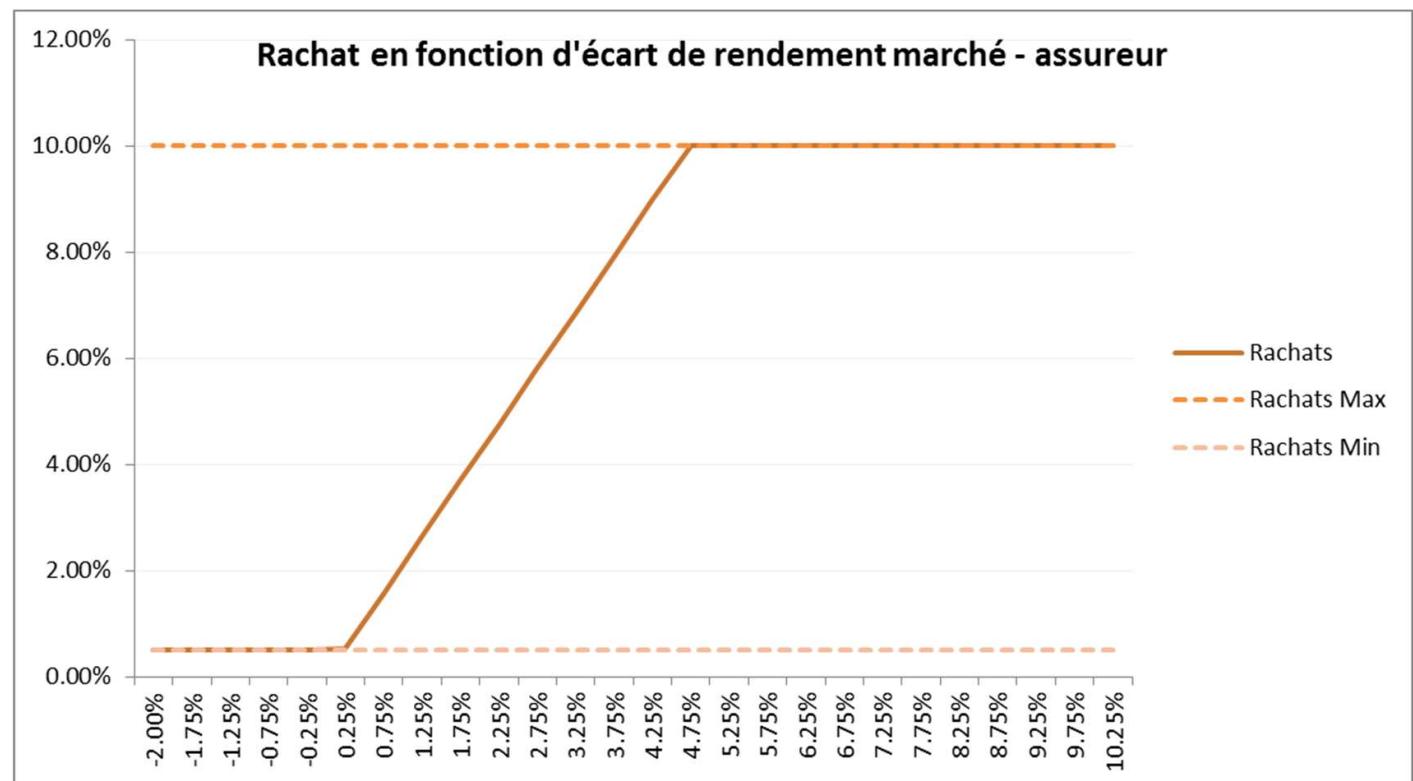
Satisfaction = Taux servi – taux concurrentiel	
Moyenne X années des taux longs	Estimation du rendement des autres assureurs
Taux long année N	Estimation du rendement d'un nouvel assureur
Taux court année N	Rendement bancaire / Livret A
Rendement marché action	Rendement PEA / des produits UC

Modélisation ALM

Les rachats conjoncturels

- En considérant les paramètres suivant, on obtient la forme introduite dans le cours n°2 :

