

**Mémoire présenté devant le Centre d'Etudes Actuarielles
pour l'obtention du diplôme
du Centre d'Etudes Actuarielles
et l'admission à l'Institut des Actuaire
le 23 juin 2011**

Par : Nicolas Wesner

Titre : Quel cadre réglementaire prudentiel pour les fonds de pension européens ?
Un fonds de pension anglais à l'épreuve du QIS 5

Confidentialité : ☒ NON ☐ OUI (Durée : ☐ 1an ☐ 2 ans)
Les signataires s'engagent à respecter la confidentialité indiquée ci-dessus

Membre présent du jury de
l'Institut des Actuaire :

signature

Entreprise :

Nom : Mazars Actuarial

Signature :

Directeur de mémoire en entreprise :

Nom : Alexandre Guenet

Signature :

Invité :

Nom : _____

Signature : _____

Membres présents du jury du
Centre d'Etudes Actuarielles :

Thomas BEHAR

Vincent DAMAS

Gérard CROSET

Arnaud COHEN

Jean-Pierre DIAZ

Brigitte DUBUS

Paul ESMEIN

Michel FROMENTEAU

Benoît HUGONIN

Christophe IZART

Pierre PETAUTON

Florence PICARD

Christian-Yann ROBERT

Secrétariat :

Bibliothèque :

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

Signature du responsable entreprise

Signature du candidat

Table des Matières

Table des Matières	3
Résumé.....	5
Introduction.....	6
1. Les fonds de pension européens.....	12
1.1. Un panorama des fonds de pension en Europe	12
1.1.1. Les intervenants	12
1.1.2. Le type de prestation et le partage du risque	13
1.1.3. La réglementation	15
1.2. Les mécanismes de sécurité	16
1.2.1. Les mécanismes procurant une sécurité ex-post.....	17
1.2.2. Les mécanismes procurant une sécurité ex-ante.....	18
1.2.3. Les obligations indexées sur l'inflation.....	20
1.3. Les spécificités des fonds de pension.....	21
1.3.1. Type de risque	21
1.3.2. Allocation stratégique	22
1.3.3. Mécanisme de partage de risque	22
1.4. Un fonds de pension théorique au Royaume Uni	23
1.4.1. Description du régime	23
1.4.2. Les provisions techniques.....	24
1.4.3. Le Bilan et le compte de résultat du fonds.....	28
1.4.4. La politique d'investissement.....	28
1.5. Conclusion	30
2. Le QIS 5 est-il adapté aux fonds de pension ?.....	31
2.1. La Directive Solvency II.....	31
2.1.1. Les trois piliers de Solvabilité II	31
2.1.2. Le QIS 5	34
2.2. La lecture de la grille des risques du QIS 5 pour un fonds de pension.....	34
2.2.1. Les limites du contrat	34
2.2.2. La cartographie des risques.....	36
2.3. Le calcul du Best Estimate	42
2.3.1. Principes de calcul	42
2.3.2. Inflation implicite et Prime de risque	45

2.3.3.	La situation du marché anglais à fin 2009	50
2.4.	Evaluation du SCR par la formule standard	51
2.4.1.	Rappels d'économie monétaire	51
2.4.2.	Définitions des chocs	53
2.5.	Marge de risque	56
2.6.	L'approche par Modèle interne.....	57
2.6.1.	Risque de souscription	57
2.6.2.	Approche par les déflateurs	61
2.6.3.	Générateur de scénario économique.....	67
2.7.	Conclusion	71
3.	Mise en œuvre pratique	72
3.1.	Formule Standard	72
3.1.1.	Calcul du Best Estimate	72
3.1.2.	Calibration des chocs.....	72
3.1.3.	Résultat.....	75
3.1.4.	Etude de sensibilité	76
3.2.	Modèle Interne.....	78
3.2.1.	Calibration du modèle de Brennan et Xia	78
3.2.2.	Résultats	82
3.3.	Extensions.....	83
3.3.1.	Modification de l'hypothèse d'inflation future	83
3.3.2.	Modification de l'allocation d'actifs.....	87
3.3.3.	Indexation conditionnelle.....	89
3.3.4.	Modification du choc de longévité.....	90
3.4.	Conclusion	91
	Conclusion	94
	BIBLIOGRAPHIE.....	96

Résumé

La question de la mise en place d'un système de réglementation prudentiel fondé sur le risque aux fonds de pension européens a été réintroduite avec la réalisation de la 5^{ième} étude d'impact de la Directive Solvency II et la publication du livre vert sur les retraites. La suggestion de la commission de retenir la Directive Solvency II comme le cadre de référence pour l'élaboration d'un régime prudentiel adapté aux fonds de pension a été vivement critiquée en Angleterre et au Pays Bas où les régimes de retraite professionnelle sont obligatoires et constituent une charge significative pour les employeurs.

Ce mémoire présente une application du QIS 5 à un fonds de pension théorique. Ce fonds de pension est caractérisé par un régime à prestations définies de rentes viagères assises sur le salaire final et indexées sur l'inflation. L'analyse se place dans le cadre de l'économie du Royaume Uni.

Les problèmes pratiques rencontrés dans cette application relèvent principalement du fait que le risque lié à l'inflation future n'a pas été traité de manière approfondie dans les spécifications techniques du QIS 5. Ainsi, la formule standard et notamment le scénario de choc de taux d'intérêt ne permet pas d'appréhender la complexité des interactions entre l'inflation, les taux d'intérêts nominaux et les taux réels. D'autre part, les spécifications techniques du QIS 5 ne préconisent aucune référence pour le taux d'intérêt réel sans risque. Or l'utilisation de l'inflation implicite sur les obligations d'état, qui est naturelle dans le cadre d'une approche *Market Consistent*, implique de reconnaître l'existence de primes de risques spécifiques aux obligations indexées, ce qui peut être contestable dans le cadre de l'évaluation d'un passif de retraite. D'une manière générale, cette étude montre que les choix de modélisation doivent être précisés car ils peuvent conduire à des résultats très divergents.

Dans le cadre de l'application de la formule standard, nous utilisons la relation de Fisher, qui exprime une condition d'absence d'opportunité d'arbitrage sur le marché des obligations, pour la définition des scénarios de chocs. Cette approche s'inscrit dans une logique *Market Consistent* et permet de définir un cadre théorique structuré. Différentes variantes sont considérées dans l'application pratique.

Dans le cadre de l'approche par modèle interne, les différents risques de souscription : longévité, départ anticipé à la retraite, turn-over, et croissance des salaires sont modélisés de manière stochastique. Les variables économiques telles que l'inflation, le rendement des actions, les taux d'intérêts réels et nominaux sont générés à partir du modèle de Brennan et Xia (2002) calibré sur les données mensuelles de l'économie anglaise des 12 dernières années. En utilisant la technique des déflateurs, ce modèle permet de générer des scénarios économiques dans l'univers de probabilité historique tout en fournissant une valorisation *Market Consistent* du passif et de l'actif. Ce modèle présente également l'intérêt de permettre la prise en compte des données exogènes dans la calibration du modèle, ce qui s'avère utile dans le cas des données issues du marché des obligations indexées au Royaume Uni à fin 2009.

Dans le cas de l'application de la formule standard, le passif du fonds de pension augmente de 145% par rapport au provisionnement sous IAS 19, contre 136% lorsque le SCR est évalué à partir du modèle interne.

Introduction

« Aucun système juridique européen ne dispose d'un outil pour planifier le transfert de richesse intergénérationnel qui puisse rivaliser avec un fonds immobilier anglo-américain bien conçu, qui combine la rigueur managériale du trust avec la flexibilité que notre droit de la propriété permet ».
(J. Langbein 1995)

Le trust est à l'origine un arrangement médiéval qui permet au chevalier partant en croisade de mettre son fief entre les mains d'un pair chargé de veiller à l'entretien de sa famille. Il est progressivement devenu l'instrument du droit anglais qui organise la transmission de l'héritage au sein des familles fortunées avant d'être adopté par les employeurs pour structurer les fonds de pension.

De nos jours les fonds de pension n'ont pas toujours bonne presse et riment souvent avec scandale dans l'actualité financière et sociale. La faillite d'Enron en 2001 ou plus récemment les scandales du fonds de pension de Shanghai et de celui de l'état de New-York ne contribuent pas à améliorer leur réputation tant sur le plan de leur mode de fonctionnement que sur celui de leur efficacité.

En Europe, la crise financière et le vieillissement de la population ont placé la question des retraites au cœur des préoccupations des gouvernements. Cependant, les scandales liés aux fonds de pension ne sont pas courants et la retraite professionnelle prend des formes diverses au sein des pays de l'union. Exception faite du Royaume Uni, le système du trust n'y est pas prépondérant comme aux Etats Unis et l'importance relative des régimes de retraite du second pilier, les pratiques et la réglementation diffèrent de manière significative. En Allemagne, les entreprises supportent seules leurs engagements en matière de retraite professionnelle, en France les institutions de retraite professionnelle sont soumises à la même réglementation que les sociétés d'assurance. Cette diversité liée à des facteurs historiques, sociaux et culturels est certainement un obstacle à la constitution d'un cadre commun à l'échelle européenne. La retraite professionnelle constitue cependant un enjeu important en Europe. En effet le rôle social et l'influence sur les marchés financiers des fonds de pension sont indéniables et largement reconnus.

Le conseil européen considère les institutions de retraite professionnelle comme des institutions financières majeures, qui ont un rôle essentiel à jouer dans l'intégration, l'efficacité et la liquidité des marchés financiers (Directive 2003/41/CE). Plus récemment à travers le lancement du « livre vert sur les retraites » (CE 2010), la commission européenne rappelle que le cadre réglementaire en place à l'échelon de l'UE a pour objectif de garantir des systèmes de retraites adéquats, viables, modernes et transparents. Ce document qui se présente comme une annonce de consultation précise que la Directive Solvency II devrait constituer un point de départ à toute réflexion portant sur la mise en place d'un cadre réglementaire commun.

La Directive Solvency II qui rentrera en vigueur à partir de 2012 pour toutes les sociétés d'assurance européennes est un système de contrôle prudentiel fondé sur la mesure du risque. La structure de la Directive, largement inspirée de la Directive Bâle II pour les banques, est constituée de trois piliers : les règles quantitatives d'estimation des actifs, passifs et des besoins de marge de solvabilité, le processus de contrôle et la discipline de marché. Ce projet

de réforme ambitieux vise à remplacer le cadre réglementaire défini par les principes de Solvabilité I, jugé obsolète et inadapté à la complexité des produits d'assurance

A l'aube de l'entrée en vigueur de la Directive, les fonds de pension européens n'ont toujours pas un projet de réglementation prudentielle fondée sur la mesure du risque. La directive IORP, qui constitue le seul réel cadre réglementaire commun, définit les exigences de solvabilité de la même manière que la Directive Solvency I, comme un pourcentage des provisions techniques. Ainsi au niveau européen, contrairement aux banques et bientôt aux sociétés d'assurance, la solvabilité des fonds de pension n'est pas jugée au regard de la nature de leurs actifs financiers. Concernant le risque de marché, le seul principe imposé par le cadre réglementaire actuel est celui de la « prudent person rule » qui implique que les choix d'investissement doivent être réalisés dans le cadre d'une gestion de type « bon père de famille ».

La question d'inclure les fonds de pension dans le périmètre de la directive Solvency II a été abandonnée en 2008 avant même la préparation du QIS5, censé être le test final. Cette question, qui a été largement débattue, réapparaît aujourd'hui avec le livre vert sur les retraites. S'il est désormais admis que le cadre défini par la directive devrait le cas échéant être adapté pour les fonds de pension, l'hostilité affichée à l'encontre de ce projet n'a pas faibli et les arguments en sa faveur n'ont pas vraiment changé.

Solvency II devrait-il s'appliquer aux Fonds de Pension ?

Pour certains observateurs l'intégration des fonds de pension dans le périmètre de la directive Solvency II, ou d'une version adaptée, s'inscrit dans la continuité du plan d'action proposé par la commission européenne pour la mise en place d'un marché intérieur des services financiers. La Directive IORP ne va pas assez loin dans la mesure de la solvabilité et l'exigence en capital. L'application de Solvency II aux fonds de pension permettrait d'accéder à un environnement économique plus concurrentiel et plus harmonisé tout en apportant aux consommateurs un niveau de protection plus important en matière de retraite professionnelle.

Le point d'ancrage de ces arguments est que les fonds de pension présentent le même profil de risque que les sociétés d'assurance vie car ils fournissent le même type de service financier, ils devraient par conséquent être soumis aux mêmes règles.

Renforcer les mécanismes de leur surveillance prudentielle en les soumettant à l'examen quantitatif qu'impose Solvabilité II permettrait aux bénéficiaires de pension de bénéficier du même niveau de sécurité que les détenteurs de polices d'assurance.

D'autre part, imposer aux fonds de pension les mêmes contraintes en terme de capitalisation et de gestion d'actifs qu'aux institutions soumises au règlement de Solvency II, permettrait d'harmoniser le marché des retraites et le rendrait plus concurrentiel (European Parliaments Report on the Commission White Papers « Financial Services Policy 2005-2010).

Enfin l'instauration d'un marché intérieur concurrentiel au niveau européen rend nécessaire la mobilité des travailleurs, qui ne saurait exister sans la portabilité des retraites. Dans ce cadre transfrontalier des différences substantielles dans les contraintes réglementaires pourraient susciter des arbitrages par les fonds de pension et les gouvernements. L'instauration d'un cadre réglementaire unique tel que Solvency II permettrait aux institutions de retraite d'opérer

de façon transfrontalière dans des conditions concurrentielles, contribuant ainsi au développement d'un véritable marché européen des retraites.

Les arguments en défaveur de l'application du cadre de Solvency II aux fonds de pension sont nombreux et divers. Le point d'ancrage de ces arguments est que les fonds de pension sont, à l'instar des banques, différents des sociétés d'assurance et requièrent par conséquent un cadre réglementaire différent.

La retraite ne constitue pas un produit commercial et présente une dimension sociale, culturelle voire historique.

La mise en place d'un marché commun des retraites ne semble ni souhaitable ni réaliste compte tenu de la diversité des régimes de retraite au sein de l'union. Plus généralement la responsabilité sociale des fonds de pension est foncièrement différente de celle des sociétés d'assurance vie. A ce titre, l'Association des fonds de pension néerlandais considère que les fonds de pension produisent des biens qui ressemblent plus à des retraites d'état que des produits d'assurance. Les réactions et réflexions suscitées en 2010 par les réformes des retraites en France et en Angleterre montrent que la mise en place d'un cadre réglementaire ne peut pas se poser de la même manière pour les retraites que pour un autre secteur d'activité.

Considérer les fonds de pension comme des concurrents des sociétés d'assurance n'est pas justifié.

Les fonds de pension ne démarchent pas leurs clients sur le marché comme le font les sociétés d'assurance vie, ils n'ont généralement qu'un nombre limité de sponsors et servent des prestations pour une catégorie bien définie de bénéficiaires sans avoir la possibilité de se diversifier ou de changer de clientèle. L'existence de cadres réglementaires différents pour les fonds de pension et les sociétés d'assurance ne constitue par conséquent pas un frein à la libre concurrence et à l'efficacité des marchés.

Le risque supporté par les fonds de pension diffère de celui des sociétés d'assurance-vie.

En premier lieu car la nature de ce risque diffère de celui des produits d'assurance-vie classiques. En effet, certains risques inhérents à un régime de retraite professionnelle sont non assurables et non transférables. Ainsi lorsque les prestations de retraite dépendent du niveau du dernier salaire et de la présence au sein de la société à la date de liquidation, le risque associé à l'incertitude sur les revalorisations futures et le turn-over attendu au sein de la population active comporte une part d'aléa moral et peut difficilement être transféré d'une entreprise à une société d'assurance.

Ensuite car les mécanismes de partage du risque au sein d'un régime de retraite sont différents. Les risques relatifs aux produits d'assurance sont supportés par la société elle-même : les actionnaires de la société (Shareholder). Les fonds de pension gèrent des plans de retraite dont le risque est supporté collectivement par les salariés et l'employeur (Stakeholder). L'activité économique de la société constitue le lien prépondérant entre les parties prenantes, sa pérennité prime sur celle du régime de retraite. La volonté d'apporter le même niveau de protection aux bénéficiaires de fonds de pension qu'aux bénéficiaires de contrat d'assurance vie n'est par conséquent pas fondée.

Enfin car il existe déjà des mécanismes de sécurité tels que la prudence incorporée dans les provisions techniques, les réserves réglementaires, les fonds protection ou comme au Royaume Uni le système du « Sponsor covenant¹ ». Un système de protection systématique supplémentaire serait redondant et ne ferait qu'accroître les coûts inhérents à un régime.

Les craintes des conséquences financières que pourrait avoir l'application de la directive Solvency II aux fonds de pension constituent un des principaux fondements de l'opposition à ce projet.

Ainsi l'application de Solvency II aux fonds de pension pourrait s'avérer défavorable aux bénéficiaires. En effet, les mesures de sécurité proposées par le cadre de Solvency II conduiraient les sponsors à immobiliser du capital supplémentaire ce qui pourrait s'avérer inefficace sur le plan économique. Or les régimes de retraite professionnelle ne sont pas toujours obligatoires, ils peuvent résulter de la volonté des entreprises qui peuvent décider à tout moment de leur fermeture ou du gel des droits. Aussi, pénaliser la mise en place de régimes de retraite professionnelle en imposant des contraintes de fonds propre et de solvabilité pourrait décourager les sponsors et conduire à la fermeture de nombreux régimes.

Enfin, les fonds de pension sont des acteurs prépondérants sur les marchés financiers, soumettre ces institutions à des règles qui pénalisent la détention de certaines classes d'actifs pourrait avoir des effets néfastes sur l'économie. De nombreux observateurs ont indiqué que l'application des exigences quantitatives du QIS5 incitait fortement à la détention d'actifs tels que les obligations d'état au détriment d'actifs plus risqués tels que les actions ou les obligations d'entreprise. Pour les opposants à l'application de la Directive Solvency II à la retraite professionnelle il est acquis qu'une réallocation, même marginale, du portefeuille d'actifs de chacun des fonds de pension européens en défaveur des actions ou des obligations d'entreprise serait susceptible de pénaliser la croissance.

Quel cadre réglementaire prudentiel pour les fonds de pension européens ?

S'il est désormais acquis que la plupart des fonds de pension européens seront exclus de la Directive Solvency II², la publication du livre vert sur les retraites démontre que l'Union Européenne n'entend pas écarter la retraite professionnelle de ses champs d'action et de réflexion. Sans évoquer la Directive applicable aux sociétés d'assurance, les états sont déjà d'accord sur quatre principes communs qui devraient constituer les fondements d'un cadre réglementaire européen (« Survey on fully funded, technical provision and security mechanism in the European pension sector » CEIOPS -OPSSC-01/08 31 Mars 2008) :

1. l'importance d'une approche prospective de mesure de risque pour la supervision des régimes de retraite
2. l'évaluation des passifs et des actifs en valeur de marché : principe de *Market Consistency*

¹ Au Royaume Uni le trustee d'un fonds de pension mesure le covenant d'un sponsor par son habilité et sa volonté à remplir son obligation légale de régler les prestations de retraite dans le présent et le futur. Si ce dernier est jugé faible, un niveau de financement supplémentaire sera demandé au sponsor.

² La situation des fonds de pension au regard de la Directive Solvency II n'est pas uniforme en Europe. Tout d'abord car ces derniers présentent une forte hétérogénéité dans leur forme juridique. Ensuite car chaque état membre décide à son niveau quelles sont les institutions qui relèvent du cadre de la Directive Solvency II ou de la Directive IORP.

3. la transparence envers le superviseur sur le niveau de prudence incorporé dans ses provisions
4. le principe de proportionnalité (les contraintes réglementaires sont proportionnelles à la nature, la complexité et l'échelle du risque de l'institution).

Il est intéressant de noter que ces principes s'inscrivent parfaitement dans le cadre défini par la Directive Solvency II.

L'application aux fonds de pension des exigences quantitatives définies par le pilier I nécessiterait cependant des aménagements afin notamment d'appréhender les risques et les mécanismes de sécurité dans leurs spécificités. Certains observateurs ont également indiqué qu'un horizon temporel d'un an paraissait trop court pour juger de la solvabilité des fonds de pension, tout particulièrement au regard de la nature et de l'horizon de détention de leurs actifs. Enfin, la garantie de maintien du pouvoir d'achat des bénéficiaires par l'indexation des rentes semble être une préoccupation que la commission européenne partage avec les partenaires sociaux et qu'il faut intégrer dans les évaluations.

A première vue si l'on écarte les craintes concernant les conséquences financières d'une exigence en fonds propre trop importante, ces aménagements ne semblent pas poser de difficultés particulières. Le principal obstacle à la définition d'un cadre commun semble provenir de la diversité des régimes de retraites professionnelles au sein des états membres. Cette diversité, tant au niveau de la nature des régimes ou de leur mode de fonctionnement, complique la détermination d'un objectif commun en matière de niveau de sécurité souhaitable pour les bénéficiaires de retraite professionnelle. En outre, au regard de la diversité des réglementations nationales, les moyens à mettre en œuvre pour parvenir à cet objectif ne semblent pas encore faire l'objet d'un consensus.

Compte tenu de ces incertitudes, il paraît difficile d'entamer une réflexion sur l'architecture d'un cadre similaire à Solvency II applicable aux fonds de pension sans procéder au préalable à des études d'impacts spécifiques.

Ce mémoire présente une application du QIS5 à un fonds de pension théorique. Ce fonds de pension est caractérisé par un régime à prestations définies de rentes viagères assises sur le salaire final et indexées sur l'inflation. L'analyse se place dans le cadre de l'économie du Royaume Uni qui possède le marché des fonds de pension le plus important d'Europe en termes d'actifs gérés (près de 79% du PIB à fin 2007). Le Royaume Uni possède également un marché d'obligations indexées sur l'inflation suffisamment développé pour permettre aux fonds de pension de couvrir de manière adéquate leur passif. Les questions théoriques soulevées par cette classe d'actifs (Cambell et al. 2009, Brennan et Xia 2002) seront au cœur de cette étude.

