

Introduction à Solvabilité 2

Applications de mesure des risques

Décembre 2015, version 1.0

Aymric Kamega, Actuaire
aymric.kamega@univ-brest.fr

- 1. Le contexte et les principes généraux**
- 2. Risques en assurance dans Solvabilité 1**
- 3. Risques en assurance dans Solvabilité 2 (partie 1 : principes de base)**
- 4. Risques en assurance dans Solvabilité 2 (partie 2 : principes complémentaires)**
- 5. Risques en assurance dans Solvabilité 2 (partie 3 : à propos de l'ORSA)**

1. Le contexte et les principes généraux

1.1. Pourquoi des référentiels spécifiques pour l'activité d'assurance ?

Une des principales caractéristiques du secteur de l'assurance est l'inversion du cycle de production, ce qui rend les organismes assureurs particulièrement sensibles à l'évolution de plusieurs facteurs socioéconomiques.

L'autre caractéristique bien connue des organismes assureurs est qu'ils jouent un rôle essentiel dans le financement de l'économie :

- *via* l'investissement des cotisations collectées,
- en permettant aux assurés d'être créateurs de richesse.

Dans ce contexte, les pouvoirs publics accordent une attention particulière aux organismes assureurs, ce qui s'illustre à deux niveaux :

- au niveau de leurs contrats,
- au niveau de leur capacité à honorer leurs engagements.

On se concentre ici sur le deuxième niveau.

1. Le contexte et les principes généraux

1.2. De solvabilité 1 à solvabilité 2

Les organismes assureurs sont généralement soumis à certaines règles concernant la structure de leur bilan et sont notamment tenus de disposer d'un montant de fonds propres supérieur à un certain montant minimum souhaité.

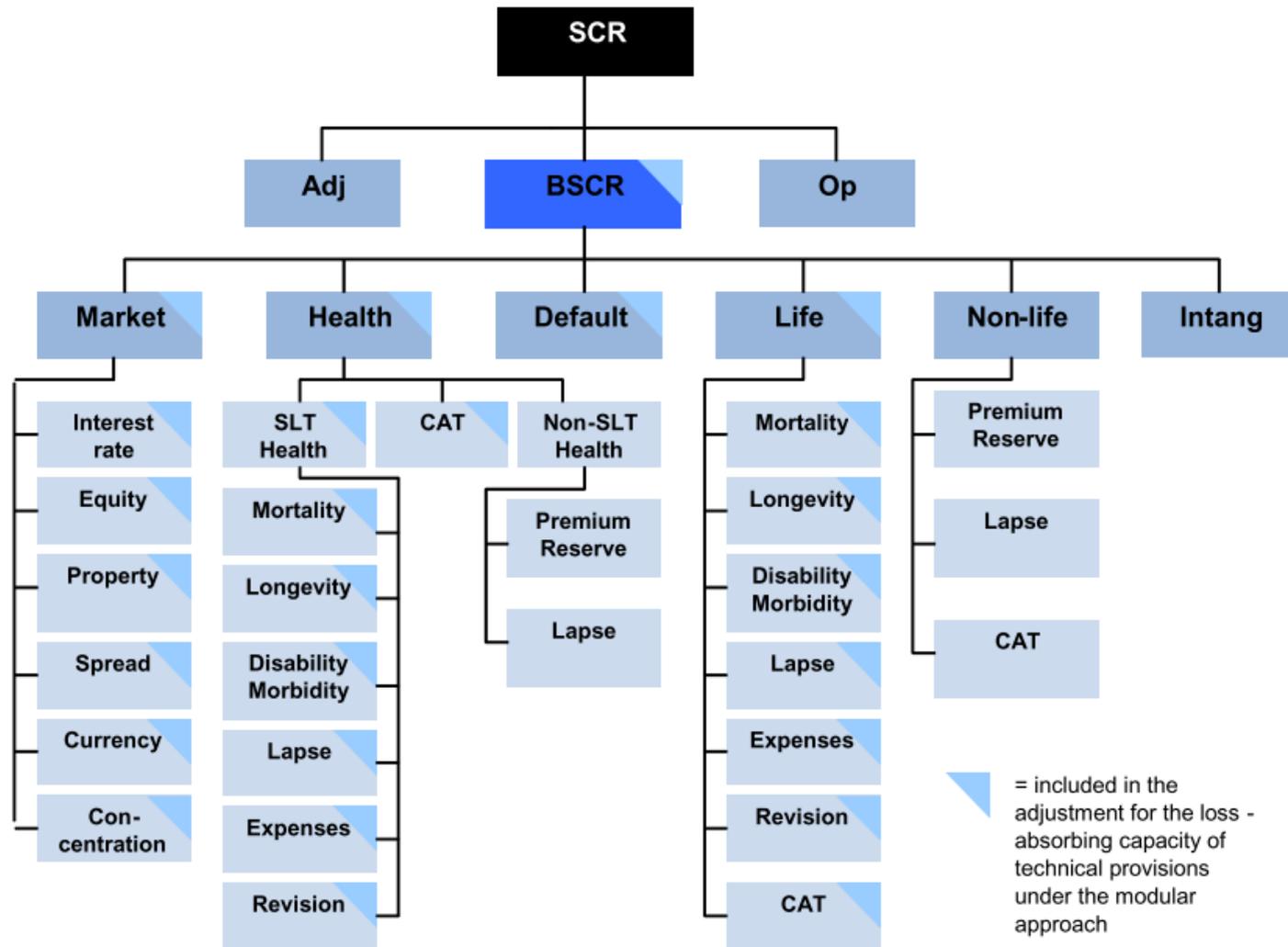
Si Solvabilité 1 présente l'avantage d'être simple à appréhender et à mettre en œuvre, on lui reconnaît de nombreuses limites (notamment le fait de ne pas être assez fidèle au profil de risque des organismes assureurs).

C'est dans ce contexte que s'installe progressivement le dispositif Solvabilité 2. En pratique, le principe général des exigences de fonds propres de ce nouveau dispositif consiste à disposer aujourd'hui d'un montant de fonds propres évalué en « valeur de marché » permettant d'avoir dans un an des fonds propres positifs dans 99,5 % des cas.

À cet effet, une formule standard est proposée pour déterminer le niveau de fonds propres requis aujourd'hui à partir d'hypothèses de mesures et de corrélations des différents risques, sans réaliser de projection de fonds propres.

1. Le contexte et les principes généraux

1.3. Formule standard de solvabilité 2 (version du 30/04/2014)



1. Le contexte et les principes généraux

1.4. Limites et réponse de S2 sur les fonds propres disponibles

Il apparaît plusieurs limites, dont notamment :

- une valorisation des fonds propres dans les nouveaux dispositifs prudentiels qui surpondère les événements conjoncturels de court terme, par construction volatiles, aux dépens des événements structurels de moyen ou long terme ;
- un bilan comptable qui est passé d'une fonction d'enregistrement des flux passés à une fonction d'évaluation des flux attendus utilisables lors d'une transaction ;
- une plus grande difficulté de compréhension du pilotage de l'entreprise par des parties prenantes (*stakeholders*) dans les nouveaux dispositifs prudentiels.

Pour contourner ces imperfections, notamment la première, le régulateur européen se tourne vers deux types de solutions :

- une prime de volatilité,
- une prime d'adossement.

1. Le contexte et les principes généraux

1.5. Limites et réponse de S2 sur les fonds propres requis

Il apparaît plusieurs limites, dont notamment :

- une réduction de la lecture statistique du passé à une période trop récente ;
- une réduction scientiste de la VaR, un trompe l'œil donnant une illusion d'une fausse sécurité ;
- une négligence de l'opportunisme rationnel dans l'affichage de la quasi-suppression du risque de faillite.

En réponse à ces limites, dans les nouveaux référentiels, les dispositions sur les fonds propres disponibles et requis sont complétées par des dispositions sur la mise en place d'un système de gestion des risques.

1. Le contexte et les principes généraux
2. Risques en assurance dans Solvabilité 1
3. Risques en assurance dans Solvabilité 2 (partie 1 : principes de base)
4. Risques en assurance dans Solvabilité 2 (partie 2 : principes complémentaires)
5. Risques en assurance dans Solvabilité 2 (partie 3 : à propos de l'ORSA)

2.1. Solvabilité 1 : débuts et principes

En vertu de leur rôle essentiel dans la sécurisation financière des individus et des sociétés, les organismes d'assurance font l'objet d'une attention particulière des pouvoirs publics avec pour objectif de préserver l'intérêt des assurés, des souscripteurs et des bénéficiaires de contrats.

Le contrôle public des assurances se développe progressivement à partir du début du 20^{ème} siècle : loi de 1898 sur les assurances sociales, loi de 1905 sur les assurances vie, loi de 1935 sur les assurances non-vie, décret-loi de 1938 sur l'ensemble des activités d'assurance (unification du contrôle de l'Etat).

Aujourd'hui, la veille prudentielle sur les opérations d'assurance s'organise principalement en deux niveaux :

- au niveau des contrats (clause de protection des assurés, bonne visibilité, etc.),
- au niveau du contrôle de la solidité financière (solvabilité), et donc de la capacité des organismes à honorer leurs engagements.

2.2. Solvabilité 1 : organisation

Le système de solvabilité actuel a été mis en place dans les années 1970 (et révisé en 2002).

Il s'articule autour de trois axes :

- la constitution de provisions techniques suffisantes (hypothèses prudentes),
- des actifs sûrs, diversifiés, liquides et rentables,
- un niveau de fonds propres supérieur à un niveau minimal (appelé Exigence de Marge de Solvabilité, EMS).

Ces dispositions renvoient généralement à des problématiques de gestion actif-passif (notamment en assurance vie).

2.3. Les provisions techniques vie (cf. R331-3 du C. Ass.)

Provision mathématique (PM) : différence entre la valeur des engagements pris par l'assureur et par les assurés.