- Taux min : 0.5%
- Taux max : 10%
- Déclenchement : 0%
- Ecart maximum : 5%
- Pente : TD



Modélisation ALM

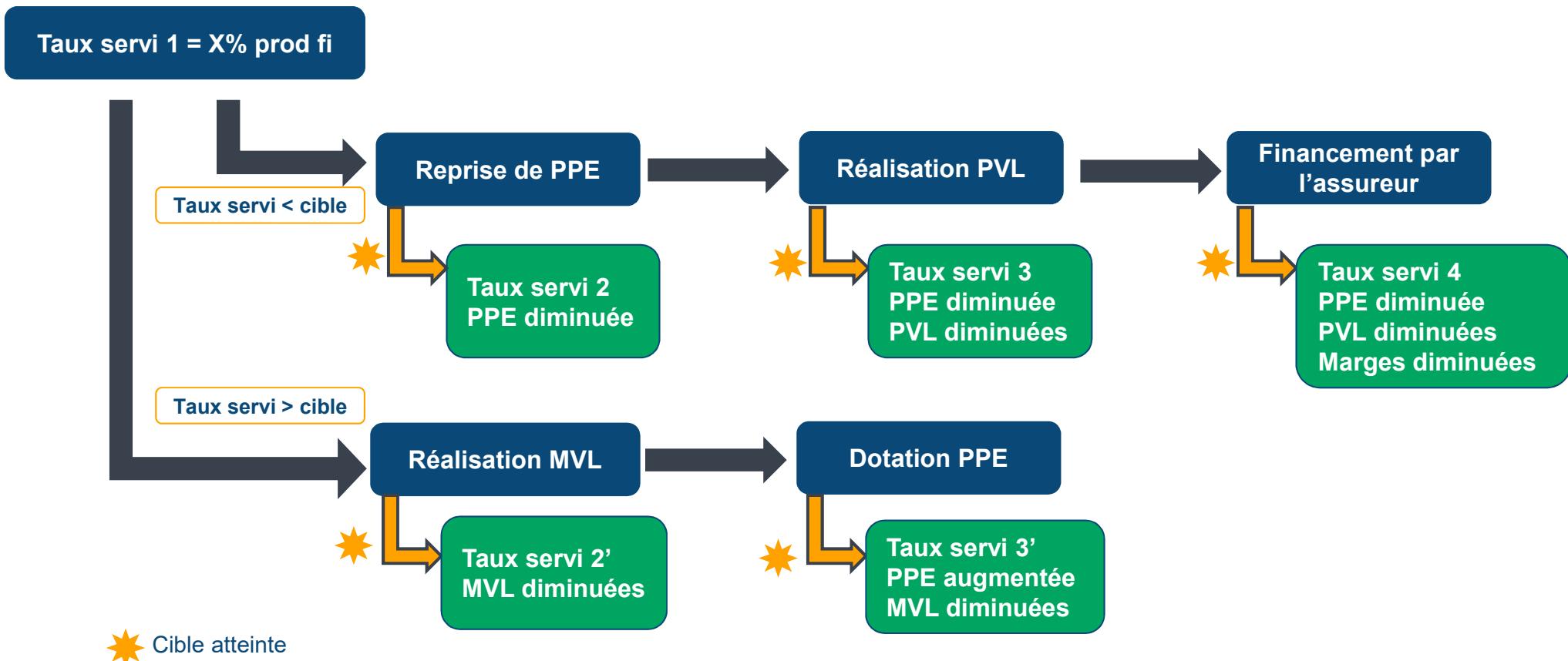
La revalorisation

- Rappels :
 - L'assureur ne peut pas donner moins que le TMG
 - Contractuellement ou réglementairement, l'assureur doit distribuer X% des produits financiers
 - L'assureur choisit de revaloriser immédiatement ou de doter la provision pour excédent
 - Afin d'éviter les rachats dynamiques, l'assureur doit « battre le marché »
- L'assureur se fixe une cible à atteindre (par exemple : le taux de marché).
- Ensuite, l'assureur peut moduler à la hausse le taux servi en :
 - Reprenant de la provision pour excédent
 - Réalisant des plus values (hors obligataires, car passent par la réserve de capitalisation)
 - Diminuant ses marges financières (= en distribuant plus que X% des produits financiers)
- Également, si X% des produits financiers sont supérieurs à la cible :
 - L'assureur peut distribuer la cible, et doter la différence en PPE
 - L'assureur peut réaliser des moins-values pour diminuer la distribution.