La première partie s'attachera à dresser le cadre de l'étude. Après avoir abordé les spécificités et l'environnement des fonds de pension européens, une description du fonds de pension théorique sera présentée en précisant le fonctionnement du régime, l'allocation du portefeuille d'actifs et la couverture du régime à fin 2009. A ce titre une attention particulière sera portée à la situation du marché des obligations indexées à cette date et aux conséquences sur l'évaluation des provisions techniques.

La seconde partie s'intéressera aux modalités de l'application du QIS5 à ce fonds de pension

théorique. Après avoir présenté les fondements de la Directive et la structure du QIS5, l'identification et la qualification des différentes sources de risques au regard de la grille définie par le QIS5 seront étudiées. Différentes approches pour le calcul du *Best Estimate* et notamment l'évaluation de la garantie inflation seront ensuite présentées. Cette partie permettra d'introduire les notions de déflateurs stochastiques et de prime de risque. La définition des chocs de taux d'intérêt et des interactions avec l'inflation future anticipée et les taux d'intérêts sera également appréhendée au regard de la théorie économique. Nous présenterons l'approche par le modèle interne. Les différents risques de souscription : longévité, départ anticipé à la retraite, turn-over, et croissance des salaires seront modélisés de manière stochastique. Les variables économiques telles que l'inflation, le rendement des actions, les taux d'intérêts réels et nominaux seront générées à partir du modèle de Brennan et Xia calibré sur les données mensuelles de l'économie anglaise des 12 dernières années.

La troisième partie abordera la mise en œuvre pratique du QIS 5. Les résultats obtenus à partir de la formule standard seront comparés à ceux obtenus à partir du modèle interne. Différentes variantes seront étudiées.

1. Les fonds de pension européens

1.1. Un panorama des fonds de pension en Europe

1.1.1. Les intervenants

En première analyse, la définition la plus générale d'un fonds de pension pourrait être la suivante : un régime de retraite professionnelle liant deux à trois parties :

- les bénéficiaires, qu'ils soient salariés ou retraités,
- le prestataire appelé aussi sponsor qui est également l'employeur ou l'ex employeur des bénéficiaires,
- et un éventuel intermédiaire pouvant prendre différentes formes selon les pratiques et la réglementation locale (trustee, institution de retraite professionnelle, caisse de retraite, société d'assurance).

Il est souvent admis que l'existence d'un intermédiaire confère une sécurité plus importante au bénéficiaire car il le protège contre le risque de faillite du sponsor. Ainsi, l'implication des trustees dans la gestion des retraites est généralisée au Royaume Uni et aux États-Unis où plus de la moitié des mutual funds sont organisés sous forme de trusts. D'après S.Montaigne (2006), ce dispositif juridique permet au fonds de pension de concilier les deux logiques antagonistes qui les animent : la protection sociale et la spéculation financière. Son efficacité symbolique dans le maintien de la confiance des épargnants permet de légitimer le rôle des fonds de pension.

Au Royaume Uni, le *Social Security Pension Act* de 1975 a rendu obligatoire l'adhésion des entreprises soit au système de retraite publique soit à un régime complémentaire collectif. Ce marché est constitué principalement par des fonds de pension organisés sous forme de trust car le provisionnement au bilan ne donne pas droit à déduction fiscale.

Le rôle du trustee a été renforcé en 2004 suite à la Loi sur les retraites *Pension Act*. Son rôle principal est d'agir au mieux des intérêts des bénéficiaires, à travers :

- le choix de la politique d'investissement et de gestion des actifs de couverture
- l'évaluation de l'engagement au titre du régime
- le choix du niveau de financement et donc le niveau de contribution du sponsor
- la gestion administrative du régime et le paiement des prestations

En Europe continentale le système du trust n'existe pas et différents types d'intermédiaires prennent part au financement et à la gestion des régimes de retraite du second pilier. Dans certains cas il n'y a pas d'intermédiaire au sens d'une personne morale, le régime dépend directement de l'employeur qui l'a mis en place. La solvabilité et la pérennité du régime sont alors directement liées à celles du sponsor et l'engagement est inscrit au bilan de l'entreprise. L'engagement de la société au titre du paiement des pensions peut alors être transféré à une société d'assurance vie, soit au moment du départ en retraite, soit progressivement sur la base des droits acquis par le salarié.

Outre la nature juridique des parties prenantes, différentes caractéristiques permettent de

différencier les fonds de pension européens.

1.1.2. Le type de prestation et le partage du risque

Le type de prestation est probablement un des éléments les plus structurants. Les normes comptables internationales établissent une première distinction importante qui permet de déterminer le partage du risque entre le sponsor et le bénéficiaire : les régimes à prestations définies et les régimes à cotisations définies.

Dans un régime à cotisation définie le niveau des prestations n'est pas garanti par le sponsor. Du point de vue du prestataire, il y a une obligation de moyen et non de résultat, le risque est intégralement supporté par le bénéficiaire. A ce titre un contrat d'épargne en unité de compte sans garantie de rendement s'apparente à un régime à cotisation définie.

Dans un régime à prestations définies le niveau des prestations est garanti par le sponsor qui a une obligation de résultat et supporte l'intégralité du risque.

Dans les cas des régimes de retraite à prestations définies, les normes IFRS requièrent la comptabilisation d'une provision au bilan de la société. L'évaluation et la comptabilisation de l'engagement ainsi que d'éventuels actifs de couverture sont soumis à des règles prescrites par la norme IA 19.

Dans son Survey sur les pratiques de risque management et de supervision appliquées aux fonds de pension européens (Report on Risk Management rules applicable to IORPs November 2009), le CEIOPS a distingué les systèmes de retraite professionnelle existant dans les différents pays selon les options de partage de risque entre sponsor, bénéficiaires et intermédiaire (Institution de retraite professionnelle) en définissant 8 catégories. Deux types de risque sont considérés : le risque financier et le risque biométrique. Pour le risque financier une distinction est faite entre la phase d'accumulation (phase d'activité) et la phase de paiement (retraite).

Les plans à cotisations définies et à prestations définies pures sont les plus courants. A un extrême, dans les plans à prestations définies (plan DB1), tous les risques sont supportés par le sponsor, ils sont les plus courants en UK, Belgique, Portugal, Finlande et Lituanie. A l'autre extrême les plans à cotisations définies pures les bénéficiaires supportent l'intégralité des risques. A la retraite, le bénéficiaire se voit reverser un capital fixe ou une rente calculée selon le taux d'actualisation et son espérance de vie à cette date. Ce type de régime est le plus courant en Italie, Pologne, Slovaquie, Roumanie.

Entre ces deux extrêmes il existe différents types de partage de risque. Ce partage détermine le degré d'exposition aux risques financiers et biométriques des parties prenantes. Dans le cas des régimes à prestations définies, l'intégralité des risques peut être transférée à l'institution de retraite (DB type 2). Dans un autre cas de figure, seul le risque financier est transféré au fonds de pension sous la forme d'une garantie de rendement minimum des actifs alors que le sponsor supporte le risque biométrique (DB type 3). Dans le cas des régimes à cotisations définies, il est courant d'instaurer un mécanisme de partage du risque d'investissement durant la phase d'accumulation sous la forme d'une garantie de rendement minimum. Cette garantie peut être à la charge de l'institution de retraite (DC type 2) ou du sponsor (DC type 3). Dans les deux cas les bénéficiaires supportent le risque financier durant la phase de liquidation

puisque la conversion des droits en annuités affectera le montant de pension global.

Types of risk sharing options in IORPs					
Category	Who bears the risk?			Brief Description	Members States
	Investment Risk (Accumulation)	Investment risk (Payout)	Biometric Risk (Pay out)		
DB Type 1	Sponsoring undertaking	Sponsoring undertaking	Sponsoring undertaking	These are the pure DB plans in which the sponsoring undertakings bear all the risks.	AT, BE (70%), DE (12%) ³ , ES (12%), FI (100%), IE(50%), LI (100%), LU (76%), PT (99%), SE (32%), UK
DB Type 2	IORP	IORP	IORP	These are the DB plans where the IORP itself bears all the risks – IORPs under Article 17 of the Directive.	DE (88%) ³ , DK, NL, NO (100%)
DB Type 3	IORP	IORP	Sponsoring undertaking	These are DB plans with a minimum guarantee of asset return, which also falls under Article 17 of the Directive. The biometric risk relies with the sponsor.	NL
DC Type 1	Participant / member	Participant / member	Participant / member	These are the pure DC plans in which the participants/ members bear all the risks ⁴ .	AT, BG (100%), ES (32%), IE(50%), IT ⁵ , LT (100%), LU (16%), NL, LV, PL, PT (1%), RO (90%), SK, SE (20%), UK
DC Type 2	IORP	Participant / member	Participant / member	These are usually called protected DC plans where the IORP bears the investment risk during the accumulation phase and the participant bears the biometric risk and the investment risk in the pay out phase ⁶ .	BE (8%), NL, RO (10%), SI
DC Type 3	Sponsoring undertaking	Participant / member	Participant / member	These are identical to DC type 2 but it is the sponsoring undertaking, and not the IORP, who bears the investment risk during the accumulation phase and has to make further contributions in case the minimum return guarantees are not met ⁷ .	BE (4%), ES (56%), LU (8%), UK
DC Type 4	IORP	IORP	IORP	These are DC plans in which the IORP bears all the risks, during both the accumulation and the pay out phase.	DK, SE (48%)
Hybrid Plans	Sponsoring undertaking	Sponsoring undertaking	partly sponsoring undertaking and partly participant/member	These are plans which contain components of DB and DC plans.	BE (18%)

Suivant l'article 17 de la Directive sur les Institutions de Retraite Professionnelle (Directive 2003/41/C), les institutions sont obligées d'établir des fonds propres réglementaires lorsqu'elles ont des engagements comportant des risques biométriques ou qu'elles garantissent un certain niveau de pension ou de rendement d'un investissement. Les cas DB Type 2 et 3 ainsi que DC Types 2 et 4 sont visés.

Pour les plans DB type 1 et DC Type 3, les normes IFRS imposent au sponsor l'évaluation et la constitution d'une provision selon les principes de la norme IAS 19.

1.1.3. La réglementation

Il n'est pas question dans cette partie de dresser un panorama des différentes réglementations nationales européennes. On peut simplement noter que les états membres ont le choix d'appliquer ou non la Directive sur les Institutions de Retraite Professionnelle (art. 9 à 16 et 18 à 20) aux activités de fourniture de retraite professionnelle exercées par les entreprises qui relèvent de la Directive 2002 sur les sociétés d'assurance. Ainsi en 2012, les institutions de retraite professionnelle françaises seront soumises à la réglementation de Solvency II alors que les fonds de pension anglais seront encadrés par la Directive IORP.

1.1.3.1. *La Directive sur les activités de la surveillance des Institutions de Retraite Professionnelle*

Cette Directive n'a pas pour objectif d'harmoniser les législations nationales mais d'imposer un cadre réglementaire minimum pour les pays de l'Union et de proposer des principes de fonctionnement.

La définition d'une institution de retraite professionnelle au sens de la Directive repose sur le principe du financement par capitalisation et d'indépendance juridique (vis à vis du sponsor). Cette définition ne caractérise pas une forme juridique particulière. En effet, la Directive IORP précise que ses prérogatives s'appliquent quelle que soit la forme juridique de l'institution tant que son indépendance vis-à-vis du sponsor est établie. Le champ d'application de la Directive exclut par ailleurs :

- les institutions que gèrent les régimes de sécurité sociale
- les institutions fonctionnant par répartition
- les sociétés *d'assurance*
- les régimes à prestations définies gérés en interne (entreprises qui constituent des provisions au bilan en vue du versement de retraite à leurs salariés).

Les règles structurantes imposées par la Directive sont les suivantes :

- Les engagements doivent être évalués selon des normes actuarielles reconnues.
- Les engagements doivent être provisionnés et intégralement couverts. A titre temporaire un déséquilibre peut être toléré mais un plan de redressement remplissant certaines conditions doit être mis en place (concret, réalisable et adéquat tenant compte des particularités de la situation dans laquelle se trouve l'institution)
- Les choix d'investissement doivent être prudents « Prudent Person Rule », ce qui passe par l'obligation d'établir une déclaration de principe fondant la politique de placement (méthode d'évaluation des risques, techniques de gestion, répartition stratégique) et implique des restrictions sur certaines classes d'actifs (une limite de 70% pour la détention d'actions, de 5% dans des actifs d'une même société, 30% dans une monnaie étrangères...)
- Une obligation de fournir des informations aux bénéficiaires et aux autorités de contrôle (publication de comptes annuels, politique d'investissement,...)
- Obligation de détenir des actifs supplémentaires au-delà des provisions techniques. Ce coussin de sécurité minimum est calculé selon les articles 27 et 28 de la directive 2002/83/CE sur les sociétés d'assurance.

Il est important de noter que la directive fournit un cadre réglementaire minimum, certains états vont plus loin notamment dans les exigences en capital.

1.1.3.2. La réglementation nationale

La place qu'occupent les régimes de retraite professionnelle varie fortement d'un pays de l'union à l'autre. Une partie importante de cette diversité provient de facteurs historiques, sociaux et culturels. La plus ou moins grande implication des gouvernements dans les systèmes de retraite nationaux détermine également le rôle social et donc le poids économique des fonds de pension. L'intervention de l'état impacte souvent directement les régimes de retraite professionnelle. L'année 2010 fournit des exemples représentatifs en France et en Angleterre.

1.1.3.3. Les normes IFRS

Les normes comptables internationales IFRS et plus particulièrement la norme IAS 19 prescrivent le mode d'évaluation et de comptabilisation des engagements sociaux.

La norme présente une typologie des avantages au personnel en distinguant notamment les avantages postérieurs à l'emploi, tels que les régimes de retraite et assimilés, des avantages à court terme et moyen termes. Les avantages postérieurs à l'emploi peuvent être à cotisations définies ou à prestations définies dans quel cas l'engagement de l'employeur doit être évalué et faire l'objet d'un provisionnement.

La méthode de calcul préconisée par la norme est la méthode des unités de crédit projetées. Cette méthode prend en compte les droits projetés en date d'acquisition (montant de la rente à la date de liquidation), la probabilité de versement des pensions (compte tenu de la mortalité et du turn-over), ainsi que le prorata d'ancienneté permettant de ramener les engagements à hauteur des services déjà rendus par les salariés.

Les hypothèses doivent être mutuellement compatibles et réalistes, c'est-à-dire ni trop prudentes ni trop optimistes. Concernant le taux d'actualisation, la norme précise qu'il doit correspondre au taux de rendement des obligations d'entreprises de première catégorie, de maturité équivalente à celle de l'engagement à la date d'évaluation.

Les normes US GAAP et FAS sont similaires sur le plan des règles d'évaluation et diffèrent sur certains principes de comptabilisation. Il est à noter qu'un projet de refonte de la norme IAS 19 est en actuellement en cours.

1.2. Les mécanismes de sécurité

Dans son survey sur les méthodes de provisionnement et les mécanismes de sécurité des institutions de retraite en Europe, le CEIOPS note que le niveau de prudence incorporée dans les provisions techniques ou le taux de couverture du régime ne sont pas les seuls indicateurs permettant de mesurer le niveau de protection des bénéficiaires. Divers mécanismes de sécurité existent au sein des états membres et leurs interactions doivent être considérées lorsque la solvabilité d'un régime est examinée.

D'une manière générale deux types de mécanisme de sécurité peuvent être distingués :

- les mécanismes procurant une sécurité ex-post (contributions additionnelles, modification ou liquidation du régime) qui peuvent présenter des effets pro cycliques non souhaitables.
- les mécanismes procurant une sécurité ex-ante : (réserve de solvabilité, niveau de prudence dans les provisions techniques, Fonds de garantie) qui présentent comme désavantage d'immobiliser du capital.

1.2.1. Les mécanismes procurant une sécurité ex-post

1.2.1.1. *Le Fonds de garantie*

Dans certains pays il existe des fonds de garantie des pensions, à savoir des institutions qui fournissent l'assurance d'un niveau de protection minimum en cas d'insolvabilité du sponsor ou du fonds.

En Angleterre le Pension Protection Fund a été créé en 2004 à cet effet. Le fond ne garantit qu'une partie des prestations dues aux bénéficiaires. Il est majoritairement financé par des cotisations évaluées sur la base des provisions du régime affilié et de la notation du sponsor. L'adhésion au fonds de protection est effective à l'issue d'une certaine période d'insolvabilité et se traduit par le transfert des actifs de couverture. Le fonds n'est théoriquement pas autorisé à se retourner vers le Trésor pour son financement mais ce mécanisme pose évidemment le problème de l'aléa moral.

1.2.1.2. *Prêts subordonnés, comptes bloqués*

Il s'agit d'actifs contingents ne pouvant être utilisés uniquement pour le paiement des prestations ou la constitutions des provisions, dans des circonstances prédéfinies.

L'usage des prêts subordonnés est limité et réglementé. Ces instruments peuvent être analysés comme des mécanismes de sécurité dans le sens où ils sont comparables à un engagement du sponsor. Ils présentent l'avantage d'être immobilisés au bilan du fonds et donc de ne pas être soumis au risque de défaut de l'employeur.

1.2.1.3. *Engagement et responsabilité du sponsor*

Les prestations de retraite servies dans le cadre d'un régime d'entreprise ne peuvent pas être analysées indépendamment de la nature de ce régime dont le règlement ne constitue pas un contrat d'assurance mais s'apparente plus à un accord dynamique qui serait le produit de négociations continues. L'engagement et la responsabilité du sponsor sont des facteurs déterminants pour la pérennité du régime et ils peuvent évoluer dans le temps. La sécurité des bénéficiaires de régime de retraite professionnelle est donc fortement liée à la santé économique du sponsor, d'autant que le caractère obligatoire des régimes de retraite professionnelle n'est pas systématique dans les pays de l'Union.

Ainsi lorsque les conditions de marché sont défavorables, le sponsor peut être amené à verser des contributions exceptionnelles afin de maintenir un niveau de couverture suffisant. Les difficultés économiques rencontrées par ce dernier peuvent cependant mener à la fermeture du régime, un gel ou une réduction des droits. Une tendance à la conversion de régime à

prestations définies en régime à cotisations définies, déjà observée en 2001, semble s'amorcer en Europe suite à la crise financière récente.

Ces mesures sont exercées en dernier ressort et sont la plupart du temps sujettes à des restrictions légales ou contractuelles. Cette faculté, plus ou moins grande selon les termes du règlement, à modifier le fonctionnement du régime et donc la nature et les règles du partage des risques, s'apparente à un mécanisme de protection spécifique aux fonds de pension.

1.2.2. Les mécanismes procurant une sécurité ex-ante

1.2.2.1. Le niveau de prudence dans les provisions techniques

Dans le cadre du calcul des provisions techniques, le choix des hypothèses telles que le taux d'actualisation, les tables de mortalité, ou encore le rendement attendu des actifs financiers sont autant des leviers qui permettent de piloter l'évaluation de l'engagement.

En pratique le niveau de prudence peut être difficile à apprécier et à mesurer au regard des hypothèses spécifiques à une population de salariés (turn-over, revalorisation des salaires, date de liquidation de la retraite...). La norme IAS 19 et la Directive Solvency II préconisent une approche « Best Estimate » dans la détermination des hypothèses, ces dernières doivent par conséquent être réalistes c'est-à-dire ni trop prudentes ni trop optimistes.

Le choix du taux d'actualisation qui détermine le niveau de prudence dans les provisions diffère fortement selon les référentiels comptables et réglementaires :

- Dans certains pays, la réglementation impose un niveau maximum pour le taux d'actualisation des prestations de retraite. C'est le cas en France pour les sociétés d'assurance. Dans le cas des rentes viagères cette prudence incorporée dans le taux d'actualisation permet de provisionner un élément de revalorisation future.
- Les normes IAS 19 et FRS7 préconisent l'utilisation du taux de rendement des obligations d'entreprise de haute catégorie
- La directive Solvency II préconise l'utilisation d'un taux sans risque. Nous verrons plus loin que pour certaines catégories de risque le QIS 5 permet de considérer une prime d'illiquidité dans la détermination du taux d'actualisation.

1.2.2.2. Réserve de solvabilité

La directive IORP impose un niveau de fonds propre réglementaire au-delà des provisions techniques. Ce capital supplémentaire n'est cependant pas défini sur la base d'une mesure du risque mais est défini comme un pourcentage des cotisations ou de la charge moyenne des sinistres. Cette mesure n'est donc pas forcément proportionnelle au risque encouru car aucune considération n'est apportée à la composition des actifs du régime, ni aux interactions actif/passif.

Dans certains pays comme la Suède et le Danemark, la réglementation définit le niveau de capital réglementaire sur la base de la mesure du risque à partir d'un système comparable à la formule standard du QIS 5.

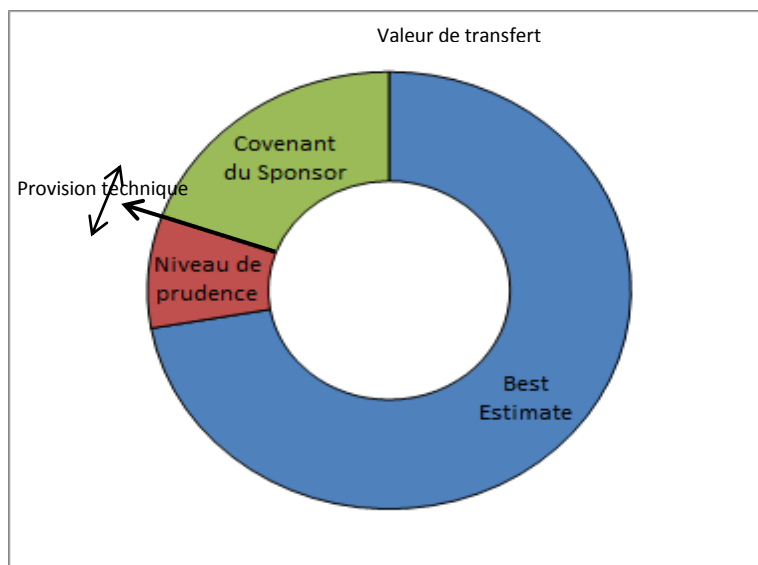
1.2.2.3. Le cas du Royaume Uni : le covenant du Sponsor

Au Royaume Uni, deux dispositifs réglementaires ont été mis en place afin de garantir un niveau de sécurité suffisant pour les bénéficiaires de retraites professionnelles :

- Le fonds de protection des pensions
- Le covenant du sponsor

Le trustee d'un fonds de pension est chargé de déterminer le niveau des provisions techniques et le niveau de couverture souhaitée. Il établit avec le sponsor un plan de financement afin de remplir cet objectif de couverture. La réglementation indique que les méthodes et les hypothèses retenues pour évaluer les provisions doivent être spécifiques au régime et déterminées avec prudence. Ce niveau de prudence est déterminé au regard de la force du covenant du sponsor qui est défini par son habilité et sa volonté à remplir son obligation légale de régler les prestations de retraite dans le présent et le futur.