Provision pour participation aux bénéfices (PPB) : montant des PB attribuées aux bénéficiaires lorsque ces bénéfices ne sont pas payables immédiatement.

Réserve de capitalisation (RC) et Provision pour risque d'exigibilité (PRE) : cf. ci-après.

Provision de gestion (PGG) : destinée à couvrir les charges de gestion futures non couvertes par ailleurs.

Provision pour aléas financiers (PAF) : destinée à compenser la baisse de rendement de l'actif.

Provision pour frais d'acquisition reportés (PFAR) : destinée à couvrir les charges résultant du report des frais d'acquisition.

Provision pour égalisation (PE) : destinée à faire face aux fluctuations de sinistralité afférentes aux opérations d'assurance de groupe contre le risque décès.

2.4. Les provisions techniques non-vie (cf. R331-6 du C. Ass.)

Provision pour primes non acquises (PPNA) : destinée à constater pour les contrats en cours la part des primes se rapportant aux prochains exercices.

Provision pour risques en cours (PREC) : destinée à constater pour les contrats en cours la charge des sinistres et des frais afférents aux contrats non couverte par les primes ou la PPNA.

Réserve de capitalisation (RC) et Provision pour risque d'exigibilité (PRE) : cf. ci-après.

Provision pour sinistres à payer (PSAP) : destinée à mettre de côté la valeur estimative des sinistres survenus et non payés.

Provision pour risques croissants (PRC) : égale à la différence des valeurs actuelles des engagements respectivement pris par l'assureur et les assurés (pouvant être exigée pour les opérations d'assurance contre les risques de maladie et d'invalidité).

(PE) : destinée à faire face, entre autres, aux fluctuations de sinistralité afférentes aux opérations d'assurance de groupe contre le risque de dommages corporels.

2.5. Les placements (principes)

Généralement, les réglementations visent à ce que les placements représentatifs des engagements réglementés soient sûrs, liquides et rentables.

Concernant la sécurité, il s'agit d'interdire de spéculer avec l'argent des assurés, de privilégier les actifs émis par des entités solvables et de s'assurer de la liquidité des actifs en cas de liquidation.

Concernant la liquidité, il s'agit de s'assurer que les placements sont facilement et rapidement réalisables pour leur valeur comptable, notamment lorsque les engagements de la société sont à court terme. La liste des actifs représentatif exclut donc les actifs par nature très peu liquides (métaux précieux, œuvres d'art, etc.), et les règles de diversification limitent la part des actifs peu liquides.

Concernant l'exigence de rendement, elle doit permettre de faire face aux exigences de revalorisation des PM, malgré les règles de sécurité et de liquidité évoquées ci-dessus.

2.5. Les placements (règles)

Les engagements réglementés doivent en permanence être représentés par des actifs équivalents, c'est-à-dire des actifs d'un montant égal à celui des engagements réglementés.

Par ailleurs, les engagements pris dans une monnaie doivent être représentés par des actifs congruents. Cette règle supporte toutefois quelques dérogations généralement.

Il existe par ailleurs généralement des règles de localisation, selon lesquelles les engagements afférents à un risque situé dans un pays doivent être représentés par des actifs localisés sur le territoire de ce pays (ou de la région associée).

Pour faire face au risque de crédit, il existe enfin généralement deux séries de limitations qui visent :

- la répartition des placements (limitation par catégorie d'actifs) ;
- la dispersion des placements (limitation par émetteur).

2.5. Les placements (risques)

Il convient également pour l'assureur de se prémunir contre le risque de réinvestissement (risque de baisse des taux). Il s'agit du risque que le taux de rendement auquel se feront les investissements futurs soit inférieur aux taux garantis au titre des contrats d'assurance.

Ce risque se concrétise en cas de mouvement à la baisse des taux d'intérêt, par une diminution du rendement des placements.

À l'opposé, l'assureur doit également se prémunir contre le risque de liquidation (risque de hausse des taux). Il s'agit du risque d'avoir à céder des obligations avant leur remboursement, alors que ces obligations sont en moins-value par rapport à leur prix d'achat.

Le risque de liquidation résulte donc d'un actif trop long par rapport au passif, et se concrétise en cas de mouvement de hausse des taux d'intérêt par la réalisation de moins-value.

2.5. Les placements (comptabilisation)

En termes de comptabilité, les placements sont généralement inscrits au bilan en valeur historique (c'est-à-dire en valeur d'achat), à quelques corrections près.

Les corrections sur les valeurs brutes comptables sont les suivantes :

- les placements immobiliers détenus en direct font l'objet d'un amortissement ;
- les titres obligataires détenus en direct (à quelques exceptions près) se caractérisent par une valeur de remboursement et les différences entre prix d'achat et prix de remboursement (surcote ou décote) sont comptabilisés au fil du temps dans des comptes de régularisation ;
- pour tous les placements, si la valeur de l'actif est durablement amoindrie, une provision pour dépréciation durable (PDD) pour le titre considéré est comptabilisée.

L'éventuelle moins value latente globale de l'ensemble des titres non amortissables (actions et immeubles) est comptablement constatée par une provision spécifique (PRE). Ce n'est pas le cas pour les titres amortissables, la réglementation prenant alors en considération leur valeur de remboursement (au regard notamment de la RC).

2.6. Les fonds propres et l'EMS

La solvabilité d'un organisme assureur consiste en sa capacité à honorer les engagements pris à l'égard des assurés et des bénéficiaires. La mesure de la solvabilité dépend avant tout du mode d'évaluation de l'actif et du passif.

Les principaux engagements d'une entreprise apparaissent dans ses provisions techniques, qui doivent lui permettre de faire face aux sinistres prévisibles et aux charges afférentes dans le cadre des contrats souscrits. Cela ne peut cependant garantir absolument qu'elles suffiront à couvrir l'ensemble des sinistres et des charges.

Pour protéger les assurés, il est donc apparu nécessaire d'imposer aux entreprises d'assurance la détention d'un certain montant de ressources supplémentaires, pouvant servir de matelas en cas de sinistres ou de frais imprévus. Ce matelas est appelé marge de solvabilité (le matelas minimum est appelé exigence de marge de solvabilité - EMS -). Il existe des règles pour les éléments constitutifs de cette marge, ainsi que sur le calcul de l'EMS.

2.6. Les fonds propres et l'EMS

L'EMS se calcule en fonction des volumes de primes, des sinistres et des provisions mathématiques (et éventuellement du taux de cession en réassurance) :

- en assurance vie, l'EMS est un pourcentage des provisions mathématiques (entre 1 % et 4 %) et des capitaux sous risques (entre 0,1 % et 0,3 %) ;
- en assurance non-vie, l'EMS est le maximum d'un pourcentage des primes (entre 16 % et 18 %) et de la charge annuelle moyenne des sinistres sur 3 ans (entre 23 % et 26 %).

L'EMS sous Solvabilité 1 présente donc l'avantage d'être simple, forfaitaire et de ne poser aucun problème de mise en œuvre. Elle présente toutefois plusieurs limites :

- elle correspond à une vision plus rétrospective et prédictive ;
- elle ne représente pas le profil de risque des organismes assureurs (non prise en compte explicite des risques financiers, des risques opérationnels, etc.) ;
- elle ne sensibilise pas assez à la nécessité d'analyser, gérer et contrôler ses risques ;
- elle est appliquée de manière différente dans les pays européens ;
- etc.

1. Le contexte et les principes généraux
2. Risques en assurance dans Solvabilité 1
3. Risques en assurance dans Solvabilité 2 (partie 1 : principes de base)
4. Risques en assurance dans Solvabilité 2 (partie 2 : principes complémentaires)
5. Risques en assurance dans Solvabilité 2 (partie 3 : à propos de l'ORSA)

3. Solvabilité 2 (principes de bases)

3.1. La genèse de Solvabilité 2 et les grands principes

Objectifs : « Établir un cadre européen sûr et pérenne pour que l'assurance continue à être un vecteur de croissance et de stabilité économique pour l'Europe ».

En pratique, cela se traduit par :