Modélisation ALM

Algorithme de revalorisation

- Sur la base des conditions précédemment définies, après avoir versé le TMG, on peut construire un algorithme :



Modélisation ALM

Allocation d'actif

- Les flux financiers impactent la trésorerie à chaque période, des algorithmes sont mis en place pour définir les réinvestissements/désinvestissements.
- L'allocation cible peut être définie en valeur comptable ou en valeur de marché.
- La stratégie d'investissement peut s'effectuer :
 - En flux : seuls le cash en fin de période est alloué de manière à atteindre la cible ;
 - En montant : le portefeuille est rebalancé en fin de période afin d'atteindre parfaitement la cible.
- Les désinvestissements (trésorerie négative), peuvent s'effectuer :
 - Au pro rata des classes d'actifs (on maintient donc l'allocation) ;
 - Par priorité : un ordre de classe d'actifs lesquels désinvestir est établi, souvent en fonction de leur liquidité.
- D'autres algorithmes plus élaborés peuvent être mis en place.



Convergence

Convergence

Fuite économique dans le modèle

- Les modèles ALM récents contiennent plusieurs milliers de lignes de code, il peut arriver qu'une fuite de valeur économique surviennent.
- Il faut s'assurer de la bonne prise en compte de la capitalisation de chacun des flux, en s'assurant du timing du versement.
- Lors de l'application des taux de rachats / décès / arbitrages, un soin doit être porté à l'application des taux sur les assiettes. En effet, veut-on :
 - $PM_{fin} = PM_{début} \times [1 - taux\ de\ rachat - taux\ de\ décès - taux\ d'arbitrage]$
 - $PM_{fin} = PM_{début} \times [1 - taux\ de\ rachat] \times [1 - taux\ de\ décès] \times [1 - taux\ d'arbitrage]$
- Aussi, les flux issus des actifs doivent être cohérents avec ceux considérés lors de la valorisation.
- Ces points ne sont que des exemples courant conduisant à une sur ou sous – estimation de la richesse projetée.

Convergence

Martingalité

- Comme vu dans le précédent TD, les générateurs de scénarios économiques ne sont pas parfaits. Dans la plupart des situations, on a donc :

$$\mathbb{E}^{\mathbb{Q}}(D(t)S(t)) \neq S(0)$$

- Dès lors, la valeur de marché des actifs ne peut pas être retrouvé à partir des flux des actifs :

$$MV \neq \frac{1}{N} \sum_{S=1}^N \sum_{i=1}^{\infty} {D_i}^S \times {CF_i}^S$$

- Néanmoins, l'approche peut être délicate à interpréter, notamment du fait des réinvestissements/désinvestissements qui peuvent être réalisés, on exprime le plus souvent l'écart de convergence à l'aide de la VIF et du BEL.

Convergence

Ecart de convergence

- On définit, en sortie de modèle, l'écart de convergence comme :