Ainsi, la situation financière du sponsor, ses perspectives économiques et sa volonté à poursuivre le financement du régime sont pris en compte par le trustee dans l'évaluation des provisions et le cas échéant dans la mise en place d'un plan de recouvrement. Si la force du covenant du sponsor est jugée faible, le niveau de prudence incorporé dans les provisions techniques sera plus important.



La réglementation reconnaît explicitement la nécessité de ne pas compromettre la viabilité de l'employeur par des mesures trop drastiques en cas de sous couverture d'un régime. Le plan de redressement mis en œuvre ne prévoit pas une limite de temps. Cependant si à l'issue d'un certain délai, le trustee considère que l'objectif du plan de redressement ne pourra pas être atteint par le sponsor, l'affiliation du régime au fond de protection des pensions est envisagée.

1.2.3. Les obligations indexées sur l'inflation

La place qu'occupe cette classe d'actifs dans le portefeuille des fonds de pension n'a cessé de croître ces dernières années. Ces instruments permettent une couverture idéale des engagements de retraite lorsque les prestations sont indexées à l'inflation comme c'est le cas en Angleterre.

1.2.3.1. Fonctionnement

Le gouvernement du Royaume uni fut le premier à émettre des obligations indexées en 1981. Par la suite d'autres états souverains ont suivi, le Canada en 1991, la Suède en 1994, les Etats unis en 1997 et la France en 1998. La liquidité des marchés secondaires a explosé dans les années 2000 et les obligations indexées sont désormais considérées comme une classe d'actifs à part entière. Le marché anglais est le plus important d'Europe (à fin 2008 ces titres représentent plus de 30% de la dette publique et 10% du PIB).

Les obligations indexées sur l'inflation sont des obligations dont les coupons et le principal sont ajustés afin de tenir compte de l'évolution du niveau général des prix. Pour cette raison, elles sont qualifiées d'obligations réelles. Le taux de coupon est fixe comme les obligations nominales mais il est indexé sur la progression des prix. Ainsi, le taux de rendement réel des obligations indexées est connu à l'avance alors que le taux de rendement nominal varie avec l'inflation réalisée.

Les obligations indexées émises par le gouvernement américain (et français) comportent une couverture contre le risque de déflation. Une baisse du niveau des prix n'est pas reportée sur les coupons et le principal. A l'inverse les obligations émises par le gouvernement anglais ne procurent pas de garantie contre le risque de déflation.

L'exemple suivant permet d'illustrer les caractéristiques de ces instruments en comparaison au fonctionnement des obligations classiques. En retenant deux obligations de maturité équivalente émises au pair et à valeur faciale équivalente, on suppose un taux de coupon de 5,06% pour l'obligation classique et un taux de coupon de 3% pour l'obligation indexée. On suppose par ailleurs un taux d'inflation réalisé constant de 2% annuel.

Année	Obligation classique				Obligation Indexée			
	Valeur nominale du principal	Valeur réelle du principal	Valeur nominale des coupons	Valeur réelle des coupons	Valeur nominale du principal	Valeur réelle du principal	Valeur nominale des coupons	Valeur réelle des coupons
1	1 000 €	980,39 €	50,60 €	49,61 €	1 020 €	1 000 €	30,60 €	30 €
2	1 000 €	961,17 €	50,60 €	48,64 €	1 040 €	1 000 €	31,21 €	30 €
3	1 000 €	942,32 €	50,60 €	47,68 €	1 061 €	1 000 €	31,84 €	30 €
4	1 000 €	923,85 €	50,60 €	46,75 €	1 082 €	1 000 €	32,47 €	30 €
5	1 000 €	905,73 €	50,60 €	45,83 €	1 104 €	1 000 €	33,12 €	30 €
6	1 000 €	887,97 €	50,60 €	44,93 €	1 126 €	1 000 €	33,78 €	30 €
7	1 000 €	870,56 €	50,60 €	44,05 €	1 149 €	1 000 €	34,46 €	30 €
8	1 000 €	853,49 €	50,60 €	43,19 €	1 172 €	1 000 €	35,15 €	30 €
9	1 000 €	836,76 €	50,60 €	42,34 €	1 195 €	1 000 €	35,85 €	30 €
10	1 000 €	820,35 €	50,60 €	41,51 €	1 219 €	1 000 €	36,57 €	30 €

Au final, ces deux obligations aux caractéristiques proches en apparence procurent des paiements sensiblement différents. Les coupons versés par l'obligation classiques sont plus élevés mais la valeur de remboursement de l'obligation indexée est plus importante. Au final le montant global des versements est de 150€ pour l'obligation nominale et de 1 554,07 € pour l'obligation indexée.

Les fonds de pension dont les engagements sont indexés à l'inflation font ainsi partie des principaux investisseurs institutionnels sur ce marché, notamment en Angleterre où depuis 2004 l'indexation des pensions sur l'indice général des prix est obligatoire.

De nombreuses études universitaires démontrent l'optimalité de cette classe d'actifs dans le choix de portefeuille des agents exposés à un risque de long terme. Campbell, Shiller et Viceira (2009) indiquent qu'il existe cependant deux situations dans lesquelles les obligations nominales ont la même utilité que les obligations indexées :

- Lorsque la Banque Central atteint un niveau de crédibilité parfait dans la conduite de sa politique monétaire et de maintien d'un objectif d'inflation cible. L'inflation implicite est alors constante (si l'hypothèse d'anticipation de la structure par terme est vérifiée) car c'est le cas de l'inflation anticipée.
- Lorsque le taux d'intérêt réel est constant ex, dans ce cas les investisseurs peuvent alterner entre des obligations nominales de court terme pour obtenir un rendement réel de long terme certain (Fama 1975). Ce qui suppose que l'inflation est relativement stable à court terme.

1.3. Les spécificités des fonds de pension

Cette partie se propose d'examiner les caractéristiques des fonds de pension qui les distinguent des sociétés d'assurance. Nous présentons les spécificités le plus souvent mis en avant par les parties favorables et les opposants à l'application de la Directive Solvency II aux fonds de pension.

1.3.1. Type de risque

Les partisans de l'application de la Directive aux régimes de retraite professionnelle insistent souvent sur le fait que les produits d'assurance retraite présentent les mêmes risques que ceux auxquels sont confrontés les fonds de pension. Pour ces derniers, le principe mêmes risques, mêmes règles devrait s'appliquer.

Bien que les contraintes réglementaires en termes d'allocation d'actifs soient différentes pour les deux types d'institutions, il paraît difficile de contester cette assertion pour ce qui est du risque de marché. Les risques inhérents à la phase de versement des rentes sont également comparables. Pour les régimes classiques, les flux de prestations sont relativement prévisibles en termes de montant et de date de versement (à l'exception de l'indexation). D'autre part, certains régimes de retraite professionnelle telle que les régimes à indexation conditionnelle prévalant aux Pays bas présentent une complexité similaire à celle des produits d'épargne.

Les risques liés à la phase d'accumulation, c'est-à-dire d'acquisition des droits par les salariés futurs bénéficiaires sont spécifiques à chaque régimes de retraite professionnelle et sont directement liés aux caractéristiques de l'employeur. Il s'agit principalement des risques liés à

la revalorisation des salaires, au turn-over ou à l'âge de liquidation de la retraite, ces risques sont le plus souvent non assurables. Ainsi, lorsqu'un assureur fournit des produits de retraite professionnelle il ne va pas s'engager sur un montant calculé sur un salaire final sans se donner la possibilité de renégocier les primes avant l'échéance. Le risque lié à la revalorisation des salaires, c'est-à-dire le risque que les pensions à payer soient plus importantes que prévues du fait d'une revalorisation salariale plus importante que prévue, ne peut pas être couvert par un contrat d'assurance car il relève d'une problématique d'aléa moral. Un employeur pourrait convenir avec ses salariés d'une revalorisation nulle ou faible les 5 années précédant l'année de départ en retraite et d'une revalorisation très élevée la dernière année, leur permettant ainsi de bénéficier d'une pension plus avantageuse sans avoir à payer une cotisation supplémentaire.

1.3.2. Allocation stratégique

Bénéficiant d'un cadre réglementaire moins contraignant, les fonds de pension sont généralement investis plus largement en actions que les sociétés d'assurance. Cette classe d'actif est réputée efficace pour se prémunir de l'érosion monétaire (qui est d'autant plus significative que l'horizon est élevé).

L'horizon temporel des fonds de pension est souvent mis en avant pour expliquer ces choix dans l'allocation stratégique du portefeuille. Les engagements au titre de régime de retraite professionnelle sont des engagements à très long terme, certaines prestations ne devant pas être versées avant 30 ou 40 ans. La détention d'actifs risqués s'inscrit généralement dans une politique d'investissement de long terme et traduit une forme de partage de risque intergénérationnel. D'autre part, les fonds de pension ne font pas face aux mêmes contraintes de liquidité ou d'exigibilité que les sociétés d'assurance. Lorsqu'un régime de retraite se trouve en situation de sous couverture, il lui reste généralement du temps pour « rectifier le tir » avant qu'il ne se retrouve en situation de défaut de paiement.

Ainsi, au Royaume Uni la réglementation reconnaît explicitement la nécessité de ne pas compromettre la viabilité de l'employeur par des mesures trop drastiques en cas de sous couverture d'un régime. Le plan de redressement mis en œuvre ne prévoit pas une limite de temps.

Enfin, on peut noter que les fonds de pension sont particulièrement actifs sur le marché des obligations indexées dont le développement constant et l'activité soutenue leurs sont souvent attribués. Au Royaume Uni, des produits fournissant une couverture « sur mesure » spécialement destinés aux fonds de pension sont activement échangés depuis 1995. Il s'agit du swap LPI dont le pay off est l'indice RPI annualisé cappé à 5% et flooré à 0%, ce qui correspond au schéma d'indexation des pensions le plus courant en Angleterre.

1.3.3. Mécanisme de partage de risque

La principale spécificité des fonds de pension réside dans la faculté du sponsor à « rompre le contrat » en modifiant le règlement du régime, ce qui est incompatible avec la réglementation des sociétés d'assurance. Dans nombreux pays il n'y a pas d'obligation légale pour le sponsor d'assurer la solvabilité et la pérennité d'un régime de retraite professionnelle. Ainsi, suite aux crises financières récentes, de nombreux fonds de pension anglais ou néerlandais ont procédé à un gel des droits, à la fermeture du régime aux nouveaux entrants ou à la conversion d'un

régime à prestations définies en régime à cotisation définies.

Cette spécificité est directement liée à des facteurs réglementaires, historiques voir culturels. D'une manière générale, les régimes de retraite professionnelle disposent d'une dimension sociale plus marquée que les sociétés d'assurance et évoluent dans un environnement économique moins concurrentiel.

1.4. Un fonds de pension théorique au Royaume Uni

Cette section présente le régime de retraite de référence qui servira de base à l'application pratique présentée dans les parties suivantes.

L'analyse se place dans le cadre de l'économie du Royaume Uni qui possède le marché des fonds de pension le plus important d'Europe en termes d'actifs du régime. Le Royaume Uni possède également un marché d'obligations indexées sur l'inflation suffisamment développé pour permettre aux fonds de pension de couvrir de manière adéquate leur passif.

Afin de rester le plus général possible, nous considérerons un cas relativement simple en procédant quelquefois à des raccourcis au regard de la réglementation en vigueur au Royaume Uni.

1.4.1. Description du régime

1.4.1.1. Les prestations du régime

Le fonds de pension théorique que nous considérons dans cette étude se caractérise par un régime de retraite à prestations définies calculé sur le salaire final.

A son départ en retraite le salarié perçoit une rente viagère calculée sur la base de son salaire final, selon la formule suivante :

$$\text{Pension annuelle} = \text{Salaire annuel final} * \text{Nombre d'année d'ancienneté} * 1\%$$

En cas de départ de l'entreprise avant l'âge de la retraite (par démission ou licenciement), la rente calculée sur la base du dernier salaire perçu et de l'ancienneté acquise au départ, est versée à compter de 65ans. Le montant calculé selon la formule est revalorisé à l'inflation jusqu'à la date de liquidation.

Les options de réversion et de sortie en capital ne sont pas prises en compte et le départ en retraite avant l'âge normal n'est pas pénalisé autrement que par le biais de la formule d'acquisition des droits.

Conformément à la réglementation, les rentes sont revalorisées à l'inflation, mesurée par l'indice RPI. Cette revalorisation est inconditionnelle, aucun plafond ou plancher n'est pris en compte. Ainsi, les rentes sont supposées être versées annuellement à terme échu avec une indexation calculée sur l'inflation réalisée dans l'année.

1.4.1.2. La population

Le régime est fermé de sorte que nous n'aurons pas à considérer de futurs membres dans les projections.

Afin de mettre en exergue les risques liés à la phase d'accumulation tels que le turn-over, l'âge de départ à la retraite et la revalorisation des salaires, la population de bénéficiaires considérée dans cette étude est composée majoritairement d'actifs.

La population se compose de 5 677 individus dont 66% d'actifs et 34% de retraités.

La moyenne d'âge est cependant relativement élevée de sorte les prestations et les provisions croissent dans le futur proche. De nombreux départs en retraite sont prévus dans les années à venir ce qui renforce les risques évoqués plus haut.

Les salaires sont supposés identiques au sein d'une même classe d'âge. Tous les salariés sont supposés avoir intégré l'entreprise au même âge et avec le même salaire de base (en Livre courante). Les principales caractéristiques de la population sont les suivantes :

	Nombre	Âge moyen	Salaire / pension annuel moyen
Actifs	4 000	46	46 485
Retraités	1 677	75	33 844
Total	5 677	54	42 751

1.4.1.3. Le financement du régime

Le financement du régime est à la charge du sponsor qui verse annuellement des contributions dont le montant est déterminé par le trustee du fonds. Chaque année, le plan de financement est revu en fonction de l'évaluation du régime réalisée par le trustee.

Nous considérerons que le régime est parfaitement couvert, le plan de financement prévoit que les versements futurs du sponsor alimentent les actifs de couverture à hauteur du coût des services rendus. Le coût des services rendus correspond à l'accroissement mécanique de l'engagement du fait de l'acquisition par les salariés d'une année d'ancienneté supplémentaire. Ce montant est déterminé sur la base d'une évaluation des provisions techniques réalisée à partir de la méthode des unités de crédit projetées.

1.4.2. Les provisions techniques

L'engagement est évalué selon la méthode des unités de crédit projetées conformément aux normes FRS7 et IAS 19. Les droits et les salaires sont projetés à terme (à la date de liquidation de la retraite) en tenant compte des probabilités de versement. Enfin, un prorata d'ancienneté est appliqué afin d'ajuster l'engagement à hauteur des services rendus.

Les hypothèses sont réalistes c'est-à-dire ni trop optimistes et ni trop pessimistes, objectives et mutuellement compatibles. Au 31.12.2009, une exception est faite pour le taux d'inflation future anticipé qui est légèrement sur estimé par le trustee afin de majorer l'engagement d'un certain niveau de prudence.

1.4.2.1. Taux d'actualisation

Conformément aux pratiques de place, l'indice iBoxx £ corporate AA est retenu pour l'évaluation. Pour une durée de 15 ans, le taux au 31 décembre 2009 est de 5,6%.

1.4.2.2. Taux d'inflation anticipée

Le taux retenu est le taux d'inflation implicite du marché des obligations d'état de la Banque d'Angleterre correspondant à une durée de 15 ans, soit 3,6% au 31.12.2009.

Dans l'optique du trustee l'inflation future moyenne est plus proche de 2,5% et le taux retenu incorpore donc une part de prudence. En effet, le taux d'inflation implicite est historiquement élevé. Par ailleurs, il semble incompatible avec l'objectif de politique monétaire affiché par la Banque centrale d'Angleterre, qui est une inflation de long terme annualisée de 2%. Certes le taux cible est fixé par la banque centrale en référence à l'indice CPI³ qui est structurellement plus faible que l'indice RPI, mais l'écart entre les deux indices n'est pas réputé dépasser 50 à 70 points de base⁴.

Le taux de 2,5% qui représente la meilleure estimation, au sens du trustee, de l'inflation moyenne future correspond à un compromis entre :

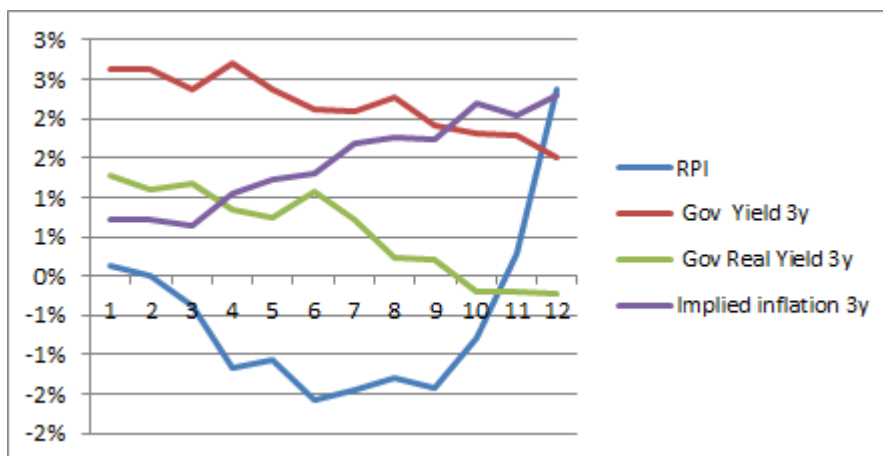
- l'objectif de la Banque d'Angleterre qui est de 2% (pour l'indice CPI),
- le taux moyen observé ces dix dernières années qui est de 2,55%,
- et une enquête d'opinion publiée par la Banque d'Angleterre en décembre 2009 qui fait ressortir une médiane de 2,4% pour les anticipations d'inflation à moyen terme. (Bank of England/GfK NOP Inflation Attitudes Survey November 2009).

Le graphique montre l'évolution des taux de rendements nominaux et réels des obligations d'état, l'inflation implicite définie par la différence entre ces taux et l'inflation réelle mesurée par l'indice RPI sur les 12 mois de l'année 2009.

³ Au Royaume uni, deux indices de prix majeurs coexistent : l'indice CPI (Consumer Price Index) et l'indice RPI (Retail Price Index). Les différences entre les deux indices sont les suivantes :

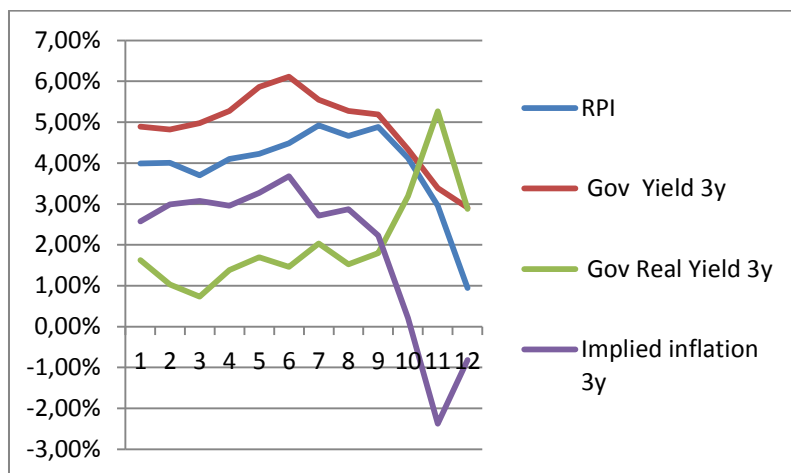
- le panier de bien retenu pour la construction de l'indice : en particulier les prix de l'immobilier sont exclus de la mesure du CPI mais pas du RPI.
- la formule de calcul : l'indice RPI repose sur le calcul d'une moyenne arithmétique alors que l'indice CPI est calculé à partir d'une moyenne géométrique
- les poids associés à chaque bien

⁴ En 2003, le chancelier Gordon Brown a annoncé la modification de l'indice de référence pour la détermination de l'objectif de politique monétaire : le passage d'un objectif de 2,5% en référence à l'indice RPIX (RPI diminué des paiements d'intérêts hypothécaires) à un objectif de 2% en référence à l'indice CPI. La principale raison donnée à cette baisse de l'objectif d'inflation à long terme était alors les différences dans la construction des indices : « the formulae effect ».



La valeur élevée du taux d'inflation implicite serait une conséquence d'une illiquidité temporaire du marché provoquée par des facteurs institutionnels. La forte demande d'obligations indexées de la part des sociétés d'assurance et des fonds de pension a provoqué une pression à la hausse sur les prix et conduit à une baisse des rendements. Cette baisse des rendements conduit mécaniquement à une hausse du taux d'inflation implicite.

Le marché des obligations a connu également une période d'instabilité en 2008 (le graphique ci-dessus est identique au précédent pour l'année 2008). La faillite de la banque Lehman's brother, un des plus gros acteurs du marché des obligations indexées, a provoqué un choc de l'offre sur le marché. La vente massive d'obligations suite à la liquidation de la banque a entraîné une chute des prix et donc une hausse du taux de rendement. Campbell, Shiller et Viceira (2009) présentent cet événement comme une conséquence d'une fuite des investisseurs vers la liquidité et non pas d'une baisse soudaine des anticipations d'inflation future.