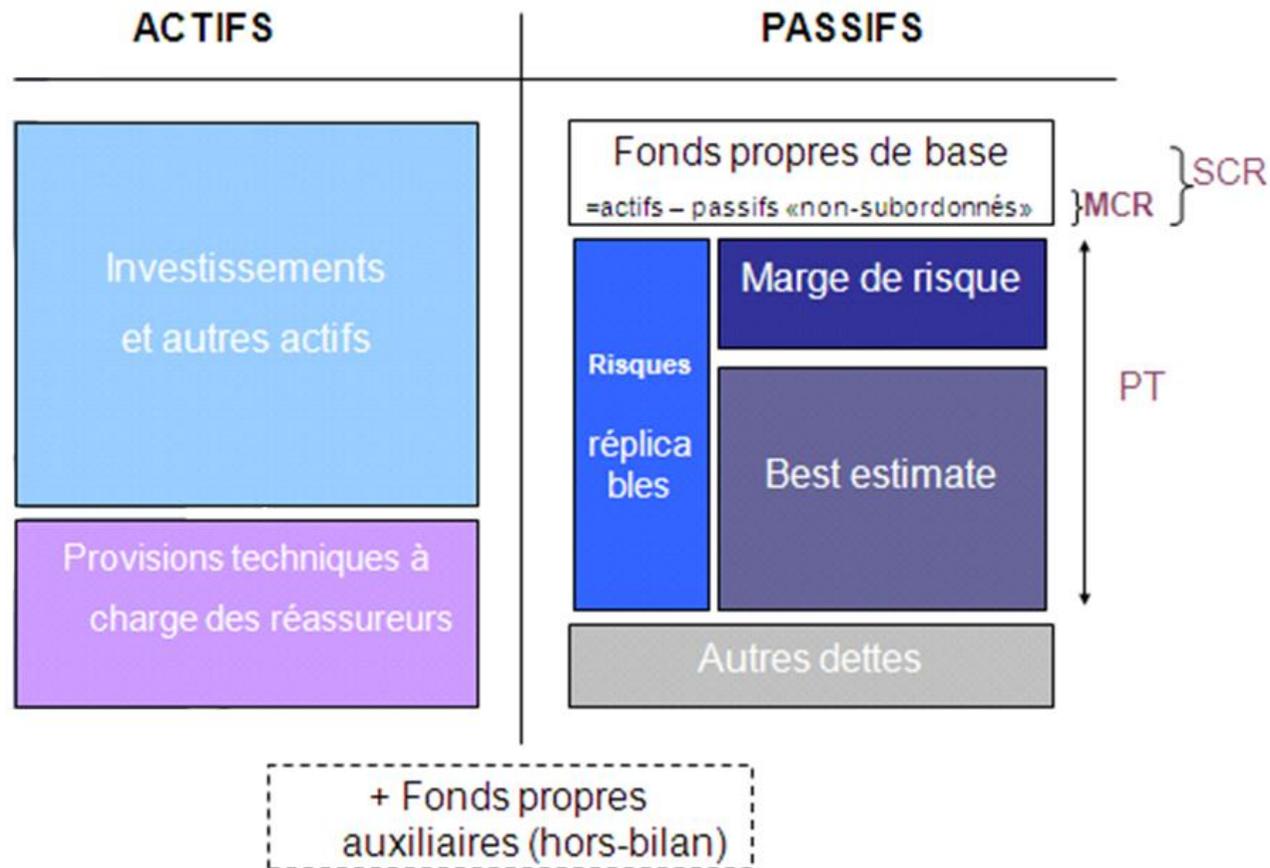
- Une harmonisation européenne
- Des exigences quantitatives prenant mieux en compte les risques

La réforme Solvabilité 2 a ainsi pour ambition de donner aux organismes assureurs les moyens de mieux garantir leur solvabilité tout en construisant un marché unique européen de l'assurance.

Elle vise notamment à adapter le niveau d'exigence minimale de fonds propres aux risques réels auxquels les organismes assureurs sont exposés. Ainsi, plus les actifs ou les passifs détenus par les organismes seront risqués, plus les exigences minimales de fonds propres correspondantes seront importantes.

3. Solvabilité 2 (principes de bases)

3.2. Le bilan prudentiel



3. Solvabilité 2 (principes de bases)

3.3. Les actifs du bilan prudentiel

Les différents actifs doivent être évalués à leur valeur de marché. Lorsqu'ils sont fiables, et que des cours de marché observables sur des marchés très actifs et liquides existent, les valeurs des actifs doivent être égales à ces cours du marché.

Concernant les actifs incorporels, ils seront égaux à leur valeur de marché s'ils sont « cédables », et seront égaux à zéro sinon.

3. Solvabilité 2 (principes de bases)

3.4. Les passifs du bilan prudentiel : best estimate

Le *best estimate* correspond à la valeur actualisée de l'espérance des flux futurs de trésorerie, estimés de façon la plus exacte possible. Seuls les flux associés aux contrats d'assurance (ou de réassurance) existant doivent être pris en compte.

Les limites d'existence d'un contrat d'assurance apparaissent dès que (article 18) :

- l'assureur à une possibilité unilatérale de mettre fin au contrat ;
- ou l'assureur à une possibilité de s'opposer au paiement des cotisations ;
- ou l'assureur à une capacité "illimitée" (dans un sens économique) d'ajuster le montant des cotisations ou des prestations à un moment donné dans le futur.

Les flux entrants sont notamment : les primes futures (éventuellement...) et les créances reçues.

Les flux sortants sont notamment : les prestations et les dépenses liées aux engagements d'assurance (frais d'administration, de gestion des placements, de gestion des sinistres, frais d'acquisition dus, etc.).

3. Solvabilité 2 (principes de bases)

3.4. Les passifs du bilan prudentiel : marge pour risque

La marge pour risque (MR) est la part des provisions techniques (PT) permettant de s'assurer que le montant des PT est équivalent au montant que l'assureur doit disposer pour honorer ses engagements.

Elle est calculée à partir du coût d'immobilisation des fonds propres nécessaires pour atteindre jusqu'au terme le SCR relatif aux engagements d'assurance :

$$CoCM = CoC \times \sum_{t \geq 0} \frac{SCR(t)}{(1 + r_{t+1})^{t+1}}$$

Dans le calcul des SCR pour la MR, le risque de marché ne doit tenir compte que des risques de marché inévitables et aucun ajustement pour impôts n'est à retenir.

En pratique, l'utilisation de simplifications est possible pour la projection des SCR futurs.

3.5. Prise en compte de la réassurance

Dans le bilan économique, les provisions *best estimate* sont évaluées brutes de réassurance, et en contrepartie un actif (ou créance) de réassurance doit être reconnu à l'actif du bilan et calculé de manière *best estimate*.

Ce calcul doit toutefois être ajusté afin de tenir compte des pertes possibles en cas de défaut de la contrepartie, ajustement basé sur une estimation de la probabilité de défaut et de la perte moyenne qui en résulterait. Dans de nombreux cas, l'ajustement peut être évalué de façon simplifiée par la formule suivante (cf. article 61) :

$$Adj_{CD} = -\max\left(\left(1 - 50\%\right) \times BE_{Rec} \times Dur \times \frac{PD}{1 - PD}; 0\right)$$

Si le *best estimate* est évalué brut de réassurance dans le bilan, le calcul de SCR est effectué net de réassurance (les *best estimate* associés aux calculs de SCR sont donc nets de réassurance).

Dans ce contexte, il convient ainsi d'évaluer une charge de capital au titre du risque de défaut du réassureur.

3.6. Traitement des impôts différés

L'impôt différé (*deferred taxes*, DT) sert à éliminer les distorsions qui existent entre la situation comptable et la situation fiscale de façon à présenter une image économique de la situation, non polluée par des règles fiscales.

Ainsi les impôts différés représentent les impôts à venir sur les résultats futurs qui sont intégrés dans la valorisation de marché du bilan solvabilité 2. Ils doivent être évalués lorsque la valeur comptable d'un actif ou d'un passif (au sens de solvabilité 2) est différente de sa valeur fiscale.

Les passifs d'impôts différés doivent être valorisés au montant fiscal que l'on s'attend à payer aux administrations fiscales. Tous les impôts différés passifs doivent être pris en compte.

Les actifs d'impôts différés font référence à ce que l'on s'attend à recouvrer. Pour ces impôts différés, l'organisme doit être capable de prouver qu'elle dégagera à échéance raisonnable des bénéfices fiscaux suffisant pour la réalisation de ce crédit d'impôt.

3.7. Les fonds propres du bilan prudentiel

Dans un premier temps, on distingue les fonds propres de base et les fonds propres auxiliaires (cf. art. 88 et 89 de la Directive).

Ensuite, les fonds propres sont ventilés selon différents degrés d'éligibilité appelés « Tiers » (cf. art. 93 de la Directive), qui dépendent notamment de leur niveau de disponibilité (disponibilité permanente ou subordination). En pratique, on considère T1, T2 et T3, sachant que seuls les éléments de FP de base peuvent se retrouver en T1.

Pour couvrir le SCR, il est nécessaire que :

- $T1 > 50\%$ du SCR ;
- $T3 < 15\%$ du SCR.

Pour couvrir le MCR, il est nécessaire que :

- $T1 > 80\%$ du MCR ;
- $T1+T2$ (fonds propres de base uniquement) $> MCR$.

3. Solvabilité 2 (principes de bases)

3.7. Les fonds propres du bilan prudentiel

En France, 99,64% des fonds propres sont des fonds propres de base. Les fonds propres auxiliaires sont composés à 95% de rappels de cotisation (résultats du QIS5 à fin 2009).

Classification	Part des fonds propres totaux
Tier 1	93,6%
Tier 2	3,5%
Tier 3	2,9%
Total Own funds	100%

Par ailleurs, la grande majorité (93,6%) des éléments de fonds propres a été classée en Tier 1.

Le QIS5 requiert en outre le classement des profits futurs sur primes futures (EPIFP) en Tier 1.

Type d'organisme	Part des EPIFP dans le Tier 1
Total	12,8%
Vie mixte	14,4%
Santé	7,8%
Non-Vie	6,9%

3. Solvabilité 2 (principes de bases)

3.8. Principes de valorisation du SCR avec le MI

L'objectif est de calculer une Value-at-Risk (VaR) à 99,5 % pour le risque de ruine économique de l'assureur à horizon un an.

Pour mémoire, la VaR de niveau α associée au risque X est donnée par :

$$VaR(X, \alpha) = \text{Inf} \left\{ x \mid \Pr[X \leq x] \geq \alpha \right\}$$

Cette mesure de risque a le mérite de reposer sur un concept simple et facilement explicable : $VaR(X, \alpha)$ est le montant qui permettra de couvrir le montant de sinistres engendré par le risque X avec une probabilité α .

Ce concept est directement lié à celui de probabilité de ruine puisque si une société, disposant d'un montant de « ressources » égal à $VaR(X, \alpha)$, assure un unique risque X , sa probabilité de ruine est égale à $1-\alpha$.

3. Solvabilité 2 (principes de bases)

3.8. Principes de valorisation du SCR avec le MI

Sur ces bases, le capital réglementaire défini par Solvabilité 2 (SCR) correspond au montant de fonds propres qu'un organisme assureur doit détenir en $t=0$ pour éviter la ruine économique, à horizon d'un an (en $t=1$) et au niveau de confiance de 99,5 %.