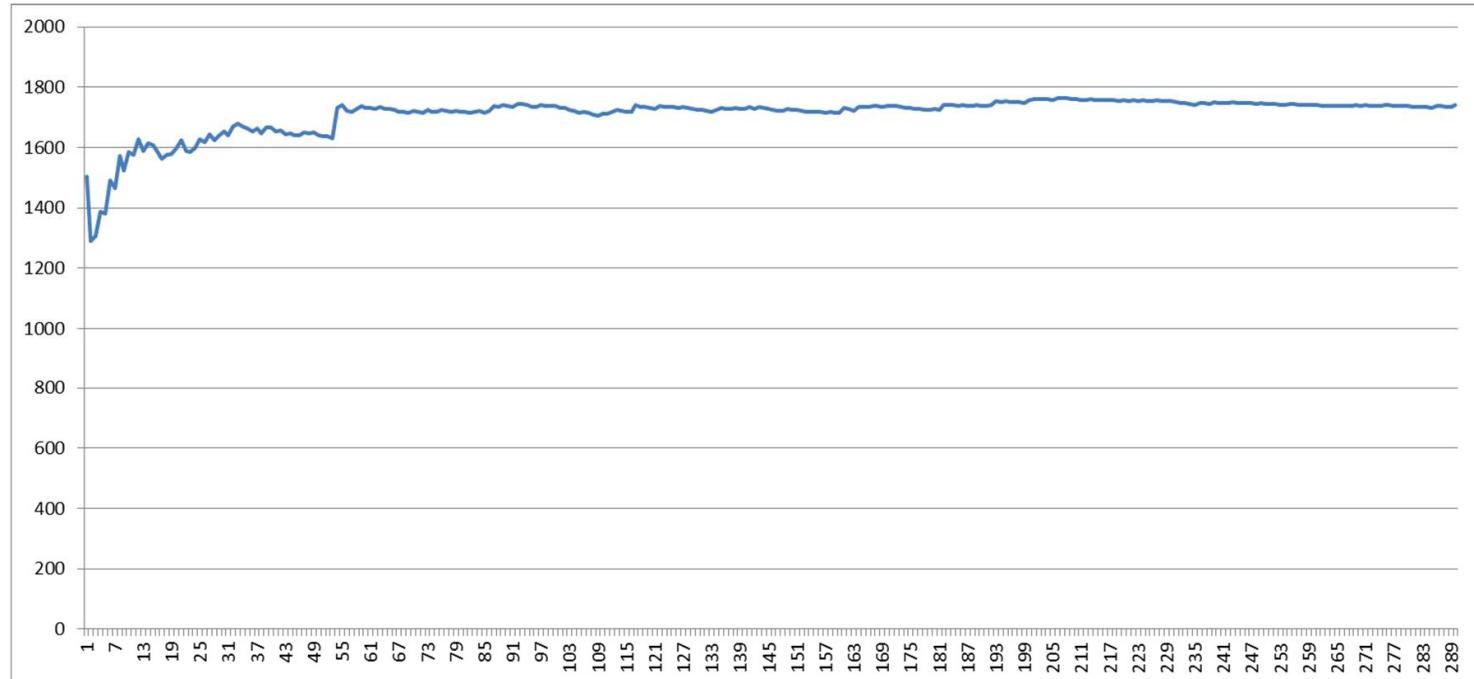
$$EC = (VIF + BEL) - MV$$

- En d'autres termes, c'est l'écart entre la richesse projetée et la richesse initiale, il regroupe les deux éléments de fuite vus précédemment.
- Afin de s'assurer la projection du bon niveau de richesse, l'écart de convergence est le plus souvent réalloué entre la VIF et le BEL.
- Suite à des remarques de l'ACPR, les assureurs réallouent systématiquement l'écart de convergence dans le sens d'une augmentation du BEL :
 - Si $EC > 0$, i.e. trop de richesse est projetée, alors $BEL^{EC} = BEL$ et $VIF^{EC} = VIF - EC$
 - Si $EC < 0$ i.e. pas assez de richesse est considérée, alors $BEL^{EC} = BEL - EC$ et $VIF^{EC} = VIF$

Convergence

Loi des grands nombres

- La loi des grands nombres assure la convergence presque sûrement des indicateurs estimés avec leur espérance.
 - Néanmoins, cela nécessite un grand nombre de simulations, parfois trop pour être supportable opérationnellement.
 - Par exemple, pour un contrat, avec une garantie de capital et des rachats dynamiques, le BEL n'est stationnaire qu'à partir de 50 simulations :





Annexes : TD

<https://www.dropbox.com/s/w7389h97kcdebq6/>



Merci

Samy.collier@bnpparibas.com
01 avril 2021