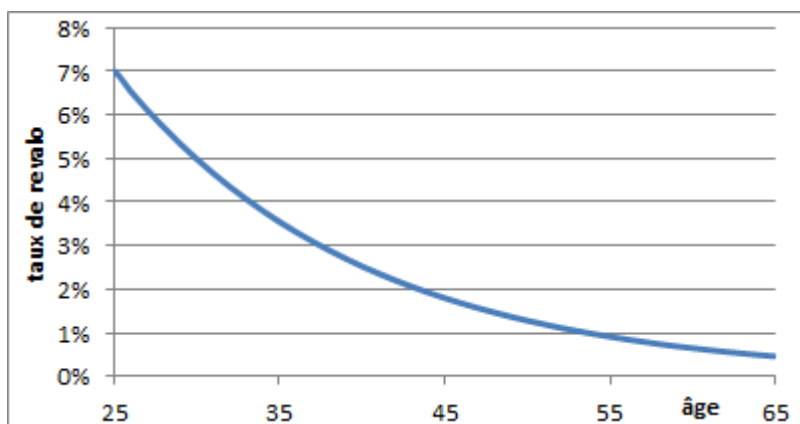
1.4.2.3. Age de départ en retraite

L'âge de départ en retraite retenu est de 65 ans pour l'ensemble des salariés.

1.4.2.4. Taux de revalorisation des salaires

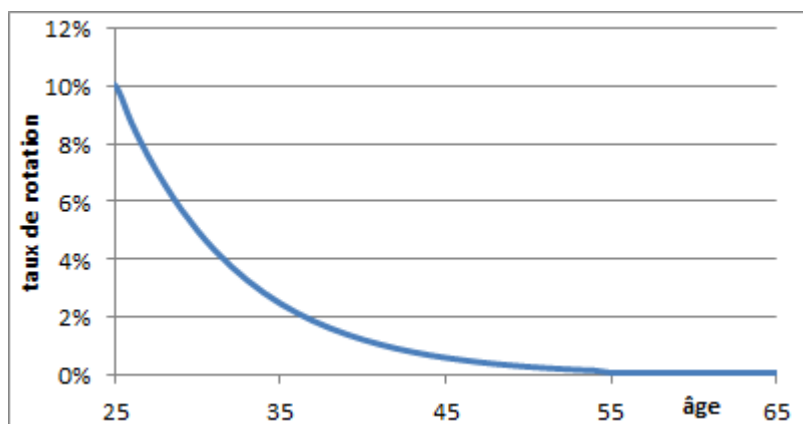
Il est supposé qu'une grille de salaire détermine la part fixe de la revalorisation annuel en

fonction de l'ancienneté. Au-delà de cette partie fixe, les salaires sont à l'instar des pensions, revalorisés selon l'indice RPI.



1.4.2.5. Taux de turn-over

Une table unique de taux de rotation annuels a été retenue pour l'ensemble des salariés. Conformément aux pratiques de place et aux observations historiques sur la population, ces taux sont décroissants avec l'âge et nuls au-delà de 55 ans.



1.4.2.6. Table de mortalité

Par simplification nous avons retenu la TH 00-02.

1.4.2.7. Frais d'administration

Par simplification nous supposons que les frais représentent 3% des pensions servies.

1.4.2.8. Evaluation de l'engagement au 31.12.2009

Les résultats de l'évaluation compte tenu de ces hypothèses sont décrits dans le tableau suivant :

PBO	1 361 109 899
Actifs	825 376 923
Retraités	535 732 976
VAPF	1 832 543 118
Actifs	1 296 810 141
Retraités	535 732 976

En retenant un taux d'inflation future anticipée de 2,5%, l'engagement s'élève à 1 152 M£. Le degré de prudence incorporé dans les provisions estimé par le trustee, s'élève donc à 209 M£, soit 15% de la provision.

Par la suite nous considérerons que ce montant de provision (1 361 M£) est utilisé pour le reporting comptable (dans un référentiel IFRS), nous mentionnerons la PBO IAS 19 pour y référer.

Les éléments de projection sont les suivants :

Engagement au 31.12.2009	Charge Normale 2010	Charge financière 2010	Prestations 2010	Engagement prévisionnel 31.12.2010
1 361 109 899	29 512 785	76 222 154	- 57 515 971	1 409 328 868

La charge normale appelée aussi coût des services rendus correspond au montant de la contribution que le sponsor devra verser au fonds, au titre de l'année 2010.

1.4.3. Le Bilan et le compte de résultat du fonds

Pour simplifier nous considérons que le fonds ne possède pas de fonds propre, le bilan s'équilibre entre les actifs de couverture et les provisions techniques, tout déséquilibre étant financé par le sponsor.

Le compte de résultat se présente de la manière suivante :

Produits	Charges
Contributions du sponsor	Prestations de retraite
Produits financiers	Frais d'administration

1.4.4. La politique d'investissement

1.4.4.1. La composition du fonds

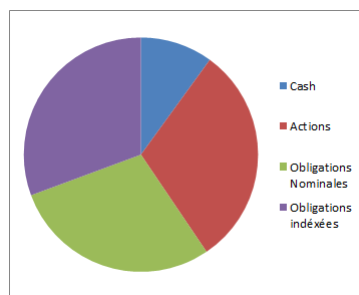
Nous considérons dans un premier temps une allocation d'actifs relativement standard pour un fonds de pension anglais. Ces derniers sont généralement confortablement investis en actions et en immobilier, ces classes d'actifs étant réputées performants dans le long terme, procurant ainsi une protection contre l'érosion monétaire. Les obligations indexées qui

fournissent une protection contre l'inflation et dont les marchés ont connu un développement ces dernières années sont de plus en plus présentes au bilan des fonds de pension. D'autres instruments tels que les year to year swap permettent une couverture contre l'inflation mais sont considérés comme moins liquides.

Quatre classes d'actifs seront donc considérées :

- Monétaire
- Actions
- Obligations Indexées sur l'inflation
- Obligations d'Etat conventionnelles

On suppose dans cette étude que le fonds est parfaitement couvert, autrement dit que la juste valeur du portefeuille à fin 2009 correspond au montant de la provision.



Les dividendes sont intégralement réinvestis et les coupons non utilisés pour payer les prestations et les frais d'administrations sont placés en trésorerie. En cas d'insuffisance de liquidités, les prestations sont prélevées en priorité sur les actions puis sur les obligations de maturité les plus courtes.

Le portefeuille d'obligations est construit de manière à respecter la durée des engagements qui est 15 ans. Différents types d'allocation seront considérés dans la troisième partie.

Les obligations utilisées sont les suivantes :

- 3¾% Treasury Gilt 2019
- 4¼% Treasury Gilt 2027
- 4¼% Treasury Gilt 2039
- 1¼% Index-linked Treasury Gilt 2017
- 1 1/8% Index-linked Treasury Gilt 2037
- 1¼% Index-linked Treasury Gilt 2027

1.5. Conclusion

Les fonds de pension européens présentent une importante diversité du fait de la nature des prestations servies, du cadre réglementaire national ou des normes comptables auxquelles sont soumis les sponsors. Les mécanismes de partage de risque entre le sponsor, les bénéficiaires, l'institution indépendante qui administre le régime et le cas échéant l'Etat constituent également un facteur de différenciation important. Dans la plupart des pays européens tels que le Royaume Uni il existe un cadre réglementaire national comportant des mécanismes mis en place pour protéger les intérêts des bénéficiaires de régimes de retraite professionnelle. Le bienfondé de l'application de la Directive Solvency II aux fonds de pension pose donc la question de savoir quel niveau de sécurité supplémentaire serait apporté aux bénéficiaires et quel en serait le coût pour l'employeur.

Bien que présentant des profils de risque similaires, les fonds de pension diffèrent des sociétés d'assurance de par leur forme juridique et surtout le rôle qu'ils remplissent au sein de l'économie. La principale différence réside dans la faculté plus ou moins grande pour l'employeur de « rompre le contrat » sans contrepartie, en modifiant le règlement du régime de retraite et en réduisant le niveau des prestations. L'applicabilité du cadre défini par les spécifications techniques du QIS 5 aux régimes de retraite professionnelle encore à démontrer.

Dans cette optique nous considérons une application pratique à partir d'un fonds de pension théorique. Ce fonds de pension de référence est supposé suffisamment épuré pour être représentatif des régimes de retraite professionnelle en Europe, il s'agit d'un régime à prestations définies de rentes viagères assises sur le salaire final et indexées sur l'inflation. L'objectif de l'étude quantitative qui va être présentée dans la troisième partie est de mesurer le niveau de capital supplémentaire qui serait demandé au sponsor sous forme d'actifs de couverture si le fonds de pension était soumis à la Directive Solvency II. La partie suivante va s'intéresser aux aspects techniques de l'application de la directive aux fonds de pension sur la base des spécifications du QIS 5.

2. Le QIS 5 est-il adapté aux fonds de pension ?

2.1. La Directive Solvency II

Solvabilité II est une directive de l'Union Européenne s'adressant aux assureurs et réassureurs européens qui doit prendre effet en 2012. Elle définit de nouvelles exigences en fonds propres afin de mieux couvrir l'ensemble des risques encourus par les compagnies d'assurance.

Les apports de Solvabilité II par rapport à Solvabilité I sont nombreux :

- harmonisation entre les compagnies vie et non-vie
- appréhension et quantification des risques gérés
- système avancé de contrôle comportant des aspects quantitatifs et qualitatifs
- contrôle accru sur la communication aux assurés et à leur protection

La réglementation Solvabilité II impose un renforcement de l'autorité de contrôle prudentiel pour harmoniser le contrôle des risques. Elle encourage surtout les entreprises à adopter des pratiques de gestion saines, à définir en interne le système de gouvernance et de mesure des risques ainsi que de communiquer des informations fiables au marché et aux autorités de contrôle

Les objectifs de Solvabilité II sont de :

- trouver un équilibre entre la protection des assurés et le coût du capital pour les assureurs, grâce à l'approche fondée sur le profil de risque
- promouvoir une gestion saine des risques en responsabilisant les assureurs, et en transformant la contrainte réglementaire en opportunité stratégique
- harmoniser les standards et les pratiques prudentielles au sein de l'Union Européenne et entre les secteurs afin de renforcer la transparence de l'activité d'assurance ainsi que la compétitivité des assureurs et réassureurs européens au niveau international.

Dans la même lignée que Bâle II, le projet de directive Solvabilité II est organisé suivant 3 piliers permettant une évaluation quantitative et qualitative des risques.

2.1.1. Les trois piliers de Solvabilité II

2.1.1.1. Pilier 1 : Exigences quantitatives

Le premier pilier a pour objectif de définir des seuils quantitatifs aussi bien pour les provisions techniques que pour les fonds propres.

Les principes de base sont :

- une évaluation des actifs et des passifs en valeur de marché (*Market Consistent*) c'est-à-dire cohérente avec les données observables sur les marchés financiers
- une évaluation du niveau de fonds propres fondée sur une approche prospective et une analyse du risque

Plus précisément les provisions techniques se composent du Best Estimate et de la marge de risque.

Le Best Estimate correspond à la meilleure estimation possible de la valeur actuelle probable des flux futurs. L'article 75 de la Directive précise qu'il doit être calculé en utilisant une courbe de taux sans risque appropriée, des hypothèses réalistes et des méthodes actuarielles et statistiques adéquates.

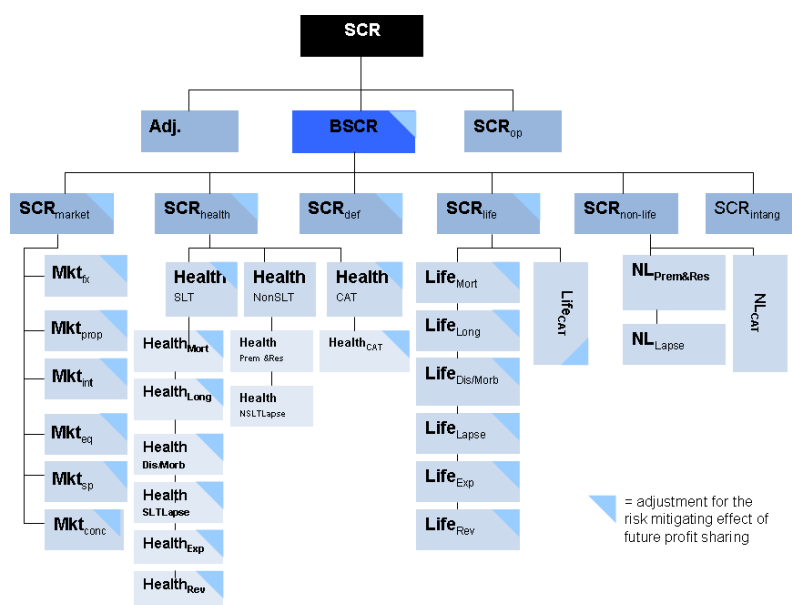
La marge de risque est un complément permettant de constituer des provisions techniques à un niveau correspondant à la somme à régler par l'entreprise si elle transférait aujourd'hui ses droits et ses obligations à une autre entreprise.

Deux niveaux de fonds propres sont définis :

- Le MCR (Minimum Capital Requirement) représente le capital minimum en dessous duquel l'autorité de contrôle pourra demander le retrait de l'agrément.
- Le SCR (Solvency Capital Requirement) représente le capital cible requis pour absorber le choc provoqué par une sinistralité exceptionnelle, et offrir une sécurité raisonnable aux assurés, sur la base d'une probabilité de ruine de 0,5 % (« Value at Risk » de 99,5 %) à un horizon d'un an.

Le capital cible réglementaire peut être déterminé soit en appliquant la formule standard, soit en appliquant un modèle interne approuvé.

Le niveau du SCR est défini par la formule standard comme étant l'agrégation des exigences au titre des risques de souscription, de marché, de crédit et des risques opérationnels. Cette approche modulaire des risques peut être représentée par le tableau suivant :



L'agrégation de chaque module et sous module est réalisée à partir d'une matrice de corrélation recalibrage à chaque QIS.

2.1.1.2. Pilier 2 : Exigences qualitatives

Le deuxième pilier concerne les exigences qualitatives et les règles de contrôle applicables aux compagnies d'assurance et de réassurance.

Les compagnies doivent être en mesure de mettre en place un système de gouvernance efficace afin de pouvoir apprécier par elles-mêmes la mesure et la gestion de leurs risques.

L'autorité de contrôle aura le pouvoir de vérifier la qualité des données et des procédures d'estimation des systèmes mis en place pour mesurer et maîtriser les risques probables.

Si les pouvoirs de l'autorité de contrôle se sont renforcés, celle-ci devra agir de façon transparente, notamment à travers la publication des méthodes utilisées dans le cadre du processus de contrôle prudentiel.

L'autorité de contrôle aura aussi le pouvoir d'imposer une marge de solvabilité complémentaire dans le cas où il aura été jugé que les risques ont été mal appréciés par la compagnie.

2.1.1.3. Pilier 3 : Information et discipline de marché

Le troisième pilier concerne la publication des informations. Il s'agit pour les compagnies d'assurance et de réassurance de communiquer auprès des autorités de contrôle et du public un ensemble d'éléments relatifs aux piliers 1 et 2.

Les informations destinées aux autorités de contrôle doivent comprendre :

- un rapport sur la solvabilité,
- un rapport sur la situation financière
- une description du système de gestion des risques

Les méthodes d'évaluation des actifs, des provisions techniques et une explication sur les différences majeures observées entre les bases techniques et les états financiers devront être incluses dans le rapport.

L'entreprise devra également y décrire son système de gouvernance et indiquer pour chaque catégorie de risque son degré d'exposition, son niveau de concentration ainsi que les mesures correctives éventuelles qu'elle envisage d'appliquer.

Concernant les informations destinées au public les autorités de contrôle pourront permettre aux entreprises d'assurance et de réassurance de ne pas publier certaines informations jugées préjudiciables.

2.1.2. Le QIS 5

La vie du projet de réforme Solvabilité II est rythmée par la publication des Quantitative Impact Studies (QIS). En effet la commission européenne a demandé au CEIOPS d'étudier les répercussions quantitatives du nouveau système par le biais d'études quantitatives d'impact.

Les QIS permettent de recueillir des retours qualitatifs et quantitatifs auprès des acteurs du marché et donc d'affiner les méthodes décrites dans le texte final. Le principe est de faire évaluer par chaque participant le niveau de fonds propres qui serait requis si Solvency II était immédiatement applicable. Les QIS propose pour cela une formule standard qui tient compte de chaque type de risque.

Une des évolutions les plus notables par rapport aux versions précédentes est la reconnaissance de l'illiquidité de certains passifs d'assurance vie à travers la prise en compte d'une prime d'illiquidité dans l'actualisation des flux et le calcul du *Best Estimate*. Le principe est qu'à flux moyen comparable, un instrument moins liquide doit présenter une valeur de marché plus basse. Les contrats plus particulièrement visés par cette mesure sont ceux présentant principalement un risque de longévité comme les rentes viagères.

Les résultats du QIS 5, censé représenter le test final, ont été publiés en mars 2011. Avec un taux de participation de 70%, près de 15% des assureurs européens ne remplissent pas les exigences de solvabilité et 5% se verraient retirer leur agrément sous l'application de la Directive. Les observateurs ne manquent pas de rappeler qu'il s'agit d'un test du système et non des compagnies d'assurance et qu'à ce titre les résultats montrent que certains éléments doivent être revus ou approfondis dans le cadre de l'application du premier pilier de la Directive. En particulier, la prise en compte des caractéristiques des produits de long terme, le calibrage de certains risques et la définition des limites du contrat sont des questions dont le traitement retenu dans le QIS 5 soulève encore des interrogations.

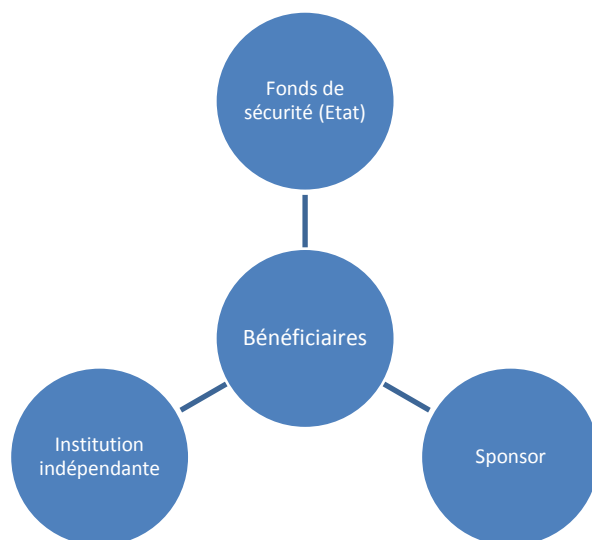
La distorsion de concurrence que risque de subir le marché européen de l'assurance du fait la non application des nouvelles règles prudentielles aux fonds de pension a été évoqué par de nombreux observateurs ou acteurs.

2.2. La lecture de la grille des risques du QIS 5 pour un fonds de pension

2.2.1. Les limites du contrat

2.2.1.1. Le partage du risque

Le premier chapitre a permis de montrer qu'un régime de retraite professionnelle devait être appréhendé différemment d'un contrat d'assurance car les modalités de rupture ou de renégociation ne sont pas équivalentes. Un régime de retraite professionnelle fait intervenir différents acteurs qui supportent chacun une part de risque. La solvabilité du régime ne peut pas être analysée sans tenir compte de l'ensemble des parties prenantes.



Lorsque l'entité qui administre le régime de retraite est juridiquement indépendante, la question se pose de savoir dans quelle mesure le recours au sponsor doit être pris en compte. Le rôle de l'état et le cadre réglementaire local déterminent également le niveau de sécurité des bénéficiaires. Dans notre exemple, le fonds de pension représenté par le trustee n'est qu'un intermédiaire chargé de la gestion du régime, la responsabilité de verser les prestations incombe au final à l'employeur. Cependant en cas de situation économique défavorable, celui-ci peut rencontrer des difficultés dans le financement du régime et être amené à remettre en cause la pérennité du régime. On suppose d'ailleurs que le régime est fermé aux nouveaux salariés. Conformément à la réglementation au Royaume Uni, il est prévu le transfert du risque à un fonds de protection indépendant en cas de défaut du sponsor.

Pour l'exercice, nous traiterons le fonds comme l'entité qui supporte le risque final. Le recours au sponsor sera limité au montant des contributions futures prévues au moment de l'évaluation des provisions techniques (au coût annuel des services rendus). Le recours au fond de protection des pensions, qui pose le problème de l'aléa moral, ne sera pas envisagé, tout comme d'autres mesures ayant pour effet de modifier les prestations. Ainsi, les limites du contrat à analyser sont définies par le règlement du régime.

2.2.1.2. L'acquisition des droits et les revalorisations futures de salaire

Comme le précise le QIS 5 (T.P.2.15), le risque à prendre en compte dans l'évaluation des provisions techniques et de la solvabilité d'une société d'assurance doit être déterminé au regard des limites du contrat. Si la société a la possibilité de modifier le montant des primes ou des prestations ou de mettre fin au contrat à une date future, les risques inhérents aux obligations après cette date ne doivent pas être pris en compte.

Dans le cas d'une société d'assurance vie fournissant des produits de retraite professionnelle, le risque à prendre en compte est défini par le contrat qui lie la société à l'employeur. L'acquisition de droits supplémentaires par des salariés actifs, que ce soit par une hausse des salaires ou par le biais de la formule du régime (lorsque l'ancienneté est prise en compte), conduit mécaniquement à une hausse de l'engagement. Les contrats de retraite étant habituellement renégociés chaque année, l'acquisition de droits supplémentaires par les salariés est traitée de la même manière que la prise en charge de nouveaux bénéficiaires, à

savoir par une augmentation des primes. Autrement dit à la date de réalisation de l'étude d'impact, les revalorisations futures des salaires ainsi que l'acquisition de droit dans le futur ne doivent pas être prises en compte puisqu'elles conduiront à une renégociation des primes. Ces primes futures et l'engagement qui en découlera ne doivent pas être pris en compte.

Dans le cas d'un fonds de pension étudié ici, la question de savoir si l'acquisition des droits futurs et la revalorisation des salaires doivent être prises en compte dans le calcul du *Best Estimate* et du capital réglementaire se pose différemment. Cependant une transposition des spécifications techniques du QIS 5 ne semble pas irréalisable.