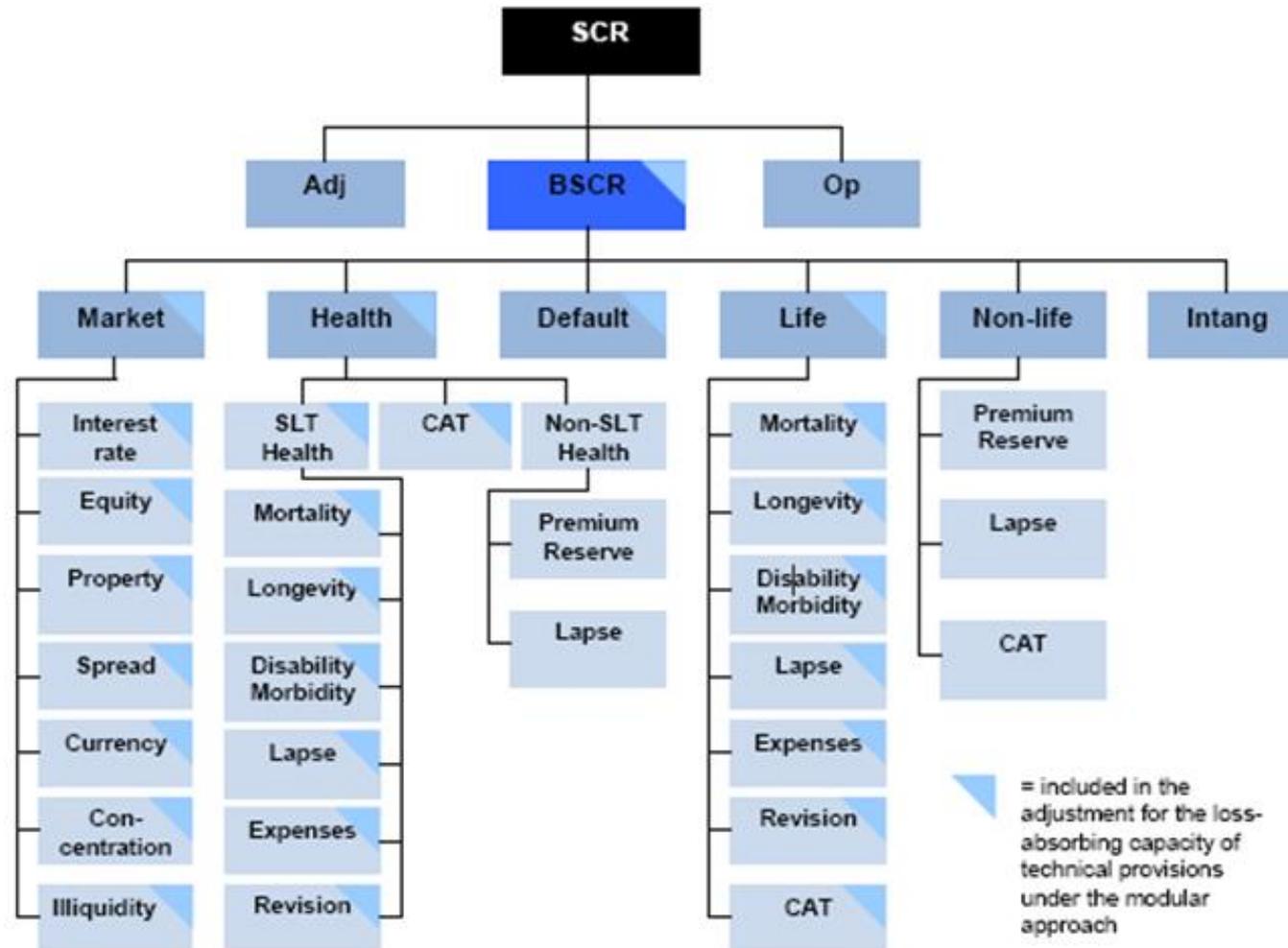
Pour calculer ce capital, il est donc nécessaire de disposer de la distribution des fonds propres (ou actif net, ou situation nette) économiques dans un an (en $t=1$).

Il convient alors de déterminer tous les aléas (économiques, financiers, démographiques, opérationnels, etc.) susceptibles d'intervenir entre $t=0$ et $t=1$ et d'avoir un impact sur le bilan économique en $t=1$.

Une prise en compte de leurs interactions est notamment nécessaire.

3. Solvabilité 2 (principes de bases)

3.9. Principes de valorisation du SCR avec la FS : la structure (QIS5)



3.9. Principes de valorisation du SCR avec la FS : le principe

L'approche avec la FS se décompose en trois étapes (en restant en $t=0$) :

- une cartographie des risques (modules et sous-modules de risques) ;
- un calcul de capital pour chaque sous-module et module de risques ;
- une agrégation des capitaux grâce à des matrices de corrélations linéaires imposées par les textes de l'EIOPA (sachant que $Var(X + Y) = Var(X) + Var(Y) + 2 \times Cov(X, Y)$ et $Cov(X, Y) = \rho(X, Y) \times \sqrt{Var(X)Var(Y)}$).

Le calcul du capital des sous-modules de risque nécessite la constitution d'un bilan économique à la date $t=0$.

Ce bilan économique en $t=0$ doit être constitué en fonction des conditions à la date de calcul, mais aussi lorsque ces conditions subissent des chocs instantanés, qui visent à être homogènes à un quantile à 99,5 % du risque de ruine.

La constitution du bilan économique est donc une étape importante, et n'est pas un exercice n'est pas simple.

3.9. Principes de valorisation du SCR avec la FS : risque de souscription

Les capitaux au titre du risque de souscription, sont principalement évalués à partir de chocs à appliquer aux polices pour lesquels ils conduisent à une hausse des provisions *best estimate* (qu'elles soient positives ou négatives).

Par exemple, le risque de rachat illustre le risque de changement défavorable du passif dû à des changements dans les taux d'exercice de certaines options (de résiliation, etc.).

Le capital du risque de rachat est égal au maximum entre le capital issus de trois chocs :

- down : une baisse instantanée et permanente de 50 % du taux d'exercice des options,
- up : une hausse instantanée et permanente de 50 % du taux d'exercice des options,
- mass : un renoncement instantané de 40 % à 70 % des contrats et une baisse instantanée de 40 % du nombre de contrats pour lesquels une réassurance était prévue.

Les chocs « down » et « up » sont appliqués si, pour un contrat, le choc conduit à une hausse du *best estimate*. Concernant le choc « mass », il doit être appliqué aux contrats pour lesquels la valeur de rachat est supérieure au *best estimate* associée.

3. Solvabilité 2 (principes de bases)

3.9. Principes de valorisation du SCR avec la FS : ajustement pour DT

L'ajustement pour impôts différés (DT) traduit le fait que les impôts futurs de l'organisme seront plus faibles dans un contexte défavorable.

Le calcul de l'ajustement pour DT est défini comme « la variation de la valeur des impôts différés qui résulteraient d'une perte instantanée d'un montant égal au $SCRshock$ » (cf. SCR 2.17), où :

$$SCRshock = BSCR + Adj_{TP} + SCR_{OP}$$

En pratique, le SCR est (sachant que l'ajustement pour DT est négatif, cf. SCR 2.10) :

$$SCR = SCRshock + Adj_{DT}$$

avec

$$Adj_{DT} = -\mathbf{max}(DT - DTshock, 0)$$

où en simplifiant on a :

$$DTshock = \mathbf{max}\left(\left(FPshock - FP_{fisc}\right) \times Tx_{DT}, 0\right)$$

avec

$$FPshock = FP_{S2}^* - SCRshock$$

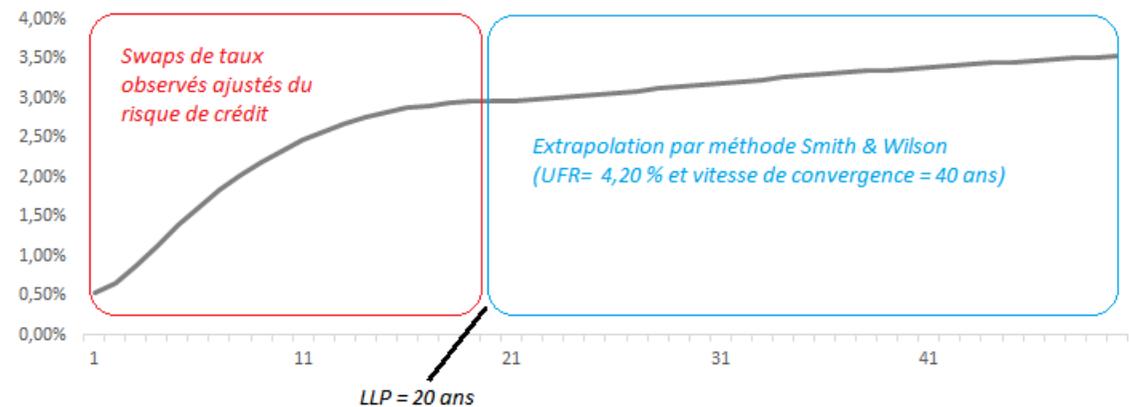
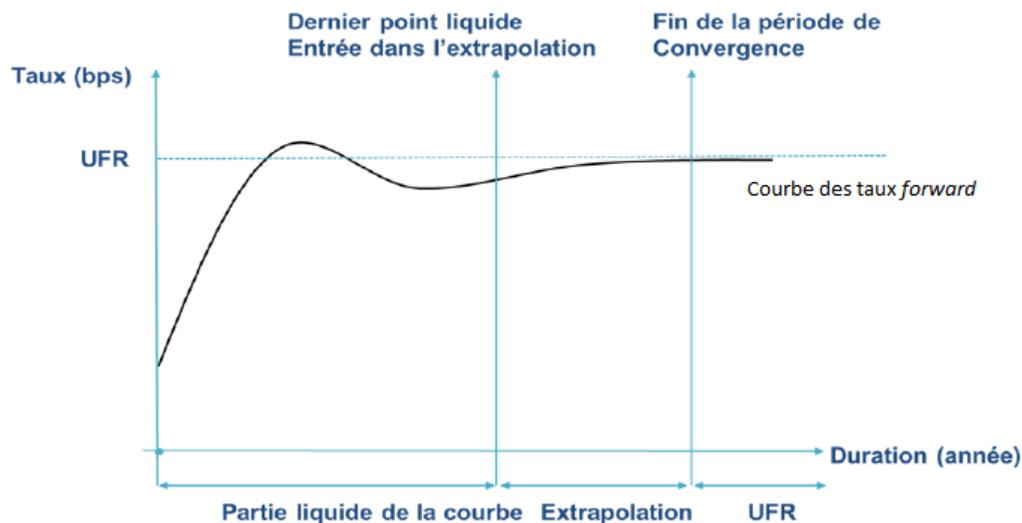
sachant FP_{S2}^* que correspond au montant de fonds propres Solvabilité 2 hors DT.