Du point de vue du sponsor et dans le cadre du régime, les services rendus par les salariés peuvent être comparés aux cotisations versées par les bénéficiaires d'un contrat d'assurance. En effet, les droits de retraite sont acquis par les salariés en contrepartie des services rendus à l'employeur (le montant de la rente dépend directement de l'ancienneté acquise à la retraite). S'il est possible de considérer que le sponsor est en mesure de modifier les modalités ou la contrepartie des services rendus par les salariés, alors seuls les droits acquis à la date de calcul doivent être considérés.

Le *Best Estimate* sera donc évalué à hauteur des services rendus par la méthode des droits acquis. Pour les projections réalisées à partir du modèle interne, nous considérerons que l'acquisition des droits futurs sera financée par les contributions de l'employeur (correspondant au coût des services rendus évalué au 31.12.2009).

Afin de rester le plus général possible et de considérer un maximum de sources de risque dans cet exercice, nous tiendrons compte de la revalorisation des salaires et donc des risques s'y rapportant. La revalorisation futures des salaires n'est pas une garantie figurant dans le règlement du régime, mais nous l'analysons comme un risque inhérent à l'activité du sponsor et donc du régime. Ce traitement peut paraître en contradiction avec le précédent, cependant on peut noter que dans le cadre d'IAS19, la dette actuarielle de l'employeur est évaluée sur la base des droits acquis et des salaires projetés au terme⁵. Ainsi à l'instar de l'évaluation réalisée suivant la norme IAS 19, les revalorisations futures des salaires sont prises en compte car elles s'inscrivent dans la continuité de l'exploitation de la société (le sponsor).

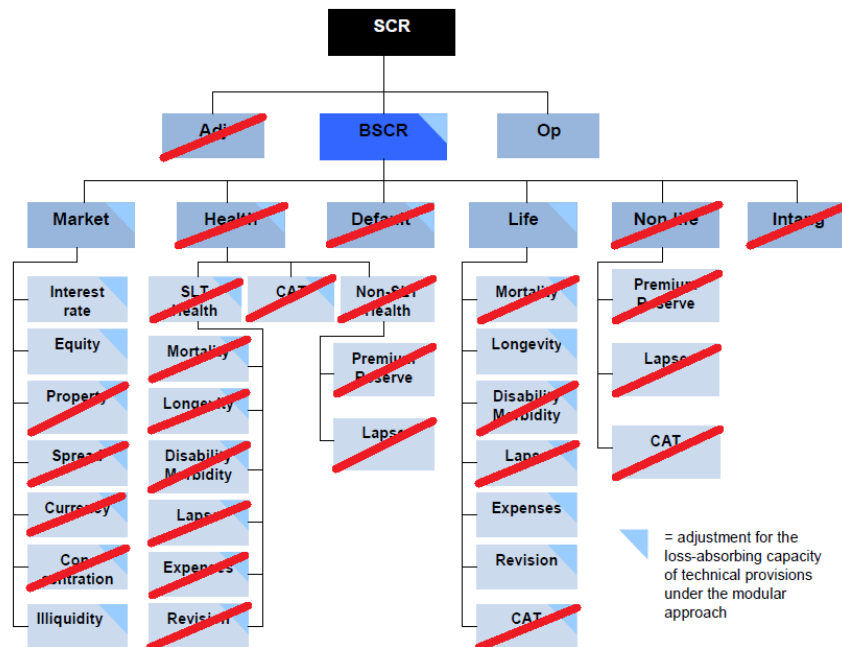
2.2.2. La cartographie des risques

Dans le cadre du fonds de pension considéré dans cette étude, il est immédiat de constater que les modules des risques *Santé* et *Non vie* peuvent être supprimés. Compte tenu de la composition du portefeuille d'actifs, certains sous-modules du risque de *marché*, ainsi que le module de risque *Actifs immatériels* ne seront pas considérés. D'autre part, compte tenu de la nature des garanties, les sous-modules de risque *Mortalité*, *Invalidité* et *Catastrophe* seront également supprimés. Enfin, le risque de *défaut* du sponsor sera négligé car à l'horizon d'un an il ne porte que sur le financement des droits acquis sur l'année (le coût normal) et reste négligeable⁶.

⁵ Les normes comptables américaines US GAAP requièrent l'évaluation de la PBO et de l'ABO (Accumulated Benefits Obligation) qui ne tient pas compte des revalorisations salariales futures.

⁶ Il s'agit d'un risque de type 1 au sens du SCR6.4 du QIS 5 c'est-à-dire non diversifiable et dont la contrepartie (ici le sponsor) fait l'objet d'une notation par les agences de rating. Dans le cadre de notre exemple, pour une

Aucun mécanisme d'absorption du risque par les provisions techniques ne sera considéré (voir 2.2.6). En effet, les salariés ne sont pas mis à contribution et s'agissant d'un régime à prestations définies, la solvabilité est mesurée en retenant la pérennité du régime comme objectif principal. D'autre part la possibilité de modifier le régime n'est pas considérée, aussi aucun ajustement au titre du *management action* n'est pris en compte.



Sur la base de cette structure réduite, nous examinerons la manière dont il est possible d'intégrer les risques identifiés au passif et à l'actif du fonds de pension.

Ces risques, qui correspondent chacun à une source d'incertitude, sont les suivants :

Au passif :

- le risque de *Longévité*
- le risque lié à la revalorisation des salaires (inflation et partie variable)
- le risque lié à la revalorisation des rentes (inflation)
- le risque lié au turn-over
- le risque de départ anticipé à la retraite

A l'actif :

- le risque *Action*
- le risque Taux d'intérêt nominal (concernant le rendement des obligations classiques)
- le risque Taux d'intérêt réel, ou inflation anticipée (pour le rendement

notation simple A du sponsor, le capital réglementaire au titre du risque de contrepartie s'élève à 1 millions de livres (2,2 millions pour une notation BBB), soit un montant négligeable par rapport au SCR total.

- des obligations indexées)
- le risque de la *Prime d'illiquidité*

Une première observation permet de constater que le risque lié à l'inflation future apparaît à l'actif et au passif mais pas dans l'approche modulaire définie par le QIS5.

2.2.2.1. La prise en compte du risque inflation

Le risque que l'inflation future soit plus importante que prévue n'a pas été traité de manière approfondie dans le QIS 5. La seule référence à ce risque apparaît dans le paragraphe sur le calcul du SCR Dépenses (dans le module du risque de Souscription). Le choc défini dans ce module suppose une hausse permanente de 1% du taux d'inflation annuel pour le calcul des frais. La lecture des réponses fournies par le CEIOPS aux participants et à la Commission Européenne permet néanmoins de dégager d'autres éléments d'analyse.

Dans sa réponse à la Commission européennes, sur le traitement des rentes indexées à l'inflation dans le cadre de la formule standard, le CEIOPS reconnaît que l'inflation n'a pas été traitée et examinée de manière satisfaisante :

F. SCR standard formula – inflation indexed annuities

F1. The EC raised the following question: 'Where annuities are inflation linked, the risk of a change in (expected) inflation rates does not seem to be captured in the life underwriting risk module and the SLT health under-writing risk module. Is it necessary to capture this risk in the SCR standard formula? If yes, how could it be done? (This question was raised by the industry in our Health Task Force.)'

F2. CEIOPS noted that inflation risk can interfere with several risks modeled in the standard formula: underwriting risk in Non-Life, Life and health insurance, market risk (e.g. indexed linked bonds). CEIOPS has already included some aspects of these interactions but not all in the standard formula: some issues have been identified, but not fully addressed. The risk associated with inflation indexed annuities has not yet been fully addressed.

F3. If this risk is to be included, CEIOPS proposes to address this risk within existing related modules: two candidates would then be the "Revision risk module", whose scope could be extended to capture the variation of the annuities due to inflation. The "Expense risk" sub-module already captures the variation of expenses due to inflation, but not the variation of the annuities due to inflation: it would be less logic to extend its scope than the "Revision risk".

F4. To achieve an explicit recognition, an alternative option could be to create a specific sub-module in Health risk and Life risk. Under this option, other specific inflation sub-modules could then be considered to address other inflation related issues in other modules. However, this option would create more complexity within the standard formula.

CEIOPS-SEC-81/10 7 June 2010

CEIOPS answers to Commission questions on QIS5 draft technical specifications

Le CEIOPS indique que les modules *Révision* et *Dépenses* pourraient être des candidats à la

prise en compte du risque inflation mais ne précise pas si la reconnaissance du risque d'inflation au sein du module *Révision* implique de renoncer à l'application d'une prime d'illiquidité à 100% sur le taux d'actualisation. En effet d'après le §V.2.3 du QIS5, les régimes de pension présentant d'autres risques que les risques de *Longévité* et de *Dépenses* devraient appliquer une prime d'illiquidité de 50%.

Le CEIOPS indique également qu'il est possible de créer un nouveau module spécifique pour l'inflation au sein du risque vie ou santé, en précisant que cela complique inévitablement la formule standard. En effet, la première difficulté pour la mise en œuvre de cette solution est de déterminer les coefficients de corrélation avec les autres sous modules.

La solution d'incorporer l'inflation dans le module du risque de marché est visiblement écartée.

62. Legal and General Group

For example, inflation linked bonds still have no specific treatment under this CP. Inflation risk should therefore be included in some way.

Noted. CEIOPS does not plan to suggest the introduction of a new sub-module.

Summary of Comments on CEIOPS-CP-47/09

En conséquence l'impact de l'inflation anticipée sur les taux d'intérêts nominaux ou réels n'est pas pris en compte. En effet, le module risque de taux n'évoque pas directement l'inflation.

La relation entre les taux d'intérêt nominal ou le taux d'intérêt réel et le taux d'inflation anticipé n'a pas été clairement énoncée. Les communications du CEIOPS laissent cependant entendre que les chocs sur les taux nominaux et sur l'inflation doivent être traités dans des modules distincts et de manière indépendante.

Le traitement de l'inflation dans le QIS5 pose donc différentes questions :

- comment traiter les chocs de taux d'intérêt et les interactions entre l'inflation anticipée, le rendement des obligations réelles et le taux nominal ?
- dans quel module ou sous module intégrer le risque inflation ?

2.2.2.2. Les risques de souscription

Risque de longévité

Le risque de longévité se manifeste lorsqu'une baisse des taux de mortalité entraîne une hausse des provisions technique. C'est donc le risque que les bénéficiaires vivent plus longtemps que prévu.

Dans le cas du fonds de pension générique, il s'agit du risque de souscription le plus important. On note que dans le cadre de notre étude, le risque de *mortalité*, qui se manifeste

lorsqu'une hausse des taux de mortalité entraîne une hausse des provisions techniques, est inexistant car il n'y a pas de garantie telle que le capital décès.

Risque de départ anticipé

Le coût pour le régime est plus important si le bénéficiaire part plus tôt à la retraite car les impacts sur l'engagement de l'acquisition d'une année de droit et d'une revalorisation salariale annuelle supplémentaires sont plus faibles que l'impact lié au versement d'une annuité supplémentaire.

Il n'existe pas de module spécifique pour ce risque. Trois modules pourraient être envisagés : *Lapse*, *Expense* ou *Revision*.

Risque turn-over

Il s'agit du risque que le turn-over soit moins important que prévu. Dans le cas d'un turn-over faible, la probabilité que les salariés acquièrent des droits plus importants (par une ancienneté et un salaire final plus élevés) est plus forte.

Dans le cadre de l'approche modulaire du QIS 5, ce risque semble pouvoir être traité de la même manière que le précédent.

Risque lié à la revalorisation des salaires

Il s'agit du risque que les revalorisations de salaires futures soient plus importantes que prévues. Ce risque comporte deux composantes : une liée à l'inflation et l'autre à la grille de salaires (les revalorisations individuelles). Le module le mieux indiqué semble être le module *Expense*.

Risque lié à la revalorisation des rentes

Il s'agit du risque que l'inflation future soit plus importante que prévue.

2.2.2.3. Les risques de marché

Compte tenu de la structure du portefeuille des actifs de couverture du régime, le risque de marché relatif au fonds de pension considéré dans notre étude peut être décomposé en trois sous modules (taux d'intérêt, action et prime d'illiquidité). Plus particulièrement, les risques présentés dans la structure modulaire du QIS 5 qui ne seront pas pris en compte dans notre étude sont les suivants :

- Risque de concentration
- Risque de change
- Risque Immobilier
- Risque de crédit

Le risque taux d'intérêt

Il s'agit du risque de hausse ou de baisse soudaine des taux d'intérêts nominaux et réels. Ce risque intervient à l'actif pour le calcul de la juste valeur des obligations et au passif pour l'évaluation du Best Estimate.

Le risque action

Il s'agit du risque de la baisse soudaine des cours boursiers.

Le risque prime d'illiquidité

Ce risque intervient au niveau du calcul du Best Estimate à travers la courbe de taux sans risque retenue pour l'actualisation.

2.2.2.4. Les mécanismes de réduction et de partage des risques

Les fonds de pensions possèdent des mécanismes de protection et d'absorption des risques qui leurs sont propres et qui ne s'inscrivent pas dans la grille d'analyse du QIS5 (recours au sponsor par une hausse des contributions, fonds de protection des pensions, modification ou réduction du régime,...). Il semble difficile de traiter ces questions de manière générale, tant les situations peuvent être différentes au regard des pratiques, du règlement du régime ou de la réglementation locale.

D'autres mécanismes tels que les contributions salariales auraient pu être considéré sans remettre en cause l'objectif de pérennité du régime. Cependant dans le cas de l'exemple considéré ici, compte tenu de la structure de la population et du fait que le régime soit fermé, l'impact d'un tel mécanisme n'est pas significatif.

La transformation des régimes à prestation définie en régimes à cotisation définie est une pratique qui s'est généralisée suite aux crises financières récentes. Ce mécanisme de transfert du risque du sponsor aux bénéficiaires ne conduit pas forcément à une réduction du niveau des prestations.

2.2.2.5. Garanties et options

Dans le cas du régime de retraite que nous avons considéré, compte tenu de la nature du régime, il n'y a pas d'option dans le sens où les choix délibérés des bénéficiaires ne peuvent pas influencer le montant des prestations. En effet, nous supposons que le départ en retraite avant l'âge normal n'est pas lié à un choix délibéré.

La garantie de revalorisation des rentes à l'inflation prévue par le régime ne correspond pas à une option puisqu'elle ne dépend pas du comportement des bénéficiaires, elle n'est pas non plus assimilée à une clause de participation aux bénéfices (T.P.2.89). A la lecture du T.P.2.73 et du T.P.2.75 il semble la revalorisation à l'inflation s'apparente à une garantie non financière :

A financial guarantee is present where there is a possibility to pass losses to the undertaking or to receive additional payment as a result of the evolution of financial variables (solely or in conjunction with non-financial variables),...

There are also non-financial guarantee where the benefits provided would be driven by the evolution of non-financial variables...

Nous considérons que l'inflation s'apparente plus à une variable macroéconomique qu'à une variable financière.

⇒ **La revalorisation des rentes à l'inflation prévue par le règlement du régime de retraite doit être traitée comme une garantie dans le calcul du *Best Estimate*.**

2.3. Le calcul du Best Estimate

Les provisions techniques qui correspondent à la valeur de transfert de l'engagement se composent du *Best Estimate* et de la marge de risque. Cette valeur de transfert peut être calculée de façon globale lorsqu'il existe un instrument financier échangé sur un marché actif (profond, liquide et transparent T.P.4.4) qui reproduit exactement le montant et le timing des flux. Dans le cas contraire, une marge de risque doit être ajoutée au *Best Estimate* afin de garantir l'équivalence entre les provisions techniques et la valeur de marché de l'engagement. Cette marge de risque inclut le coût de portage de l'engagement ou plus précisément le coût de l'immobilisation du capital nécessaire pour couvrir le SCR, elle est calculée en considérant des conditions de marché optimales qui garantissent un transfert équitable.

Le *Best Estimate* est défini comme la valeur actualisée des flux futurs probables et correspond à la meilleure estimation possible de l'engagement.

The best estimate shall correspond to the probability-weighted average of future cash-flows, taking account of the time value of money (expected present value of future cash-flows), using the relevant risk-free interest rate term structure. Article 77 (2) Level 1 text

Cette définition implique qu'aucune marge de prudence ne doit être prise en compte dans le calcul, les hypothèses doivent être réalistes c'est-à-dire ni trop prudentes ni trop optimistes. Une autre propriété remarquable du *Best Estimate* est qu'à l'instar des provisions techniques, il doit être évalué d'une manière cohérente avec les prix observés sur les marchés financiers, il s'agit de la propriété de *Market Consistency* (Article 76 Level 1 text).

2.3.1. Principes de calcul

2.3.1.1. Actualisation des flux

Les flux futurs doivent être actualisés à partir d'une courbe de taux sans risque. Pour les besoins du QIS 5, une courbe de taux nominaux sans risque, propre à chaque monnaie considérée est proposée aux participants.

Afin de tenir compte de l'illiquidité des passifs d'assurance, c'est-à-dire la plus ou moins grande difficulté à les échanger dans des conditions concurrentielles à un prix connu à

l'avance, le QIS 5 préconise l'ajout d'une prime d'illiquidité au taux sans risque pour l'actualisation des flux.

Ainsi pour les contrats d'assurance dont les seuls risques de souscription sont les risques *Expense* et *Longevity*, dont toutes les primes ont été réglées et qui ne supportent aucun risque de rachat, la prime doit être prise en compte à 100%. Pour les contrats avec clause de participation aux bénéfices, la prime s'applique à 75%. Pour tous les autres contrats, la prime s'applique à 50%⁷.

Dans le cadre de l'application du QIS 5 au fonds de pension présenté dans la première partie, il est important de constater que la variable déterminante pour l'actualisation des flux dans le calcul du *Best Estimate* est le taux net de l'inflation anticipée ou taux réel. Une évaluation *Market Consistent* devrait être fondée sur une courbe des taux réels sans risque. Cependant, aucune courbe de taux réel sans risque n'est proposée par les spécifications techniques du QIS 5. De la même manière, aucune contrainte n'est imposée pour le choix de l'hypothèse d'inflation future.

Dans le cas du Royaume Uni et de l'exemple considéré, l'inflation implicite extraite du rendement des obligations d'état, nominales et indexées, apparaît comme l'hypothèse la mieux indiquée pour une évaluation *Market Consistent*. En effet, l'hypothèse d'inflation future et les taux nominaux doivent être mutuellement compatibles. Or la courbe de taux sans risque proposée par le CEIOPS est cohérente avec la courbe des taux zéro coupon des obligations d'état. Le document « *QIS 5 Risk-free interest rates – Extrapolation method* » précise cependant l'hypothèse d'inflation de long terme retenue pour la construction des courbes des taux sans risque. Cette hypothèse n'est pas déterminée uniquement au regard des données historiques mais il est également fait référence à l'objectif de long terme affiché par les Banques centrales (exprimé en fonction de l'indice CPI pour le Royaume Uni). Ainsi, différentes zones géographique sont considérées : les pays à inflation faible, forte ou moyenne. Pour le Royaume Uni et les pays de la zone euro le taux moyen de long terme considéré est de 2%. Ce taux de 2% est déterminé en référence à l'objectif de la Banque Centrale et donc de l'indice CPI. L'écart avec l'inflation implicite de 3,8% observée sur les obligations d'état pour une maturité de 20 ans à fin 2009 est cependant très éloigné du spread moyen de 50 à 70 points de base généralement observé entre les indices RPI et CPI. Les sources potentielles de cet écart seront évoquées dans les sections suivantes notamment à travers la présentation des travaux récents sur les primes de risque de taux.

Le choix de l'hypothèse d'inflation future, ou plus précisément du taux d'actualisation net, apparaît déterminant dans le cadre de l'application du QIS 5 au fonds de pension théorique. Deux approches semblent pouvoir être opposées : une approche *Market Consistent* fondée sur l'observation des prix de marché et en l'occurrence l'inflation implicite et une approche fondée sur l'observation des données historiques ou d'information extérieures aux marchés financiers telles que l'avis d'expert (consensus d'économistes, enquête d'opinion, objectif de Banque centrale). Les incidences de ce choix méthodologique seront illustrée dans l'application pratique de la troisième partie.

⁷ On note que dans le cadre du régime considéré dans notre étude, le choix du module pour le risque inflation n'est pas neutre : si le module *Revision* est retenu alors une prime de 50% s'applique contre une prime de 100% si le choix se porte sur le module *Expense*.

2.3.1.2. Modélisation

Les spécifications techniques QIS 5 précisent que l'ensemble des sources d'incertitude, les interactions entre les variables à la source de ces incertitudes et les effets d'irréversibilité doivent être prise en compte pour le calcul du *Best Estimate*. Les participants au QIS 5 doivent retenir une méthode actuarielle qui appréhende de manière appropriée les risques qui affectent les flux futurs.

Aucune méthode en particulier n'est imposée, mais il est précisé que pour les produits d'assurance vie comportant une clause de participation aux bénéfices, des options ou des garanties financière, une méthode stochastique prenant en compte différents scénarios devrait fournir une évaluation plus robuste et plus appropriée. Enfin, les spécifications techniques du QIS5 rappellent que l'utilisation d'un modèle stochastique dans le cadre de la projection de variables financières se doit d'être *Market Consistent*.

Dans le document « Orientations Nationales Complémentaires aux Spécifications Techniques » relatif au QIS 5, l'Autorité de Contrôle Prudentiel présente ses recommandations pour le calcul du *Best Estimate* en assurance-vie et en Prévoyance. Le régime de retraite considéré dans notre étude présente des caractéristiques similaires à ce type de produit d'assurance

L'actualisation des flux futurs est traitée différemment selon le type de garantie. La différence de traitement s'explique par la nature des prestations et plus précisément par la dépendance existant entre les prestations et les variables financières.

Ainsi dans le cadre d'un contrat d'assurance-vie-épargne en euro, un jeu complet de scénarios est requis. Le calcul de l'engagement doit respecter les modalités suivantes :

- la revalorisation des prestations est évaluée à chaque pas pour chaque scénario
- les flux de trésorerie ainsi obtenus dans chaque scénario doivent être actualisés à l'aide des taux d'actualisation propres à chaque scénario
- le BE est égal à la moyenne des valeurs obtenues sur chacun de ces scénarios

Dans le cas de ce type de contrat, la revalorisation des prestations dépend directement du rendement des actifs qui ne peut pas être traité indépendamment du taux d'actualisation. D'autre part, le processus associé aux flux futurs présente une forte irréversibilité (path dependence).

Dans le cadre de la prévoyance, le *Best Estimate* relatif à un contrat de rentes viagères en service est calculé en actualisant les flux à partir de la courbe des taux fournie dans les spécifications techniques du QIS5. Dans ce cas les prestations sont jugées indépendantes des conditions de marché et donc du taux d'actualisation. Il est néanmoins précisé que les hypothèses de revalorisation retenues doivent être cohérentes avec les produits financiers futurs générés par le portefeuille d'actifs et que les projections doivent être réalisées dans un *univers risque neutre*.

Dans le cas du régime de retraite de cette étude, il paraît cohérent de considérer que l'actualisation des flux à partir d'une courbe de taux réels sans risque relève d'une approche *Market Consistent*. Pour des schémas de revalorisation plus complexes une approche telle que celle préconisée par l'ACP pour les contrats d'épargne doit être mise en œuvre (voir partie III

section 3.3).

D'une manière générale on distingue deux types de modèle pour la valorisation des instruments financiers (Panjer et al. 1998) :

- l'approche en univers risque neutre fondée sur les hypothèses d'absence d'opportunités d'arbitrage et de marché complet qui permet d'obtenir une valorisation cohérente avec les prix de marchés observables. Ces modèles ne requièrent pas la formulation d'hypothèses sur les rendements futurs des différents actifs.
- les modèles d'équilibre général fondés sur des hypothèses structurelles définissant les interactions entre les différentes variables.

L'approche par les déflateurs qui sera présentée dans la section permet de tenir compte des interactions entre les différentes variables tout en produisant des estimations *Market Consistent*.

2.3.2. Inflation implicite et Prime de risque

La notion de prime de risque ainsi que les travaux présentés de cette section permettent d'expliquer pourquoi l'inflation implicite est une mesure biaisée de l'inflation anticipée.

2.3.2.1. La relation de Fisher

Le point mort d'inflation ou inflation implicite se déduit des courbes de taux des obligations réelles et nominales à partir de la formule de Fisher. Cette structure par terme de l'inflation est déterminée par la différence entre les taux nominaux forward instantanés et les taux réels forward instantanés. Le taux d'inflation implicite correspond au niveau d'inflation pour lequel l'état est indifférent, en termes de coût de financement, entre émettre une obligation indexée sur l'inflation et émettre une obligation nominale. De manière symétrique pour un investisseur, l'inflation implicite est le niveau d'inflation qui égalise le rendement futur d'une obligation nominale et d'une obligation indexée de même maturité.

Au regard du fonctionnement du marché des obligations indexées et des obligations classiques, la relation de Fisher correspond à une condition d'absence d'opportunité d'arbitrage dans un univers risque neutre. Dans un cadre stochastique, l'inflation doit être interprétée comme l'anticipation de l'inflation future sur une maturité donnée. Si ces anticipations sont rationnelles, alors elles seront justes en moyenne.

Si les anticipations des investisseurs sont rationnelles et si ces derniers sont neutres au risque, l'équilibre général des deux marchés (obligations nominales et réelles) conduit à l'égalité entre l'anticipation du rendement réel d'une obligation nominale et le rendement réel garanti d'une obligation indexée de même maturité⁸ :

⁸ Formellement cette approximation linéaire est obtenue à partir de l'expansion de Taylor au premier ordre :

$$\frac{1}{(1+x)} \approx 1 - x, (1+x)(1+y) \approx 1 + x + y$$

En combinant ces expressions : $(1+r) = \frac{(1+i)}{(1+\pi)} \approx (1+i)(1-\pi) \approx 1+i-\pi$

$$r_t = i_t - \pi_t^a$$

Où π_t^a représente l'inflation anticipée, r_t le rendement réel de l'obligation indexée zéro coupon et i_t le rendement nominal de obligation nominale.

Cette relation est utilisée par la Banque d'Angleterre afin d'extraire l'inflation anticipée du cours des obligations nominales et des obligations indexées à l'inflation. La Banque d'Angleterre qui publie régulièrement une courbe d'inflation implicite, indique que cette mesure peut être assimilée « au taux moyen d'inflation attendu sur une certaine période ». Elle précise cependant que l'illiquidité du marché des obligations indexées peut causer des distorsions et qu'en pratique une prime de risque « inflation » est incorporée dans cette mesure d'inflation anticipée.

2.3.2.2. *Les différentes primes de risque*

Mehra et Prescott furent les premiers auteurs à introduire la notion de prime de risque en remarquant que le rendement moyen des actions était significativement supérieur au taux sans risque (mesuré par le rendement des obligations d'état). Des études économétriques ont montré que l'écart observé entre le taux sans risque et le rendement des actions correspondait à des valeurs irréalistes de l'aversion au risque, présentant ainsi cet écart comme une énigme connue sous le nom de « equity premium puzzle ». Plus récemment, suite aux crises financières et à l'effondrement des marchés, des auteurs ont noté que statistiquement la prime de risque avait quasiment disparu.

Dans le cas des taux d'intérêt, on distingue généralement trois types de prime de risque :

La prime de risque inflation

Lorsque l'inflation future est incertaine, les coupons et le principal d'une obligation nominale peuvent voir leur valeur réelle diminuer du fait d'une inflation non anticipée. Dans un modèle d'équilibre général, si l'inflation est négativement corrélée avec les conditions économiques, comme c'est le cas lors des périodes de stagflation, le rendement réel des obligations nominales décline lorsque les conditions économiques se détériorent. Les investisseurs risque adverse demanderont donc une prime de risque positive pour détenir une telle obligation. Si à l'inverse l'inflation est corrélée positivement avec les conditions économiques, les obligations nominales possèdent une valeur de couverture aux yeux des investisseurs. Comme il a été vu plus haut, les obligations indexées ne sont pas exposées au risque d'inflation.

La prime de risque taux d'intérêt réel

Lorsque les taux d'intérêt réel futurs sont incertains, les obligations indexées et les obligations nominales sont des actifs risqués. Les investisseurs risque adverse vont demander une prime de risque pour la détention de ces actifs car les cash-flows qu'ils vont leur procurer pourront ne pas correspondre exactement à leur plan de consommation future.

Et donc $r = i - \pi$

La prime de liquidité

La liquidité exprime la faculté d'acheter ou vendre un actif à un prix connu à l'avance. Cette propriété qui dépend directement de la structure du marché peut être mesurée par sa profondeur ou par le volume de transaction. Le marché des obligations indexées est réputé moins liquide que le marché des obligations nominales. Il y a donc un risque pour un investisseur qu'il ne puisse pas exécuter rapidement un ordre d'achat ou de vente dans les conditions souhaitées. Dans du marché des obligations indexées, certains investisseurs institutionnels comme les fonds de pension détiennent une part très importante des obligations et peuvent créer des chocs d'offre ou demande ayant des impacts importants sur les prix. Les événements de 2008 et 2009 fournissent des exemples de l'illiquidité du marché des obligations. La segmentation du marché et la théorie des habitats préférés sont souvent présentées comme les causes de la plus faible liquidité des obligations réelles.

Les études empiriques

De nombreuses études relatent la présence d'une prime de risque inflation dans le rendement des obligations d'état, les estimations de la prime sont généralement comprises entre 20 et 80 points de base (voir Hördahl 2010 pour un survey). Les études s'intéressant aux obligations indexées sont plus récentes mais semblent confirmer également la présence de primes de risque dans le rendement des obligations réelles.

2.3.2.3. Une décomposition de l'inflation implicite (Pflueger et Viceira 2010)

Pflueger et Viceira (2010) ont testé empiriquement l'hypothèse d'anticipation de la courbe des taux sur les marchés UK et US des obligations indexées et nominales. D'après cette hypothèse, les rendements des obligations de long terme reflètent les anticipations des rendements des obligations de court terme. Si cette hypothèse n'est pas vérifiée, cela signifie que les rendements comportent une prime de risque variable.

Si l'hypothèse est vérifiée pour le marché des obligations indexées, cela implique que la prime de risque de taux d'intérêt réel est constante. Les investisseurs ne peuvent alors pas obtenir de rendements supérieurs au taux sans risque en alternant entre des obligations réelles de longue et de courte maturité. Si l'hypothèse est vérifiée pour le marché des obligations nominales, cela implique que les primes de risque de taux d'intérêt réel et d'inflation sont toutes deux constantes (sauf dans le cas particulier où les variations des deux primes s'annulent).

Le rejet de l'hypothèse a déjà largement été documenté pour le marché des obligations nominales pour les données US (Cochrane et Piazzesis 2005), les auteurs approfondissent donc l'analyse en étudiant conjointement les données des obligations réelles et en considérant l'existence d'une prime de risque d'illiquidité.

Les auteurs rejettent l'hypothèse dans les deux cas (obligations réelles et nominales).

Ils en concluent que les variations de l'inflation implicite ne reflètent pas uniquement les variations dans les anticipations de l'inflation future mais également les variations de la prime de risque inflation que les investisseurs exigent pour la détention d'obligations nominales et de la prime de risque d'illiquidité que les investisseurs exigent pour la détention d'obligations

réelles.

L'inflation implicite s'écrit :

$$b_{n,t} = y_{n,t}^{\$} - y_{n,t}^*$$

où $y_{n,t}^{\$}$ représente le taux de rendement à l'instant t d'une obligation nominale de maturité n et $y_{n,t}^*$ celui d'une obligation réelle de maturité n .

Le rendement d'une obligation indexée s'écrit :

$$y_{n,t}^* = y_{n,t} + L_{n,t}^*$$

Où $L_{n,t}^*$ représente la prime de liquidité associée aux obligations réelles et $y_{n,t}$ représente le rendement d'une obligation indexée sur un marché parfaitement liquide. Ce rendement inclut la prime de risque de taux d'intérêt réel.

Le rendement d'une obligation nominale :

$$y_{n,t}^{\$} = y_{n,t} + \pi_{n,t}^e + \psi_{n,t} + L_{n,t}^{\$}$$

Où $\pi_{n,t}^e$ représente l'inflation anticipée, $L_{n,t}^{\$}$ la prime de liquidité des obligations nominales de longue maturité (par rapport aux obligations nominales de maturité plus courte) et $\psi_{n,t}$ la prime de risque d'inflation.

L'inflation implicite s'écrit finalement :

$$b_{n,t} = \pi_{n,t}^e + \psi_{n,t} + (L_{n,t}^{\$} - L_{n,t}^*)$$

⇒ **L'inflation implicite se compose de différents éléments qui varient dans le temps :**

- **L'inflation anticipée**
- **La prime de risque inflation**
- **Le différentiel de primes d'illiquidité sur les marchés des obligations nominales et réelles**

2.3.2.4. La prime de risque réel (Campbell, Shiller et Viceira 2009)

Les auteurs utilisent un modèle d'agent représentatif rationnel caractérisés par des préférences de type Epstein-Zin. Il s'agit d'une généralisation de la fonction d'utilité puissance qui comporte un coefficient d'aversion au risque γ et un coefficient d'élasticité inter temporel de substitution ψ indépendants l'un de l'autre (à l'inverse des fonctions puissance pour lesquels l'un est l'inverse de l'autre).

Sous l'hypothèse que les rendements des actifs et la consommation sont log normales et homoscédastiques, l'équilibre du modèle implique que la prime de risque d'un actif par rapport au taux sans risque r^f s'écrit :

$$RP = E [r_{t+1}] - r_{t+1}^f + \sigma^2/2 = \theta \sigma_c / \psi - (1 - \theta) \sigma_w$$

$$\theta = (1 - \gamma) / (1 - \psi)$$

Le deuxième terme de la première égalité correspond à l'effet convexité de l'inégalité de Jensen. Les termes σ_c et σ_w correspondent aux covariances entre le rendement de l'actif et respectivement, la consommation et la richesse. A noter que dans le cas de l'utilité puissance, $\gamma = 1/\psi$ et $\theta = 1$.

La consommation et la richesse sont liées par la contrainte de budget et ne peuvent pas être traitées de manière indépendante. Cependant à partir de cette équation il est possible d'extraire l'une des deux variables de l'équation précédente.

Dans la première approche, la prime de risque sur une obligation réelle perpétuelle s'écrit :

$$RP^* = \gamma \sigma_w - (\gamma - 1) \sigma^2$$

La prime de risque décroît avec la volatilité de l'obligation car elle procure alors une couverture contre les changements dans les opportunités d'investissement.

Dans la seconde approche, en supposant (Campbell 2003) que le rendement des obligations réelles est lié à la consommation future anticipée par la relation :

$$y_{t+1}^* = -1/\psi \check{g}_{t+1}$$

$\check{g}$ représente la révision de l'anticipation de consommation future.

La prime de risque sur une obligation réelle perpétuelle s'écrit :

$$RP^* = \gamma(-1/\psi) \sigma_c - (\gamma - 1/\psi) (-1/\psi) \sigma_g^2$$

où σ_g représente la covariance entre le rendement de l'actif et $\check{g}$.

Dans le cas d'une fonction d'utilité puissance, seul le premier terme est non nul (Campbell 1996). Dans ce cas, la prime de risque est positive, si les rendements varient positivement avec la croissance de la consommation. Si la croissance de la consommation est négativement auto corrélée, alors la prime de risque est positive. En effet dans ce cas-là une récession conduit les agents à anticiper une hausse de la consommation future, donc une hausse des taux réels et une baisse du prix des obligations réelles. Dans le cas de chocs persistants sur l'économie, la croissance de la consommation est positivement auto corrélée, une récession conduit les agents à réviser leurs anticipations de consommation future à la baisse ce qui conduit les taux réels à la baisse et le prix des obligations à la hausse. Les obligations indexées constituent donc une couverture contre la récession et la prime de risque est négative.

Le deuxième terme devrait être négatif sous l'hypothèse plausible que $\gamma > 1/\psi$. Dans ce cas, une incertitude élevée sur le taux de croissance à long terme (représentée par σ_g^2) contribue à diminuer la prime de risque sur les obligations indexées.

Globalement ce paradigme suggère que la prime de risque sur les inflations indexées devrait

décroître lorsque les investisseurs sont plus concernés par le taux de long terme de croissance de la consommation et moins préoccupés par les mouvements de court terme du cycle économique. Les auteurs arrivent donc à la conclusion que la prime de risque réel devrait être faible ou négative, faisant des obligations indexées un actif intéressant pour un investisseur de long terme adverse au risque. Plus généralement, ces travaux montrent que l'interprétation économique des primes de risque est directement dépendante des hypothèses formulées dans le choix des fonctions d'utilité.

Les auteurs évoquent également la question de la prime d'illiquidité qui apparaît comme l'un des principaux inconvénients des obligations indexées. Ils observent, en citant les travaux de Vayanos et Villa (2007) que le déclin du rendement des obligations indexées observé au Royaume Uni depuis 2005 est vraisemblablement lié à la forte demande des fonds de pension et des sociétés d'assurance qui évaluent leurs provisions techniques à partir de taux réels de marché. Ils soulignent cependant le fait qu'un investisseur de long terme n'attache pas forcément d'importance aux coûts de transaction et que l'illiquidité du marché n'est que relative (forte par rapport au marché des obligations classique mais plus faible par rapport à d'autres classes d'actifs).

2.3.3. La situation du marché anglais à fin 2009

Sur la base du cadre théorique retenu par Campbell et al (2009), les travaux de Joyce et al. (2009), concluent à la présence d'une prime de risque négative dans l'inflation implicite extraite du marché anglais des obligations. Les auteurs expliquent la hausse de l'inflation implicite observée en 2009 sur les longues maturités par la forte demande des fonds de pensions.

Cette prime de risque, qui peut être qualifiée de prime de rareté, s'interprète comme une conséquence d'une pression sur la demande exercée par les investisseurs institutionnels exposés au risque d'inflation et ayant un horizon de long terme. Les taux des obligations nominales (ou de manière équivalente la courbe de taux sans risque du CEIOPS) sont assimilés aux taux sans risque. Ainsi dans cette optique, en notant P la prime de rareté, le taux nominal peut être représenté de la manière suivante :

$$\begin{array}{rcccl}
 & & \text{Taux nominal sans risque} & & \\
 & & = & & \\
 & \underbrace{\text{Taux réel anticipé} - P} & + & \underbrace{\text{inflation anticipée} + P} & \\
 & \downarrow & = & \downarrow & \\
 \text{Taux zéro coupon des Obligations Indexées} & + & & \text{Inflation Implicite} &
 \end{array}$$

Au 31.12.2009 dans le cas du marché anglais des obligations d'état, l'inflation implicite est donc une mesure biaisée des anticipations d'inflation et ne constitue pas la meilleure estimation possible de l'inflation future car elle inclut une prime de risque. Cette prime qui peut être qualifiée de prime de rareté détermine le prix de marché du risque associé aux obligations indexées. Compte tenu de sa nature économique, sa prise en compte dans le taux d'actualisation net retenu pour le calcul du *Best Estimate* d'un passif de retraite

professionnelle, ne paraît pas justifiée.

L'utilisation de consensus ou d'indicateurs macroéconomique hors marché tel que l'objectif d'inflation de long terme de la Banque centrale paraît mieux indiquée pour la détermination de l'hypothèse d'inflation future.

2.4. Evaluation du SCR par la formule standard

Le capital de solvabilité requis par la Directive Solvency II, le SCR, correspond à la valeur en risque (Value-at-Risk) des fonds propres de base, avec un niveau de confiance de 99,5 %, à l'horizon d'un an. Les fonds propres sont mesurés par l'actif net, ou Net Asset Value, c'est-à-dire la valeur marché des actifs diminuée du *Best Estimate*. Deux approches peuvent être employées : l'utilisation de la formule standard et l'utilisation d'un modèle interne.

La formule standard présentée dans le QIS5 repose sur la structure modulaire présentée en parti 2.1 et une approche par scénario. Le niveau d'exigence en capital est défini par la variation de la Net Asset Value (NAV) suite à l'occurrence de chocs instantanés et simultanés sur les variables à l'origine des différentes sources de risque. Un choc représente une évolution soudaine et non anticipée de l'environnement de la société. Le niveau de confiance retenu pour le calcul, implique qu'il s'agit d'un événement rare, une situation exceptionnelle qui est proche du pire scénario possible pour la société. Les impacts des différents chocs sont mesurés séparément mais agrégés à partir d'une matrice de corrélation qui tient compte des interactions entre les différentes variables.

Cette section s'intéresse à la manière dont il est possible de concilier l'approche modulaire du QIS5 avec l'introduction du risque *Inflation* et la prise en compte des interactions entre taux d'intérêt réel, taux d'intérêt nominal et inflation anticipée.

2.4.1. Rappels d'économie monétaire

Sur le plan de la théorie économique, les interactions entre taux d'intérêt nominaux, taux d'intérêt réels et inflation ont été étudiés dans le cadre de la question de l'efficacité de la politique monétaire⁹, un débat qui a longtemps opposé l'approche keynésienne à l'école Néoclassique. L'introduction de la notion d'anticipation rationnelle a réorienté les débats sur la question de la crédibilité de la politique monétaire.

2.4.1.1. Keynes et les Nouveaux Classiques

Les modèles néoclassiques d'équilibre général, qui sont fondés sur une analyse de l'économie en termes réels, décrivent la situation de croissance stationnaire optimale par l'égalité entre le taux d'intérêt réel et le taux de croissance de l'économie. Dans ce cadre d'analyse fondé sur un horizon de long terme, le taux de croissance est considéré constant (Fama 1975). Ainsi, la relation de Fisher, qui décrit l'équilibre sur le marché des obligations, signifie que dans cette situation d'équilibre stationnaire, le taux d'intérêt et l'inflation sont stables en moyenne dans

⁹ Les Banques Centrales disposent de nombreux instruments pour la conduite de la politique monétaire mais le principal canal de transmission repose dans la détermination des taux d'intérêt directeurs. Dans le cadre d'une politique d'open market les autorités monétaires rachètent des obligations sur le second marché, faisant ainsi monter les prix et baisser les taux.

le long terme¹⁰. A court terme, le taux d'intérêt détermine uniquement le partage épargne-consommation et les prix sont parfaitement flexibles.

L'équation quantitative de la monnaie permet de résumer le cadre néoclassique :

$$MV=PY$$

A long terme, la quantité de Monnaie M détermine le niveau général des prix P . Y désigne le niveau de la production et V la vitesse de circulation de la monnaie qui est un paramètre constant. Une politique monétaire expansionniste est inefficace car elle se traduit par une hausse de la quantité de monnaie et conduit par conséquent à une hausse du niveau général des prix, laissant le niveau du produit inchangé.

L'analyse keynésienne s'inscrit dans une optique de court terme où les prix sont fixes. Dans ce cadre, la politique monétaire est efficace et peut influencer l'activité économique réelle. Ainsi, une baisse des taux d'intérêt permet de relancer l'activité par le biais de l'investissement, l'emploi et la consommation, les prix et les anticipations d'inflation restants relativement stables.

Friedman (1956), constatant l'efficacité à court terme des politiques monétaire de relance d'inspiration keynésienne, attribuera l'inertie des anticipations d'inflation à un phénomène éphémère d'illusion monétaire. Par la suite, en introduisant la notion d'anticipations rationnelles, les Nouveaux classiques rejeteront l'idée selon laquelle les agents peuvent être victimes d'une illusion nominale, même à court terme. Dans ce cadre, une baisse des taux nominaux conduit immédiatement à une révision à la hausse des anticipations d'inflation future et n'influence pas les perspectives de rendement réel de l'investissement.

2.4.1.2. La crédibilité de la politique monétaire

La critique de Lucas qui repose sur la notion d'anticipations rationnelles exprime l'inefficacité des modèles économétriques dans la prévision des effets des politiques économiques. Les agents adaptent leur comportement si l'évolution des variables anticipées est modifiée. En cas de changement de politique économique, les agents utilisent différemment l'information dans la formulation de leurs anticipations et modifient leurs comportements : la structure des équations des modèles ne sera plus valable car le comportement des agents aura changé.

Une même politique économique pourra avoir des effets différents. Cette approche sera développée par les Nouveaux classiques (Thomas Sargent, Robert Barro, Edward Prescott, ...) qui considèrent que les objectifs de la politique monétaire doivent se limiter à la lutte contre l'inflation. Les modèles montrent que si la politique économique est anticipée par les agents, elle n'a pas d'effet sur le produit global. Un effet réel ne peut venir que d'une politique économique non anticipée mais peut alors s'avérer contreproductive.