1. Le contexte et les principes généraux
2. Risques en assurance dans Solvabilité 1
3. Risques en assurance dans Solvabilité 2 (partie 1 : principes de base)
4. Risques en assurance dans Solvabilité 2 (partie 2 : principes complémentaires)
5. Risques en assurance dans Solvabilité 2 (partie 3 : à propos de l'ORSA)

4. Solvabilité 2 (principes complémentaires)

4.1. Courbe des taux hors primes

- La courbe des taux est construite à partir des swaps de taux ajustés du risque de crédit :
- les swaps de taux sont retenus en raison de leur grande liquidité ;
 - ces points sont ensuite interpolés pour former la courbe des taux sur les 20 premières maturités (LLP=20) ;
 - extrapolation à partir de 20 ans en faisant converger la courbe des taux *forward* vers 4,20 % (UFR), avec une vitesse de convergence égale à 40 ans.



4. Solvabilité 2 (principes complémentaires)

4.2. Prime de volatilité (*volatility adjustment, VA*)

Pour l'actualisation des passifs, il est possible d'utiliser la courbe avec VA a priori sans condition d'éligibilité (courbe non applicable pour les actifs) :

- L'origine du VA se trouve dans la prime d'illiquidité introduite lors du QIS5 de 2010.
- Le VA se présente comme une prime sur la partie liquide de la courbe visant à lisser l'effet des mouvements des *spreads* (hors risque de crédit) sur le bilan prudentiel.
- L'évaluation du VA se fait en fonction d'un module « devise » et « national » :
 - **devise** : *spread* moyen observé au sein d'une zone monétaire entre les taux d'intérêt des obligations de cette zone et le taux sans risque, hors risque de crédit, pondéré par la part d'obligation détenue dans le portefeuille représentatif des assureurs de cette zone monétaire.
 - **national** : temporaire et destiné à atténuer les effets d'un écartement des *spreads* au sein d'une même zone monétaire pour les marchés concernés. Ce second module se déclenche automatiquement dès lors que le *spread* moyen national excède 100 points de base (égal à la différence entre le *spread* national pondéré et deux fois le *spread* de la zone monétaire pondéré).
- Ratio d'application de 65 % pour éviter le calcul d'un SCR spécifique.

4. Solvabilité 2 (principes complémentaires)

4.3. Prime d'adossement (*matching adjustment*, MA)

Les assureurs peuvent également utiliser un MA sous condition d'éligibilité :

- Logique similaire au *Volatility Adjustment* (lisser l'effet des mouvements des *spreads*). La logique sous-jacente au MA est que lorsque des actifs et des passifs aux flux prédictibles sont parfaitement adossés, le risque de *spread* est limité au risque de crédit de l'actif.
- Evaluation spécifique à l'organisme.
- Après approbation du superviseur, l'organisme peut appliquer le MA. Il prend la forme d'une prime sur les taux sans risque. Cette prime est égale à la différence entre le *spread* moyen des actifs de l'organisme et un *spread* fondamental correspondant au risque de crédit moyen de ces mêmes actifs.

	Critère d'éligibilité au MA
Type d'engagements	Uniquement les engagements soumis à un risque de longévité, de révision et de frais sont autorisés + un risque de mortalité s'il n'est pas significatif
	Pas d'options, notamment de rachat, à la main des assurés
	Pas de primes futures
Type d'actifs	Actifs à revenus fixes
	Limite du niveau de MA pour les actifs <i>corporate</i> dont la notation est inférieure à BBB
Gestion actif-passif	Critère d'adossement
	« Cantonnement de gestion »

4. Solvabilité 2 (principes complémentaires)

4.4. Discussions calibrage de la FS sur l'agrégation des risques de marché

La récente crise financière et économique a conduit à une large mise en cause des modèles mathématiques en finance, notamment en matière de prise en compte des dépendances extrêmes entre les indices financiers.

En effet, dans un univers non gaussien, la mesure de la dépendance par le coefficient de corrélation n'est pas appropriée et est donc source d'erreurs.

En pratique, on peut alors être amené à se tourner vers les copules, parmi lesquelles on distingue (au sein des copules paramétriques) :

- les copules elliptiques : copule gaussienne (sous-jacente à la distribution normale multi-variée) ou copule de Student (sous-jacente à une distribution multi-variée de Student) ;
- les copules archimédiennes (qui peuvent décrire des structures de dépendance asymétriques) : copule de Cook-Johnson (ou Clayton ou Kimeldorf-Sampson), copule de Franck, copule de Gumbel.

4. Solvabilité 2 (principes complémentaires)

4.4. Discussions calibrage de la FS sur l'agrégation des risques de marché

À partir d'un modèle d'Ahlgrim, Armel et al. [2011] proposent de générer des scénarios économiques à partir de deux approches : la structure de dépendance gaussienne et la copule optimale (Cook-Johnson).

Pour mesurer l'impact des différences d'approches, on considère deux indicateurs : un dans le cadre de la gestion d'actifs, et un autre dans un contexte d'évaluation de besoin en capital.

On suppose dans la suite étudier un cas simple où le portefeuille est composé de 3 actifs :

- 80 % d'obligations sans risque zéro-coupons de maturité 5 ans ;
- 10 % d'actions diversifiées sur le marché français ;
- 10 % d'immobilier.

4. Solvabilité 2 (principes complémentaires)

4.4. Discussions calibrage de la FS sur l'agrégation des risques de marché

Le premier indicateur est le rapport des VaR à 0,5 %. Ce rapport correspond au rapport des deux VaR du portefeuille calculées sur la période $[0, t]$ et s'écrit :

$$R(t) = \frac{VaR_{[0,t]}^{Gauss}}{VaR_{[0,t]}^{Cook-Johnson}}$$

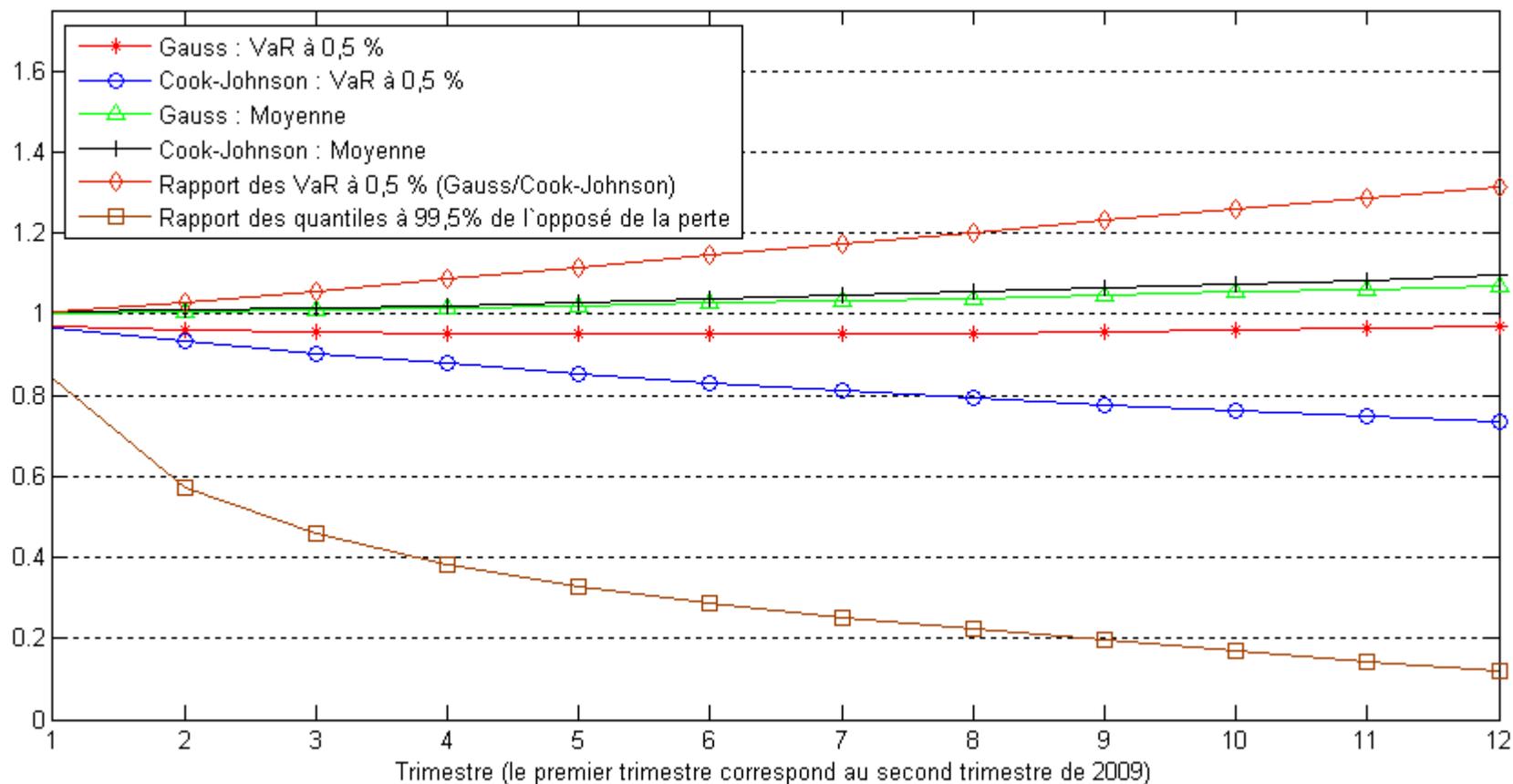
Il apparaît que la VaR à 0,5 % de la valeur du portefeuille évaluée par l'approche basée sur la copule gaussienne est supérieure à celle évaluée avec l'approche basée sur la copule de Cook-Johnson (une illustration est présentée sur le graphique ci-après).