¹⁰ Les études empiriques suggèrent qu'à moyen terme, l'inflation et les taux d'intérêt varient dans un sens identique (Duffee 2006). Ceci peut s'interpréter comme une conséquence de l'interventionnisme des Banques centrales : en phase de croissance et d'accélération de l'inflation, la politique monétaire consiste à hausser les taux directeurs afin d'éviter une situation de surchauffe, en situation de récession et de baisse de la pression inflationniste, la baisse des taux directeurs permet de relancer l'investissement.

D'après Bernanke (2007) l'hypothèse d'anticipation rationnelle a profondément marqué la conception de la politique monétaire. La plupart des Banques centrales affichent leur objectif en termes d'inflation de long terme et cherchent à asseoir leur crédibilité en communiquant avec clarté et efficacité. La crédibilité nécessite des interventions qui démontrent le sérieux de l'engagement de la banque centrale vis-à-vis de la stabilité des prix ainsi que son aptitude à y parvenir (Mishkin, 2007).

Dans ce cadre, l'influence d'un choc de taux d'intérêt sur l'inflation anticipée dépendra de la crédibilité et de la stratégie de long terme de la Banque centrale. Selon la nature du choc et la manière dont il est perçu par les agents (hausse des taux en réaction à des tensions inflationnistes avérées, changement d'objectif d'inflation de long terme, mesure de relance,...), l'impact sur les anticipations sera différent.

2.4.2. Définitions des chocs

Il paraît important de définir les scénarios de choc sur les taux d'intérêt et l'inflation sur la base d'un cadre théorique définissant les interactions entre ces variables. La théorie économique a montré qu'une modification des taux d'intérêt pouvait avoir des effets différents sur les anticipations d'inflation suivant le contexte économique, la crédibilité et la stratégie de long terme de la Banque centrale. Il est cependant possible de définir des scénarios déterministes sur la base d'une approche structurée en retenant le cadre défini par la relation de Fisher. Cette relation qui exprime l'égalité entre le rendement réel attendu d'une obligation nominale et le rendement d'une obligation indexée permet d'inscrire l'évaluation du SCR dans le cadre d'une approche structurée et cohérente sur un plan économique.

2.4.2.1. Les chocs de taux

Dans le cas d'un fonds de pension tel que celui que nous avons considéré dans cette étude, la variable déterminante pour le calcul du *Best Estimate* est le taux net défini par le taux de rendement des obligations indexées sur l'inflation.

Les spécifications techniques du QIS 5 précisent que le choc multiplicatif appliqué à la courbe des taux nominaux sans risque doit être également appliqué à la courbe des taux réels. Les réponses apportées par le CEIOPS aux questions portant sur la formule standard ne permettent cependant pas de

166. Lloyd's 4.13. There appears to be no distinction between the nominal and the real term structure of interest rates. The paragraph also does not address how any simultaneous changes in nominal and real interest rates can affect implicit expectations of future inflation.

Agree. The advice now clarifies that the approach applies to both real and nominal term structures.

Consultation Paper on the Draft L2 Advice on SCR Standard Formula -Market risk CEIOPS-SEC-110-09

Dans le cadre d'un univers risque neutre, la relation de Fisher exprime une condition d'absence d'opportunité d'arbitrage sur le marché des obligations nominales et des obligations réelles. L'inflation implicite correspond alors à l'inflation future anticipée. Cette relation $i = r + \pi^o$ permet donc d'analyser les effets d'un choc de taux d'intérêt nominal i sur l'inflation anticipée π^o et le taux d'intérêt réel r .

Deux types de scénario peuvent être considérés suivant l'effet attendu sur l'inflation implicite :

Chocs proportionnels

Si l'on considère le choc multiplicatif b sur le taux réel r et le taux nominal i , en notant par $*$ les valeurs obtenues après le choc, $i^* = b i$ et $r^* = b r$. La relation de Fisher implique alors : $\pi^* = b \pi$.

⇒ L'inflation implicite variera dans le même sens que les taux réels et nominaux.

Mkt Int Up :

$$\text{Taux nominal} = \text{Taux réel} + \text{Inflation implicite}$$



Mkt Int Down :

$$\text{Taux nominal} = \text{Taux réel} + \text{Inflation implicite}$$



Dans le cadre de ces scénarios, les mouvements des taux d'intérêts peuvent être assimilés à une réponse de la Banque centrale aux anticipations d'inflation (une hausse des taux directeurs en réaction à des pressions inflationnistes).

Inflation implicite inchangée

Une autre manière d'interpréter le choc de taux pour les obligations réelles est de considérer que l'inflation implicite reste inchangée : $i^* = b i$ et $\pi^* = \pi$. La valeur du taux d'intérêt réel après le choc se déduit de la relation de Fisher : $r^* = b i - \pi$

⇒ Ce scénario implique une baisse du taux d'intérêt réel plus importante que si l'inflation implicite est modifiée.

Mkt Int Up :

$$\text{Taux nominal} = \text{Taux réel} + \text{Inflation implicite}$$



Mkt Int Down :

$$\text{Taux nominal} = \text{Taux réel} + \text{Inflation implicite}$$



Ces scénarios peuvent recevoir différentes interprétations. Ainsi dans le cadre d'une analyse

keynésienne, une baisse des taux d'intérêt laisse inchangées les anticipations sur l'évolution des prix. Sous l'hypothèse d'anticipation rationnelle, l'inertie des anticipations d'inflation peut être attribuée au fait que les agents considèrent que le choc de taux consiste en une mesure de court terme qui ne remet pas en cause l'objectif de long terme de la Banque centrale.

2.4.2.2. *Le choc Inflation*

L'opportunité d'associer le risque lié à l'inflation à un risque de marché dans le cadre de Solvency II a été explorée par les travaux de Peek, Reuss et Scheuenstuhl (2008). L'ajustement proposé par les auteurs dans le cadre du QIS3 consiste à modifier le module de risque de taux en y introduisant l'inflation : le choc de taux pouvant être provoqué par l'inflation anticipée ou le taux réel. L'inclusion d'un module spécifique de risque Inflation au sein du module de marché constituerait également une approche pertinente qui nécessiterait cependant l'estimation des corrélations entre l'inflation anticipée de long terme et les variables des autres modules.

Le CEIOPS suggère de traiter l'inflation comme un risque de souscription au sein du module *Révision*. Les différents chocs considérés dans la formule standard étant simultanés, cette approche, lorsqu'elle est fondée sur la relation de Fisher, implique que le risque de taux d'intérêt doit être traité au sein du module inflation. En effet, il n'est pas possible de considérer simultanément deux scénarios mutuellement incompatibles.

Le scénario que nous considérons pour le choc l'inflation est le suivant :

$$\textbf{Taux nominal} = \textbf{Taux réel} + \textbf{Inflation implicite}$$

→

↓

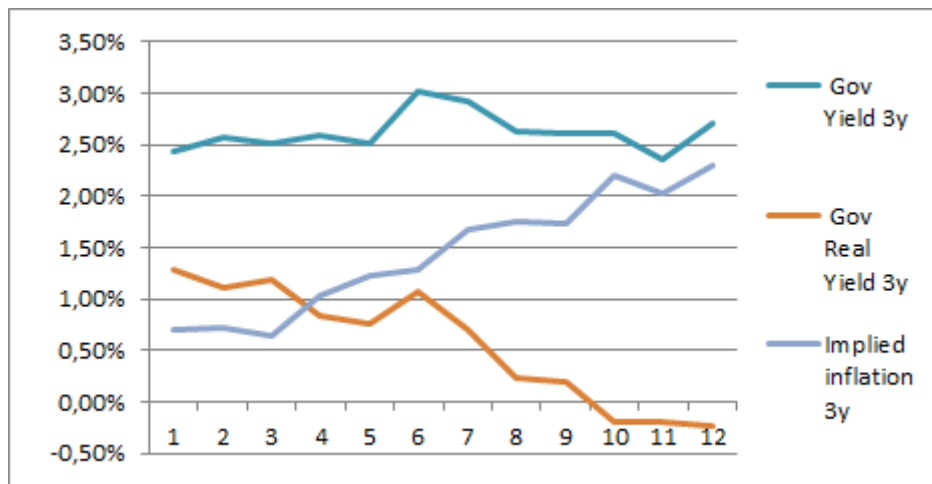
↑

Dans ce scénario, le taux nominal reste inchangé alors que l'inflation anticipée, représentée par l'inflation implicite, et le taux réel varient en sens opposé. Selon cette approche, la contribution au SCR du module de risque de taux est nulle, le taux d'intérêt réel étant cependant impacté par le choc d'inflation.

Dans le cadre de la prise en compte d'une prime de rareté au sein de l'inflation implicite, le choc d'inflation peut provenir de la prime de risque, de l'inflation anticipée ou des deux.

$$\textbf{Inflation implicite} = \textbf{Inflation anticipée} + \textbf{Prime de rareté}$$

A première vue ce scénario peut paraître intrigant, c'est pourtant ce cas de figure que l'on observe sur l'année 2009 au niveau du marché anglais des obligations d'état :



Sur le plan économique, le scénario peut être interprété de deux manières différentes :

- La conséquence d'un choc de liquidité entraînant l'apparition ou l'augmentation d'une prime de risque négative dans le rendement des obligations indexées et de l'inflation implicite.
- Une situation de stagflation, c'est-à-dire une croissance molle, voire ralentie, conjuguée à de l'inflation. On suppose alors que l'inflation implicite correspond à l'inflation anticipée.

Du point de vue de notre fonds de pension générique, il s'agit du pire scénario possible. Les travaux présentés dans la troisième partie montrent que la détention d'obligations indexées s'avère particulièrement efficace contre ce type de risque.

2.5.Marge de risque

La marge de risque est destinée à couvrir les risques liés à l'écoulement des passifs sur la totalité de leur durée. Elle est égale au coût que représenterait la mobilisation des capitaux propres à hauteur du montant du SCR. Ainsi, la marge de risque correspond au montant nécessaire pour assurer la rentabilité d'un assureur reprenneur du portefeuille.

Formellement le calcul de la marge de risque est le suivant :

$$RM = CoC \sum_{t \geq 0} SCR_t / (1 + r_{t+1})^{t+1}$$

Où CoC représente le coût du capital fixé à 6% et r représente le taux sans risque.

Le calcul de la chronique des SCR nécessite la projection chaque année d'un bilan et d'un compte de résultat en probabilité historique. Différentes simplifications sont proposées dans le QIS 5.

2.6. L'approche par Modèle interne

L'approche par modèle interne est une alternative à la formule standard pour l'évaluation du SCR. Dans le cadre de cette étude, l'approche mise en oeuvre peut être décrite par le tableau ci-dessous :

Type de risque	Variable	Modèle / Loi	Calibration
Souscription	Quotient de mortalité	Logit	Formule standard
	Taux de revalorisation des salaires		
	Taux de turn-over		
	Age de départ	Uniforme	
Marché	Inflation	Brennan et Xia (2002)	Données historiques
	Taux réels		
	Taux nominaux		
	Rendement action		
Opérationnel	Prime d'illiquidité	Formule standard	Formule standard
	N/A		

Les seuls risques qui ne sont pas modélisés de façon stochastique sont le risque opérationnel et le risque lié à la prime d'illiquidité, l'approche retenue pour la formule standard étant alors employée.

2.6.1. Risque de souscription

Les chocs aléatoires qui permettent de modéliser l'incertitude sont supposés identiques au sein d'une même classe d'âge. Chaque génération est assimilée à un model point. Les risques de souscription modélisés de manière aléatoire sont les suivants :

- Revalorisation des salaires
- Age de départ en retraite
- Mortalité, Longévité
- Turn-over

Pour la mortalité, le turn-over et la revalorisation des salaires, seul le risque systémique est modélisé. Les chocs aléatoires ne sont pas indépendants au sein des différentes classes d'âge et affectent les individus de manière équivalente.

Les modèles retenus pour les différents risques de souscription sont relativement peu sophistiqués et les choix de calibration sont arbitraires ou issus des spécifications techniques du QIS 5. Dans le cadre de cette application à un cadre théorique, l'absence de données empiriques ne permet pas d'illustrer l'importance de l'utilisation de table d'expérience dans le calcul du *Best Estimate* ou dans la définition des chocs.

2.6.1.1. Risque de longévité

Le risque de longévité se manifeste lorsqu'une baisse des taux de mortalité entraîne une hausse des provisions technique. C'est donc le risque que les bénéficiaires vivent plus longtemps que prévu.

Dans le cas du fonds de pension générique il s'agit du risque de souscription le plus important. On note que dans le cadre de notre étude, le risque de mortalité, qui se manifeste lorsqu'une hausse des taux de mortalité entraîne une hausse des provisions techniques, est inexistant car il n'y a pas de garantie telle que le capital décès.

Le QIS 5 définit le capital requis au titre du risque de longévité comme l'impact, sur la NAV, d'une baisse permanente et pour chaque âge de 20% des taux de mortalité. Suite au QIS 4 de nombreux participants ont indiqué que le choc (25%) était trop conservateur, voire irréaliste, suggérant qu'une décroissance graduelle et progressive des taux de mortalité pourrait être une alternative. La différenciation des chocs en fonction de la durée des contrats a également été évoquée. Le CEIOPS a tout de même décidé de conserver cette approche pour le QIS5 en invoquant notamment les raisons suivantes :

- les portefeuilles pour lesquels le risque de longévité est applicable sont habituellement composés plus fortement de bénéficiaires âgés
- le manque de données ne permet pas de réaliser une calibration à un niveau de granularité plus élevé
- l'étude des données sur la mortalité de différents pays ne fait pas ressortir une influence notable de la durée
- On remarque que la prise en compte de plusieurs chocs gaussiens différents par âge et/ou par année ne permet pas de dévier suffisamment de la moyenne (les valeurs extrêmes de la provision s'écartent au plus de 1% de la moyenne).
- La prise en compte de chocs corrélés (entre les âges ou entre les périodes) est rendue difficile par le manque de données de référence. Il n'y a priori, pas de base suffisante pour calibrer les corrélations.

Dans le cas d'un fonds de pension, le risque de longévité revêt une importance particulière mais ne sera pas abordé de manière approfondie dans ce mémoire. Les travaux sur la modélisation stochastique de la mortalité sont nombreux (Bauer et Kramer (2007), Miltersen et Persson (2005), Lee (2000), Guette (2010)). Ces travaux montrent que le calibrage des modèles, notamment pour les paramètres relatifs aux événements rares ou observables uniquement sur le long terme tels que la surmortalité exceptionnelle, nécessite un nombre important de données. Il y a donc une limite à l'estimation statistique directe des chocs de surmortalité ou de longévité. Le recours à des avis d'experts ou à des modèles non actuariels tels que les modèles épidémiologiques utilisés pour l'étude de la surmortalité peut permettre de surmonter ces difficultés.

Enfin, il est important de noter que les instruments de couverture de ce risque tels que les swaps de longévité sont de plus en plus répandus. Le développement de ce type d'instrument est rapide, notamment au Royaume Uni où les fonds de pension cherchent activement à réduire leur exposition à ce risque. Cependant, il n'existe pas encore de marché organisé proposant des produits standardisés.

2.6.1.2. Modélisation stochastique de la mortalité

La méthode retenue dans cette étude est fondée sur l'utilisation de la fonction Logit. La table des taux de mortalité bruts est déformée de la manière suivante :

L'estimation des taux de mortalité Q_x étant contrainte à l'intervalle $[0,1]$, en posant

$$\text{Logit}(Q_x) = \ln\left(\frac{Q_x}{1 - Q_x}\right)$$

on se ramène à un intervalle d'estimation non contraint soit $]-\infty; +\infty[$

Ainsi, les logits des estimations des Q_x sont obtenus à partir des logits des Q_x de la table de référence perturbés par un bruit, ce qui conduit au modèle suivant :

$$\text{Logit}(Q_x) = \text{Logit}(Q_x) + \varepsilon$$

où $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$

Le choc prévu par le QIS5 consiste à abattre les Q_x de 80%. Le seul paramètre à estimer est donc l'écart type de l'aléa gaussien. Ainsi en posant $\alpha = 80\%$ et en considérant l'approximation suivante :

$$\text{Logit}(Q_x) = \ln\left(\frac{\alpha Q_x}{1 - \alpha Q_x}\right) \approx \ln\left(\frac{\alpha Q_x}{1 - Q_x}\right) = \ln(\alpha) + \ln\left(\frac{Q_x}{1 - Q_x}\right)$$

on en déduit que σ doit être tel que $\ln(\alpha) = \text{Var}\{0,5\%, N(0, \sigma^2)\}$

La solution est $\sigma = 8,66\%$

Enfin les Q_x simulés sont obtenus des Logit en appliquant la fonction suivante :

$$f(x) = \frac{e^x}{1 + e^x}$$

Une étude de sensibilité au choix de la valeur du paramètre σ sera présentée dans la troisième partie.

Biais de convexité

La fonction $f(x)$ étant strictement convexe sur $\mathbb{R}$, l'égalité de Jensen implique :

$$E[f(\text{Logit}(Q_x))] > f[E(\text{Logit}(Q_x))] \Rightarrow E[Q_x] > Q_x$$

Les déformations de la table ainsi obtenues sont symétriques par rapport à une constante supérieure à la table brute. Ce biais augmente avec l'écart type des chocs.

2.6.1.3. Modélisation de l'âge de départ en retraite

Le coût pour le régime est plus important si le bénéficiaire part plus tôt car les impacts sur l'engagement de l'acquisition d'une année de droit et d'une revalorisation salariale annuelle supplémentaires sont plus faibles que l'impact lié au versement d'une annuité supplémentaire.

Il est supposé que les dates de départs prévisionnelles seront connues pour les salariés de 62 ans et plus à la date de la prochaine évaluation. Ainsi, le choc ne concerne que les salariés de 61 ans et plus à la date d'évaluation et n'affecte pas les prestations versées dans l'année. En effet, les départs ayant lieu en début d'année, ils sont connus à la date de clôture.

Pour chaque cohorte, l'âge de départ est modélisé à partir d'une variable aléatoire suivant une loi Uniforme u sur $[0;1]$

Age de départ prévue à 62 ans =

- 63 ans si $u < 5\%$
- 64 ans si $5\% < u < 20\%$
- 65 ans si $20\% < u < 70\%$
- 66 ans si $80\% < u < 85\%$
- 67 ans si $u > 95\%$

L'âge de départ moyen est 65 ans, l'écart type est de 7 mois.

Seul le risque idiosyncratique est pris en compte, le risque lié à une modification de la réglementation qui changerait de manière permanente et globale les âges de départ n'est pas considéré. Ce risque sera donc associé à un risque de dépenses.

2.6.1.4. Revalorisation des salaires

Ce risque est pris en compte dans le module de Dépenses pour sa partie systémique. Les chocs sur la revalorisation des salaires s'interprètent comme une décision du sponsor qui peut résulter d'une modification de l'environnement économique.

Les taux de revalorisations salariales hors inflation sont modélisés de la même manière que les quotients de mortalité à partir de la fonction logit. Afin de calibrer le modèle nous retenons une Var à 99,5% correspondant à un choc de 10% sur le taux de revalorisation annuelle prévu (soit un écart type de 4.09%), ce qui est cohérent avec le calcul du SCR Dépense à partir de la formule standard.

2.6.1.5. Turn-over

Ce risque sera pris en compte dans le module Révision. A l'instar des chocs de longévité et de revalorisation, seul le risque systémique est pris en compte.

Les taux de turn-over seront modélisés de la même manière que les quotients de mortalité et que les taux de revalorisation à partir de la fonction logit. Afin de calibrer le modèle nous retenons une Var à 99,5% correspondant à un choc de 40% sur le taux de turn-over annuel.

L'inflation est modélisée à partir du modèle de Brennan et Xia (2002)

2.6.2. Approche par les déflateurs

L'approche par les déflateurs est une approche de type real world qui permet d'obtenir une valorisation *Market Consistent* du *Best Estimate*.

Techniquement, un déflateur est un facteur d'actualisation stochastique qui permet le passage de l'univers en probabilité historique à l'univers en probabilité risque neutre. Il ne s'agit donc pas d'une variable mais d'un objet mathématique. Comme le note Planchet (2009) l'utilisation de déflateurs ou de la probabilité risque neutre relève, du point de vue théorique, du choix d'une technique de mise en œuvre des mêmes concepts et conduit donc au même résultat. Cependant, la mise en œuvre pratique étant différente, les résultats obtenus à partir des deux approches peuvent, en pratique, être différents.

L'intérêt de cette technique, outre la modélisation explicite des primes de risque, est qu'elle permet de contourner les difficultés liées à la mise en place de technique de simulation dans les simulations dans l'analyse des interactions actif / passif. Ainsi, le modèle interne que nous utiliserons pour évaluer le SCR du régime de retraite utilise la technique des déflateurs et permet d'évaluer, à chaque date, pour chaque scénario, le *Best Estimate* et la juste valeur des obligations indexées à partir d'une formule fermée.

2.6.2.1. Equation d'Euler

Un déflateur est un facteur d'actualisation stochastique qui est déterminé par les préférences des investisseurs. Le modèle d'équilibre général de Lucas (1978) a permis de faire le lien entre la théorie financière et l'hypothèse d'anticipations rationnelles, il permet d'introduire le problème de la valorisation des actifs à partir de déflateurs.

Prat (2007) « Les comportements boursiers sont-ils Eulériens ? » *Revue Economique* 58(2)

Ce modèle d'agent représentatif considère un consommateur- investisseur muni de deux types de rationalité. La première est celle de choix inter temporels rationnels (sur $t=1, \dots, T$); la seconde est celle d'anticipations rationnelles. Dans les conditions de la concurrence pure et parfaite, les marchés financiers sont alors informationnellement efficaces et les prix reflètent la valeur actualisée probable des cash-flows futurs.

Formellement dans une situation d'équilibre général à anticipations rationnelles, l'optimalité des choix inter temporels du consommateur implique que l'équation d'Euler est satisfaite pour tout actif risqué. Cette équation permet de caractériser le déflateur de l'économie.