En effet, le rapport des quantiles sur un an est de 1,086.

Cela signifie que la plus faible valeur du portefeuille à un an, au quantile 0,5 %, est 8,60 % supérieure avec la copule gaussienne qu'avec la copule de Cook-Johnson.

4. Solvabilité 2 (principes complémentaires)

4.4. Discussions calibrage de la FS sur l'agrégation des risques de marché



4. Solvabilité 2 (principes complémentaires)

4.4. Discussions calibrage de la FS sur l'agrégation des risques de marché

Le second indicateur numérique retenu est le rapport du montant du capital à constituer.

Ce montant est égal au quantile à 99,5 % de l'opposée de la perte et est donc égal à 1 (valeur initiale du portefeuille) diminué du quantile à 0,5 % de la valeur du portefeuille. Le second indicateur s'écrit ainsi :

$$R'(t) = \frac{1 - VaR_{[0,t]}^{Gauss}}{1 - VaR_{[0,t]}^{Cook-Johnson}}$$

Le rapport des montants du capital à constituer sur un an est de 38,30 %.

Ce qui signifie que le montant du capital à constituer avec la copule gaussienne représente moins de 40 % du montant du capital à constitué avec la copule de Cook-Johnson (en pratique, le besoin en capital est égal à 0,047 avec la copule gaussienne, contre 0,122 avec la copule de Cook-Johnson).

4. Solvabilité 2 (principes complémentaires)

4.4. Discussions calibrage de la FS sur l'agrégation des risques de marché

Ici, on cherche à positionner le besoin en capital obtenu avec la copule de Gauss ou avec la copule de Cook-Johnson par rapport au SCR du risque de marché de la formule standard du QIS5.

Les résultats du SCR marché sont présentés dans le tableau suivant :

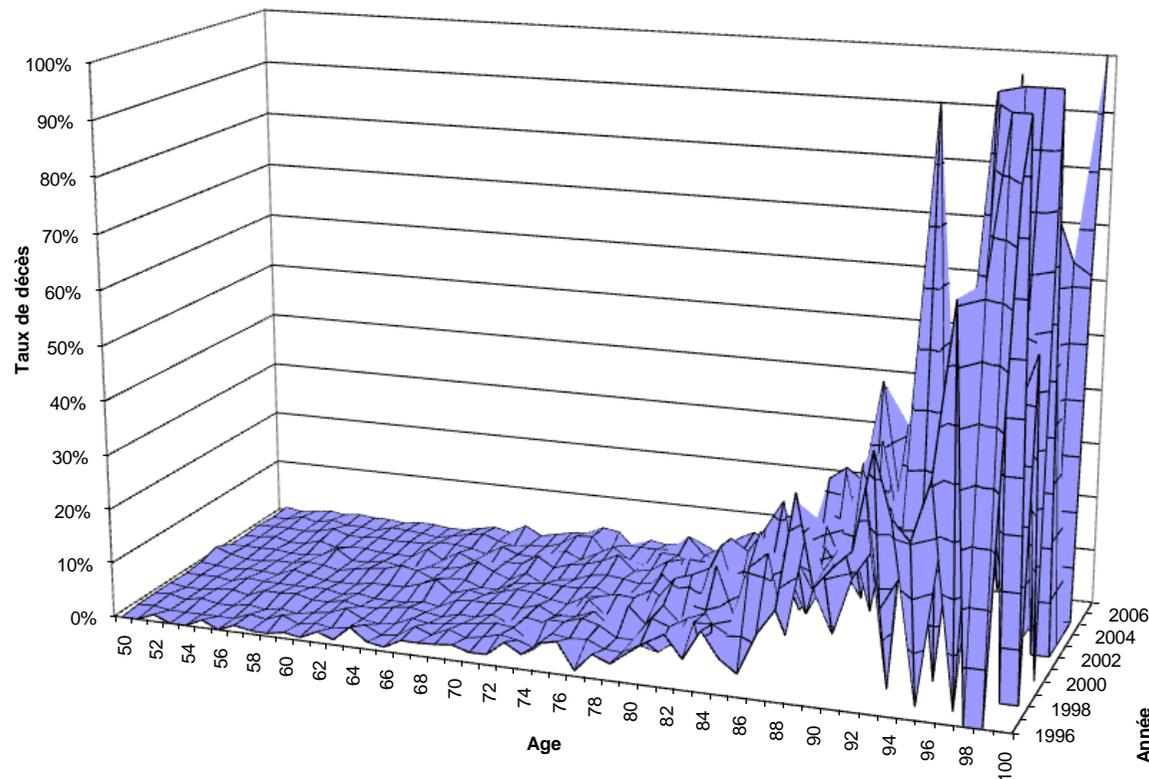
Risque	Charge de capital (formule standard)
Taux d'intérêt	0,056
Action	0,030
Immobilier	0,025
SCR Marché (scénario Up)	0,076

Le SCR du risque marché de la formule standard du QIS5 est donc égal à 0,076. Pour mémoire, le besoin en capital estimé à partir des projections est égal à 0,047 (soit -39 %) lorsque l'on utilise la copule gaussienne, et est égal à 0,122 (soit +60 %) lorsque l'on utilise la copule de Cook-Johnson.

4. Solvabilité 2 (principes complémentaires)

4.5. Discussions calibrage de la FS sur le choc de longévité

On dispose de données relatives à un régime de retraite de 1996 à 2007 avec une exposition au risque concentrée sur la plage d'âge 50-100 ans. L'exposition annuelle globale est d'environ 8 000 personnes-années (population masculine).



4. Solvabilité 2 (principes complémentaires)

4.5. Discussions calibrage de la FS sur le choc de longévité

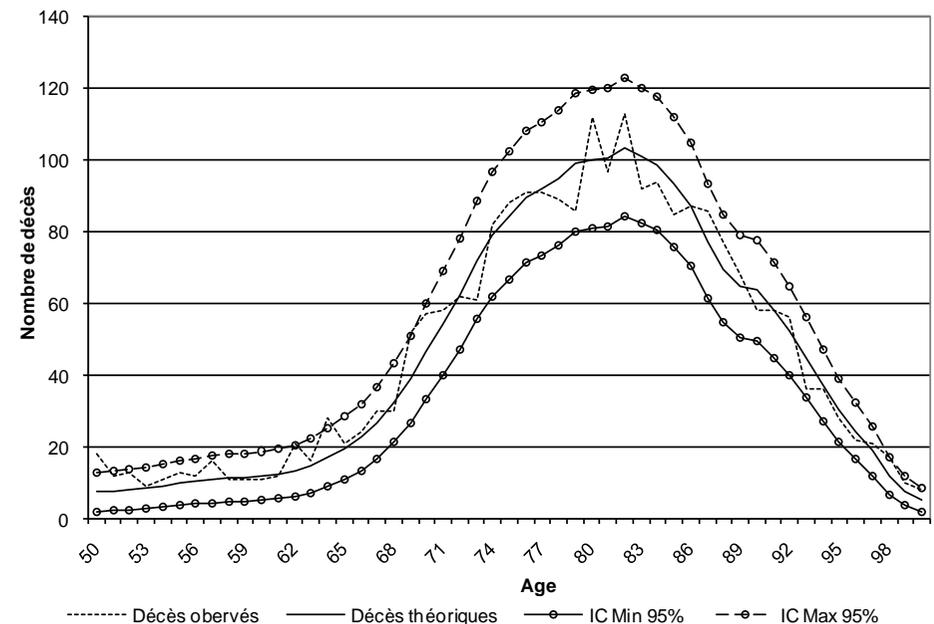
Il a été décidé de s'appuyer sur une référence externe et de construire les tables d'expérience H/F en positionnant la mortalité d'expérience par rapport à cette référence, en l'occurrence les tables réglementaires françaises TGH/F 05.

Le modèle utilisé repose sur :
$$\ln\left(\frac{\hat{q}_{xt}}{1-\hat{q}_{xt}}\right) = a \times \ln\left(\frac{q_{xt}^{réf}}{1-q_{xt}^{réf}}\right) + b + \varepsilon_{xt}$$

où l'on minimise
$$D = \sum_{x,t} R_{xt} (\hat{q}_{xt} - q_{xt})^2$$

La table ainsi obtenue est classiquement validée en comparant les décès théoriques et observés âge par âge sur l'ensemble de la période d'observation.

Le niveau élevé des erreurs relatives sur les nombres de décès impose une attention particulière sur l'analyse des risques.



4. Solvabilité 2 (principes complémentaires)

4.5. Discussions calibrage de la FS sur le choc de longévité

On cherche désormais à mesurer l'impact des fluctuations d'échantillonnage sur l'estimation des paramètres du modèle retenu pour ajuster les taux de décès. La démarche retenue à cet effet consiste, dans un premier temps, à ré-échantillonner les taux de décès bruts à partir de la méthode de simulation directe des taux présentée dans Kamega et Planchet [2012].

Le principe est de simuler des décès dans la loi binomiale $B(R_{xt}; \hat{q}_{xt})$ et d'en déduire des taux de décès simulés :

$$\hat{q}_{xt}^k = d_{xt}^k / R_{xt}$$

Sur cette base on détermine une nouvelle estimation du paramètre (a, b) dans le modèle de positionnement.

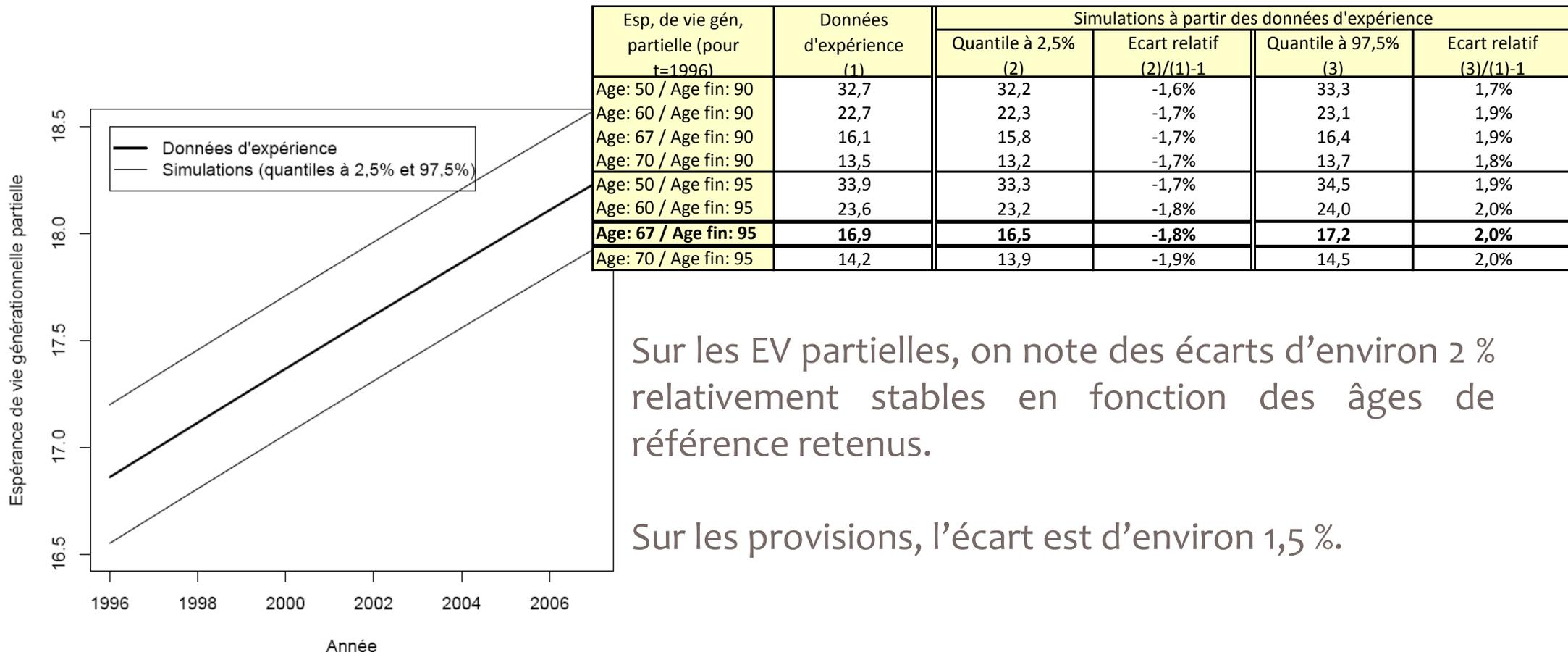
On construit ainsi des taux ajustés simulés (avec 5 000 tirages) :

$$y_{xt}^k = \hat{a}^k \ln \left(\frac{q_{xt}^{réf}}{1 - q_{xt}^{réf}} \right) + \hat{b}^k \quad q_{xt}^k = \frac{\exp(y_{xt}^k)}{1 + \exp(y_{xt}^k)}$$

4. Solvabilité 2 (principes complémentaires)

4.5. Discussions calibrage de la FS sur le choc de longévité

Pour construire un encadrement de la table ajustée, on s'appuie sur l'espérance de vie générationnelle. On a alors typiquement :



4. Solvabilité 2 (principes complémentaires)

4.5. Discussions calibrage de la FS sur le choc de longévité

Dans le cadre de la FS, le risque d'estimation est inclus dans le niveau de capital requis (SCR) à travers le calibrage de la charge de capital du risque de longévité, qui pour mémoire permet d'évaluer le « risque (...) résultant de fluctuations affectant le niveau, l'évolution tendancielle ou la volatilité des taux de mortalité (...) » (cf. art. 105 de la Directive).

Provision - D. d'expérience (1)	Charge capital (FS - Longévité) (2)	Poids de la charge de capital (2)/(1)
4 752	316	6,7%

Dans le cadre d'un modèle interne (partiel), on obtient le résultat suivant pour le calcul de la charge de capital au titre du risque d'estimation (sur la base de l'approche proposée dans Guibert et al. [2010]) :

Provision - D. d'expérience (1)	Charge capital (MIP - Risque estimation) (2)	Poids de la charge de capital (2)/(1)
4 752	92	1,9%

4. Solvabilité 2 (principes complémentaires)

4.5. Discussions calibrage de la FS sur le choc de longévité

La table d'expérience est construite par positionnement par rapport à une référence. Il est souhaitable que les résultats dépendent assez peu de la référence choisie.

Les tables de référence retenues sont les TGH/F 05. Ces tables sont construites à partir de données d'expérience et ont elles-mêmes été obtenues à partir d'un positionnement par rapport aux tables de la population générale française de 1962 à 2000.

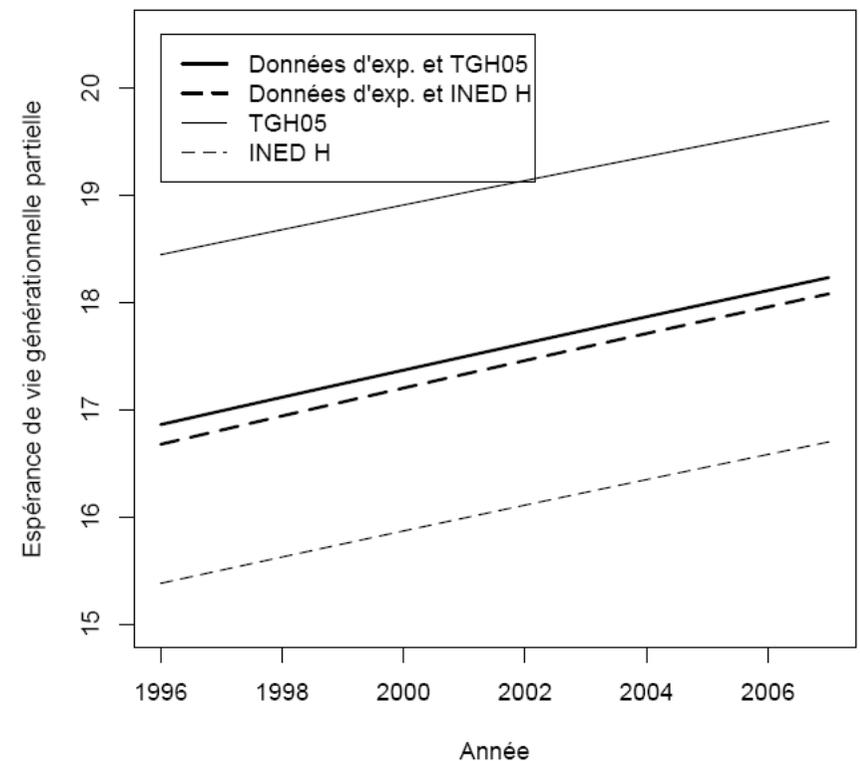
On compare l'ajustement du modèle à partir de deux jeux de tables de référence différents : d'une part à partir des tables de la population assurée (tables prospectives réglementaires TGH/F 05), et d'autre part à partir des tables de la population générale française (tables prospectives de l'INED).

4. Solvabilité 2 (principes complémentaires)

4.5. Discussions calibrage de la FS sur le choc de longévité

L'impact est d'environ 1% de l'EV partielle, soit la moitié du risque d'estimation au titre des fluctuations d'échantillonnage.

Esp. de vie gén. partielle (pour t=1996) Age: 67 / Age fin: 95		Ecart relatif avec (1)
Données d'expérience / Positionnement table population assurée (TGH05) (1)	16,9	0,0%
Quantile à 2,5% (simulations et positionnement TGH05)	16,5	-1,8%
Quantile à 97,5% (simulations et positionnement TGH05)	17,2	2,0%
Données d'expérience / Positionnement table population générale (INED H)	16,7	-1,1%
Table population assurée (TGH05)	18,4	9,4%
Table population générale (INED H)	15,4	-8,8%



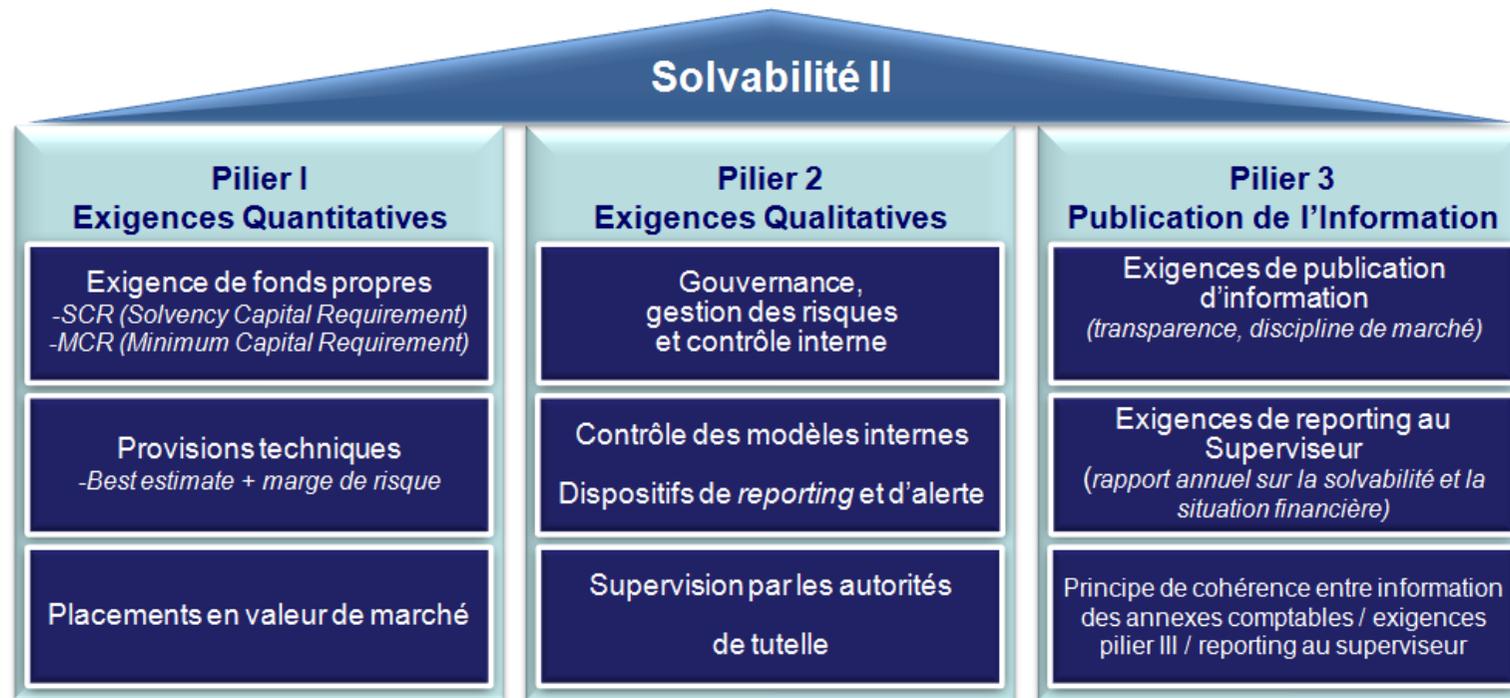
- 1. Le contexte et les principes généraux**
- 2. Risques en assurance dans Solvabilité 1**
- 3. Risques en assurance dans Solvabilité 2 (partie 1 : principes de base)**
- 4. Risques en assurance dans Solvabilité 2 (partie 2 : principes complémentaires)**
- 5. Risques en assurance dans Solvabilité 2 (partie 3 : à propos de l'ORSA)**

5. Solvabilité 2 (à propos de l'ORSA)

5.1. A propos du pilier 2

Solvabilité 2 s'organise en trois piliers :

- Pilier 1 (purement quantitatif) : vise à s'assurer que l'organisme a la capacité, à une date donnée, de faire face sur les 12 mois à venir, à ses obligations dans 99,5% des cas.
- Pilier 2 (qualitatif et quantitatif) : vise à compléter les exigences du 1er Pilier.
- Pilier 3 : harmonise et enrichit la communication faite aux assurés et à l'ACPR.



5. Solvabilité 2 (à propos de l'ORSA)

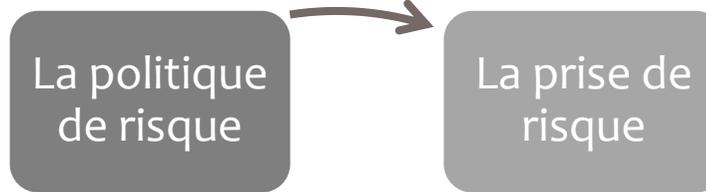
5.1. A propos du pilier 2



5. Solvabilité 2 (à propos de l'ORSA)

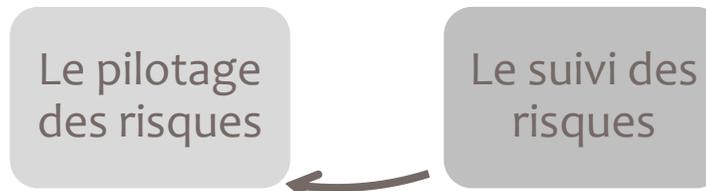
5.2. De la gestion des risques...

L'assureur **identifie** et **explícite** les risques maximums qu'il est prêt à prendre pour le développement de son activité



L'assureur **identifie** et **explícite** les risques qu'il prend pour le développement de son activité

L'assureur **gère** les risques pris (atténuation des risques)



L'assureur **mesure** et **contrôle** les risques pris (reportings, etc.)

Un tel dispositif doit être complet, cohérent, homogène, intégré dans l'activité opérationnelle et avec les systèmes d'information et surtout compréhensible par tous.

5.3. ... à l'ORSA 2014

La mise en œuvre passe en pratique par une projection du compte de résultats et du bilan dans le cadre du plan stratégique.



5.4. A propos de l'ORSA 2014

L'ORSA (ou évaluation interne des risques et de la solvabilité) est un processus essentiellement prospectif dans lequel il est demandé aux organismes de procéder à 3 évaluations :

- l'évaluation du besoin global de solvabilité (BGS),
- l'évaluation du respect permanent des obligations réglementaires,
- l'évaluation de la mesure dans laquelle le profil de risque de l'organisme s'écarte des hypothèses qui sous-tendent le calcul du SCR.

En pratique, l'ORSA peut être appréhendé sous différents angles :

- Une façon de travailler,
- Un outil d'évaluation des risques,
- Une exigence réglementaire,
- Une outil de planification.

5.5. ORSA 2014 : le BGS

L'évaluation du BGS passe par une évaluation des moyens nécessaires pour faire face aux risques importants auxquels est soumis l'organisme : réassurance, immobilisation de capital, plan d'urgence, couverture par des options, allocation d'actifs, moyens organisationnels et humains, etc.

En pratique, le BGS, qui dépasse le cadre du seul capital, diffère du SCR car :

- le calcul de SCR se limite aux seuls risques quantifiables et importants alors que le BGS doit couvrir tous les risques importants (y compris donc les risques de réputation, etc.) ;
- le SCR traduit les préoccupations prudentielles et réglementaires tandis que le BGS traduit également des considérations propres et commerciales de l'organisme ;
- l'évaluation du BGS peut faire intervenir divers types de métrique contrairement au SCR qui se limite à la VaR.

5. Solvabilité 2 (à propos de l'ORSA)

5.6. ORSA 2014 : le respect permanent des obligations réglementaires

Cette évaluation prospective consiste à apprécier la capacité de l'organisme à satisfaire aux exigences réglementaires (en termes de couverture du SCR), en particulier en situation adverse, en considérant des simulations de crises pertinentes.

Cette deuxième évaluation fait clairement une plus grande place aux exigences quantitatives de Solvabilité 2.

En pratique toutefois, cette évaluation reste propre et libre dans une large mesure, en particulier concernant le choix des méthodes et simulations pertinentes de crises ou de crises inversées.

Le respect permanent n'est pas une obligation de recalcul du SCR complet à chaque instant. Une estimation simplifiée peut suffire. Son degré de précision et la fréquence d'évaluation est fonction de la volatilité des fonds propres et du taux de couverture de la compagnie.

5. Solvabilité 2 (à propos de l'ORSA)

5.7. ORSA 2014 : l'évaluation de l'écart profil de risque / hyp. du SCR

Dans le cadre de cette évaluation, l'organisme est amené à se poser la question de savoir :

- si tous les risques quantifiables et importants auquel il est soumis sont contenus dans le calcul du SCR,
- si la calibration de ces risques dans le calcul du SCR est conforme à son profil de risque,
- si l'interdépendance entre les risques de l'organisme correspond bien à la façon dont elle est modélisée dans le calcul du SCR.

Cette évaluation doit être *a minima* qualitative et, dans le cas où l'écart est jugé significatif, quantitative.

En outre, en pratique, les organismes utilisant la formule standard doivent sélectionner les hypothèses qui font intervenir les données propres à leur profil de risque.

Parlement européen, Conseil [2009] « [Directive du Parlement européen et du Conseil sur l'accès aux activités de l'assurance et de la réassurance et leur exercice \(Solvabilité II\) \(Refonte\)](#) », *Union européenne*, PE-CONS 3643/6/09, REV 6.

Parlement européen, Conseil [2015] « [RÈGLEMENT DÉLÉGUÉ \(UE\) 2015/35 DE LA COMMISSION du 10 octobre 2014 complétant la directive 2009/138/CE du Parlement européen et du Conseil sur l'accès aux activités de l'assurance et de la réassurance et leur exercice \(solvabilité II\)](#) », *Union européenne*.

De manière générales, l'essentiel de la documentation sur Solvabilité 2 :

<https://esurfi-assurance.banque-france.fr/current/textes-reglementaires-et-documentation/textes-reglementaires/>

Aymric Kamega

aymric.kamega@univ-brest.fr

EURIA

Université de Bretagne Occidentale

6 avenue le Gorgeu

CS 93837

29238 Brest Cedex 3

Tél : +33-2-98-01-66-55

www.euria.univ-brest.fr

<http://www.ressources-actuarielles.net>

<http://blog.ressources-actuarielles.net>

<http://afrique.ressources-actuarielles.net>