L'agent représentatif est rationnel, il est adverse au risque, sans illusion nominale et maximise l'utilité de sa consommation actuelle et future sous la contrainte de son budget. L'économie remplit les conditions de la concurrence pure et parfaite et les marchés sont complets.

Dans ce cadre, le prix P_t d'un actif risqué tel qu'une action satisfait la relation suivante :

$$U'(C_t)P_t = E_t \left\{ \frac{U'(C_{t+1})[P_{t+1} + D_{t+1}]}{(1+r)} \right\}$$

Sacrifice en termes de non consommation associé à la détention en t d'une unité supplémentaire d'actif risqué.

=

Utilité espérée et actualisée en t pour $t+1$ des flux futurs associés à la détention de l'unité supplémentaire d'actif risqué.

Le déflateur peut être représenté de la manière suivante :

$$M_t = \frac{P_t}{E_t[P_{t+1} + D_{t+1}]} = \frac{1}{(1+r)} E_t \left\{ \frac{U'(C_{t+1})}{U'(C_t)} \right\}$$

C_t est la consommation réelle de l'agent en t

$U'(C_t)$ l'utilité marginale de C_t

P_t le prix réel de l'actif en t

D_{t+1} les dividendes réels associés à la détention de l'actif entre t et $t+1$

r le taux de préférence réel (intensité de la préférence pour le présent $r > 0$)

$E_t\{X_{t+1}\}$ Espérance de X_{t+1} conditionnelle à l'information disponible en t (anticipation rationnelle).

Cette formulation montre que le déflateur est inversement proportionnel à la préférence pour le présent (qui représente le taux sans risque dans un univers risque neutre) et qu'il dépend des préférences des agents (notamment l'aversion au risque) à travers des fonctions d'utilité.

Lorsque l'utilité marginale est constante, on se retrouve dans un univers risque neutre et le déflateur correspond au taux sans risque de l'économie.

2.6.2.2. *Marchés complets*

Un actif Arrow Debreu est un actif qui paye une unité de bien de consommation si un état de la nature particulier se réalise. Le prix d'un tel actif est appelé prix d'état. Le prix $\psi(s)$ de l'actif Arrow Debreu associé à l'état s est défini positif en situation d'absence d'opportunité d'arbitrage.

Ainsi le prix P d'un actif auquel sont associés les pay-off $X(s)$ pour chaque état s'écrit :

$$P = \sum_s X(s) \psi(s)$$

L'absence d'opportunité d'arbitrage implique (avec un coefficient de préférence pour le présent positif) :

$$P = \sum_s \psi(s) \leq 1$$

Dans un système complet de marché de biens contingent il existe un marché et un actif Arrow Debreu pour chaque état de la nature et donc un vecteur unique de prix d'état¹¹. Dans ce cadre le déflateur correspond au ratio prix d'état / probabilité de l'état :

$$M(s) = \frac{\psi(s)}{p(s)}$$

Ce qui donne pour le prix de l'actif :

$$P = \sum_s M(s)p(s) X(s) = E[MX]$$

Si le marché est complet, alors M est unique.

Le prix d'un actif sans risque, qui paye 1 dans tous les états de la nature, s'écrit :

$$P = \sum_s p(s) M(s) = E[M] \leq 1$$

2.6.2.3. Probabilité risque neutre et déflateurs

Dans un cadre discret à une période, le lien avec une évaluation en univers risque neutre peut être établi relativement simplement.

Un agent neutre au risque présente une fonction d'utilité à dérivée constante (l'utilité marginale est constante¹²). Dans cet univers, le déflateur s'écrit :

$$M^Q = \frac{1}{(1+r)}$$

Si l'on considère un actif de prix P_0 en $t=0$ auquel est associé le pay-off X_1 en $t=1$, le prix et le rendement attendu de l'actif s'écrivent :

$$P_0 = E_0\{MX_1\},$$

$$\frac{E_0\{X_1\}}{P_0}$$

où E_0 représente l'espérance conditionnelle à l'information en $t=0$ sous la probabilité historique. On suppose ici $M = \frac{M_1}{M_0}$ avec $M_0 = 1$

¹¹ Le marché est complet s'il comporte autant d'actifs linéairement indépendants que d'état de la nature.

¹² Une unité de consommation supplémentaire procure la même satisfaction quel que soit le niveau atteint.

En notant E_0^q l'espérance conditionnelle à l'information en $t=0$ sous la probabilité risque neutre,

$$P_0 = E_0\{MX_1\} = E_0^q\{M^Q X_1\} = \frac{1}{(1+r)} E_0^q\{X_1\}$$

Le rendement attendu de l'actif en probabilité risque neutre s'écrit alors :

$$\frac{E_0^q\{X_1\}}{P_0} = 1 + r = M^Q{}^{-1}$$

Afin d'évaluer un prix en probabilité risque neutre, les cash-flows de n'importe quel actif peuvent être actualisés avec le taux sans risque. La différence avec l'approche en univers historique est que plutôt que d'ajuster le facteur d'actualisation, ce sont les probabilités associées aux cash-flows futurs qui sont ajustées.

2.6.2.4. Cas multi périodique

Dans un cas multi périodique le problème peut être réécrit de la manière suivante.

Il y a T périodes et S états de la nature, donc $S \times T$ états possibles. Si les marchés sont complets, il existe un vecteur unique de prix d'état $\psi(s, t)$ et une fonction stochastique $M(s, t)$ appelée déflateur :

$$M(s, t) = \frac{\psi(s, t)}{p(s)}$$

Le prix en $t=0$ d'un actif auxquels sont associés les cash-flows futurs X_t est donné par :

$$P_0 = \sum_{s=1}^S \sum_{t=1}^T \psi(s, t) X(s, t) = \sum_{s=1}^S \sum_{t=1}^T p(s) M(s, t) X(s, t) = E_0^P \left[\sum_{t=1}^T M_t X_t \right]$$

Le prix de l'actif correspond à l'espérance des flux futurs actualisés au taux stochastique impliqué par le déflateur.

Une propriété importante des déflateurs est que les prix déflatés, le processus $M_t P_t$ est une martingale (Würthrich et al 2007, Caja et Planchet 2010) :

$$M_t P_t = E_t\{M_T P_T\}$$

Cette propriété est essentielle puisqu'elle permet de valoriser un flux futur, à une date future, à partir du même processus de déflateurs, ce qui évite d'avoir à recourir à des simulations dans les simulations.

2.6.2.5. Formulation du problème du taux réel d'actualisation avec les déflateurs

Joyce, Lildholt et Sorensen (2009) : la prime de risque inflation

Les auteurs expriment la décomposition de l'inflation implicite entre inflation anticipée et prime de risque en prenant comme point de départ l'expression du prix des obligations sous forme de déflateurs.

Les auteurs considèrent un modèle d'agent représentatif avec une utilité

Ainsi, le prix d'une obligation réelle zéro coupon $P_t^{n,R}$ (payant en $t+n$ une unité de bien de consommation) s'écrit :

$$P_t^{n,R} = E_t[M_t^* \cdot M_{t+1}^* \dots M_{t+n}^*]$$

Dans ce cadre le prix d'un zéro coupon nominal correspond également à la valeur actuelle probable du pay-off mais doit prendre en compte la variation du niveau général des prix et s'écrit :

$$P_t^{n,N} = E_t[M_{t+1}^* \cdot M_{t+2}^* \dots M_{t+n}^* \Pi_t / \Pi_{t+n}]$$

Où Π_t représente le niveau général des prix en t .

$$P_t^{n,N} = E_t[M_{t+1}^* \cdot \Pi_t / \Pi_{t+1} \cdot M_{t+2}^* \cdot \Pi_{t+1} / \Pi_{t+2} \dots M_{t+n}^* \cdot \Pi_t / \Pi_{t+n}]$$

Le lien entre le déflateur nominal M_t et le déflateur réel M_t^* est donc le suivant :

$$M_t = M_t^* \Pi_0 / \Pi_t$$

Ou encore en posant $M_t = \Pi_0 = 1$, $M_t = M_t^* / \Pi_t$

En exprimant l'équation sous forme logarithmique on obtient la relation suivante (approximativement vraie au second ordre quel que soit la distribution et exacte lorsque le déflateur est conditionnellement log normal) :

$$p_t^{n,R} = \ln E_t[M_{t+1}^* \cdot M_{t+2}^* \dots M_{t+n}^*] = E_t\left[\sum_{j=1}^n m_{t+j}^*\right] + \frac{1}{2} V_t\left[\sum_{j=1}^n m_{t+j}^*\right]$$

où $p_t^{n,R} = \ln(P_t^{n,R})$ et $m_{t+j}^* = \ln(M_{t+j}^*)$

Avec le rendement de l'obligation réelle $y_t^{n,R} = -p_t^{n,R} / n$, on obtient :

$$y_{t+j}^{1,R} = -E_{t+j}(m_{t+j+1}) - \frac{1}{2} V_{t+j}(m_{t+j+1})$$

La relation entre le rendement d'une obligation réelle de long terme et le taux réel de court terme permet de faire apparaître la prime de terme réel :

$$y_t^{n,R} = \frac{1}{n} \left(E_t \left[\sum_{j=1}^n y_{t+j-1}^{1,R} \right] - \sum_{j=2}^n Cov_t \left[\sum_{k=1}^{j-1} m_{t+k}^*, m_{t+j}^* \right] \right)$$

le rendement reflète la moyenne des rendement réels futures de court terme (1 période) et la moyenne des primes de termes réels forwards.

Pour le rendement d'une obligation nominale on peut écrire

$$y_t^{n,N} = \frac{1}{n} \left(-E_t \left[\sum_{j=1}^n (m^*_{t+j,t+j} - \pi_{t+j}) \right] - \frac{1}{2} V_t \left[\sum_{j=1}^n (m^*_{t+j,t+j} - \pi_{t+j}) \right] \right)$$

$$\text{où } \pi_{t+j} = \ln \left(\frac{\Pi_{t+t}}{\Pi_{t+j-1}} \right)$$

On obtient donc pour l'inflation implicite :

$$y_t^{n,N} - y_t^{n,R} = \frac{1}{n} \left(E_t \left[\sum_{j=1}^n (\pi_{t+j}) \right] - \frac{1}{2} V_t \left[\sum_{j=1}^n \pi_{t+j} \right] + Cov_t \left[\sum_{j=1}^n m^*_{t+j}, \sum_{j=1}^n \pi_{t+j} \right] \right)$$

Le premier terme correspond à l'inflation future anticipée. Le second terme à la correction de convexité et le dernier à la prime de risque d'inflation. Lorsque la corrélation entre l'inflation est positive, la prime de risque inflation est positive. En effet, dans ce cas une hausse de l'inflation s'accompagne d'une hausse de l'utilité marginale de la consommation (du déflateur). Le fait que le moment où une qu'une unité de consommation supplémentaire devient plus désirable (hausse de l'utilité marginale) coïncide avec une baisse du rendement réel des obligations nominales explique pourquoi les investisseurs demandent une prime de risque positive pour la détention d'une obligation nominale. La prime de risque inflation dépend ici du trade-off inflation/consommation réelle. Les auteurs montrent que sous le paradigme Epstein-Zin la prime de risque prend une autre forme et reçoit donc une autre interprétation. L'interprétation des primes de risque dépend donc du modèle qui permet de les évaluer.

2.6.2.6. Irréversibilité et valorisation Market Consistent d'un passif de retraite

Dejong (2008) a étudié explicitement le problème de l'allocation optimale d'actifs pour les fonds de pension en retenant le cadre d'analyse défini par la technique des déflateurs. Le lien entre le déflateur nominal M_t et le déflateur réel M_t^* est le suivant :

$$M_t = \frac{M_t^*}{\Pi_t}$$

où Π_t représente le niveau général des prix

On se place dans le cadre où les flux de prestations sont indépendants des actifs financiers. Ainsi L représente la valeur probable des prestations futures (non revalorisées à l'inflation) calculée sur la base des droits acquis.

On suppose pour simplifier que tous les flux sont versés en $t=1$. La provision (Best Estimate en $t=0$) s'écrit en termes nominaux :

$$BE_0 = E[L]E[M_1 \Pi_1]$$

et en termes réels :

$$BE_0 = E[L]E[M_1^*]$$

Ce qui correspond au prix d'un zéro coupon indexé à l'inflation de nominal $E[L]$. Le Best Estimate correspond au prix d'un zéro coupon indexé sur l'inflation, de maturité 1 et de de nominal $E[L]$.

=> Plus généralement le calcul du Best Estimate peut se faire à partir de la courbe des taux réels zéro coupon.

Dans le cas d'une indexation conditionnelle (avec par exemple une revalorisation à l'inflation plafonnée à 2% annuelle), le flux en T correspondant à une pension de valeur L_0 en $t=0$ s'écrit :

$$L_T = L_0 \min\{\Pi_T; \exp(0,02T)\} = L_0 \Pi_T - \max\{\Pi_T - \exp(0,02T); 0\}$$

Cette écriture suppose que l'indexation totale est limitée à un maximum de 2% par an en moyenne. Elle signifie que l'indexation conditionnelle fonctionne comme une option d'achat sur l'inflation émise par les participants et détenue par le fonds.

Si l'on suppose que l'indexation est calculée chaque année, le processus d'indexation conditionnelle devient irréversible ou « path dependent ». La pension en T s'écrit alors :

$$L_T = L_0 \prod_{t=1}^T \min\left\{\frac{\Pi_t}{\Pi_{t-1}}; 1,02\right\}$$

Dans le cadre d'une approche *Market Consistent* le *Best Estimate* ne peut pas être évaluée en actualisant les flux à partir de la courbe des taux réels zéro coupon en $t=0$. La technique de valorisation à mettre en œuvre correspond à celle décrite dans les ONCF pour les contrats d'épargne. Dans ce cadre, les flux futurs doivent être actualisés avec le taux du scénario.

2.6.3. Générateur de scénario économique

2.6.3.1. Le modèle de Brennan et Xia (2002)

Les auteurs ont introduit ce modèle qui utilise la technique des déflateurs afin d'étudier l'optimalité des choix de portefeuille d'un agent représentatif en présence d'inflation. Dejong (2005, 2008) a repris par la suite le modèle pour étudier la valorisation des passifs de retraite dans le cadre d'une indexation conditionnelle. La mise en œuvre pratique du modèle (estimation, projections) est décrite en détail dans Planchet (2009).

Dans le cadre de notre étude ce modèle présente les avantages suivants :

- Il s'agit d'un modèle intégré qui permet de tenir compte des contraintes macroéconomiques et des interactions entre les différentes variables telles que le rendement des actions, l'inflation et les taux d'intérêts réels et nominaux.
- Le modèle permet d'intégrer les informations relatives aux primes de risque.
- Sur la base d'une analyse en univers de probabilité historique et par un changement de mesure, cette approche procure des évaluations dans une logique *Market Consistent*. Cette approche permet donc d'évaluer le *Best Estimate* et le SCR sur la base de la même calibration.
- Enfin, les propriétés du déflateur permettent de valoriser, pour chaque date future, les

obligations indexées sans avoir recours à des techniques de simulation dans les simulations.

Dans ce modèle d'équilibre général, l'agent représentatif est caractérisé par une fonction d'utilité de type CRRA avec un coefficient d'aversion au risque constant γ . Le problème de cet investisseur peut être représenté de la manière suivante :

$$\text{Max } E \left[U \left(\frac{W_T}{\Pi_T} \right) \right], \quad U(W) = \frac{W^{1-\gamma}}{1-\gamma}$$

où W_T représente la richesse de fin de période en termes nominaux et Π_T le niveau général des prix en T.

La contrainte de budget dépend de la richesse initiale W_0 et de la dynamique de la richesse en termes nominaux :

$$\frac{dW}{W} = [R_f + x' \sigma \lambda] + x' \sigma dZ$$

x représente le vecteur des poids des différents actifs risqués dans le portefeuille, R_f le taux nominal sans risque, σ est la matrice qui définit l'exposition du rendement du portefeuille aux facteurs de risque représentés par dZ et enfin $\sigma \lambda = \mu - R_f$ représente le vecteur des primes de risque.

Les équations définissant la dynamique des variables d'état sont les suivantes :

L'actif risqué (ici les actions) suit une dynamique brownienne géométrique :

$$\frac{dS}{S} = (R_f + \sigma_S \lambda_S) dt + \sigma_S dZ_S$$

Le taux d'inflation attendue et le taux d'intérêt réel instantanés suivent des processus de Ornstein-Uhlenbeck :

$$d\pi = \alpha(\bar{\pi} - \pi)dt + \sigma_\pi dZ_\pi$$

$$dr = k(\bar{r} - r)dt + \sigma_r dZ_r$$

Enfin le niveau général des prix suit le processus de diffusion suivant :

$$\frac{d\Pi}{\Pi} = \pi dt + \sigma_\Pi dZ_\Pi$$

Ce qui peut se réécrire :

$$\frac{d\Pi}{\Pi} = \pi dt + \xi_S dZ_S + \xi_r dZ_r + \xi_\pi dZ_\pi + \xi_u dZ_u = \pi dt + \xi' dZ' + \xi_u dZ_u$$

Les ξ_i représentent l'influence des différents facteurs de risques sur l'inflation et u représente

l'influence du bruit du modèle ou encore le risque lié à la part non anticipée de l'inflation. Lorsque $\xi_r = \xi_s = \xi_\pi = 0$ l'inflation réalisée est parfaitement corrélée avec l'inflation anticipée et le marché est complet.

Le prix du zéro coupon nominal s'écrit :

$$\frac{dP}{P} = [R_f - B(\tau)\sigma_r\lambda_r - C(\tau)\sigma_\pi\lambda_\pi]dt - B(\tau)\sigma_r dZ_r - B(\tau)\sigma_\pi dZ_\pi$$

Le prix du zéro coupon indexé :

$$\frac{dP^*}{P^*} = [r + \pi - B(\tau)\sigma_r\lambda_r]dt - B(\tau)\sigma_r dZ_r + \sigma_\pi dZ_\pi$$

avec τ correspondant à la maturité et :

$$B(\tau) = \frac{1 - e^{k\tau}}{k}, \quad C(\tau) = \frac{1 - e^{\alpha\tau}}{\alpha}$$

L'évaluation de biens contingents est facilitée par la forme du déflateur (réel) qui est relativement simple :

$$M_T^* = \exp \left\{ \int_0^T \left(-r(s) - \frac{1}{2} \phi' \rho \phi \right) ds + \int_0^T \phi' dZ \right\}$$

Où ρ est la matrice de corrélation de $dZ = (dZ_s, dZ_\pi, dZ_r, Z_\pi)$ et ϕ dépend du prix réel du risque par $\lambda^* = -\rho\phi$

Le niveau général des prix s'écrit

$$\Pi_T = \exp \left\{ \int_0^T \left(\pi(s) - \frac{1}{2} \xi' \rho \xi \right) ds + \int_0^T \xi' dZ \right\}$$

Enfin en normalisant $M_0 = \Pi_0 = 1$ et avec R_f le taux nominal, le déflateur nominal s'écrit :

$$M_T = \exp \left\{ \int_0^T \left(-R_f(s) - \frac{1}{2} (\phi - \xi)' \rho (\phi - \xi) \right) ds + \int_0^T (\phi - \xi)' dZ \right\}$$

Les auteurs montrent que le prix en t d'une obligation zéro coupon de maturité $T-t$ (qui paie 1 en termes nominal à la date T) est l'exponentielle d'une fonction affine du taux d'intérêt réel et de l'inflation attendue :

$$P(t, T) = \exp \{ A(t, T) - B(t, T)r_t - C(t, T)\pi_t \}$$

De la même manière le prix d'un zéro coupon indexé à l'inflation (qui paie 1 en termes réels à la date T) s'écrit :

$$P^*(t, T) = \exp \{ A^*(t, T) - B(t, T)r_t \}$$

Où $B(t, T) = B(\tau)$ et $C(t, T) = C(\tau)$ avec $\tau = T - t$ et

$$A(t, T) = A(\tau, \alpha, k, \sigma_r, \sigma_\pi, \sigma_{r\pi}, \xi_s, \xi_\pi, \xi_r, \xi_u, \lambda_r, \lambda_\pi, \lambda_s, \lambda_S, \bar{r}^*, \bar{\pi}^*)$$

$$A^*(t, T) = A^*(\tau, k, \sigma_r, \sigma_{r\pi}, \xi_s, \xi_\pi, \xi_r, \xi_u, \lambda_r, \lambda_\pi, \lambda_s, \lambda_S, \bar{r}^*)$$

dépendent de nombreux paramètres relatifs aux prix de marché du risque des différents actifs ainsi que de paramètres de long terme tels que :

- $\bar{r}^*$ qui est interprété comme la moyenne de long terme du taux d'intérêt réel en univers risque neutre
- $\bar{\pi}^*$ qui est interprété comme la moyenne de long terme du taux d'inflation attendue.

Les primes de risque relatives aux différents actifs sont par construction invariantes dans le temps, elles s'expriment de la manière suivante :

Sur les actions : $\sigma_S \lambda_S$

Sur les obligations nominales : $-B(\tau) \sigma_r \lambda_r - C(\tau) \sigma_\pi \lambda_\pi$

Sur les obligations indexées : $-B(\tau) \sigma_r \lambda_r - \sigma_\pi \lambda_\pi$

2.6.3.2. Estimation des paramètres

Les auteurs utilisent un filtre de Kalman en retenant comme variables d'état : l'inflation anticipée instantané et le taux réel instantané. Les variables d'observation sont le niveau général des prix et une série de taux d'obligation du Trésor américain sur différentes maturités allant de 1 mois à 10 ans. Ils calibrent le modèle sur des données mensuelles américaines pour une période s'étendant de janvier 1970 à Décembre 1995.

La mise en œuvre pratique que nous présentons en troisième partie repose sur les mêmes méthodes d'estimation et de projection que celles retenues par Planchet et al. (2009). En particulier les variables d'état que sont l'inflation anticipée instantanée et le taux réel instantané sont observées à partir des données historiques et les paramètres du processus de Ornstein-Uhlenbeck sont estimés à partir d'une régression linéaire après discrétisation.

Un des intérêts de cette approche est qu'elle permet d'introduire des données exogènes dans la calibration du modèle. Ainsi dans le cadre de notre étude, les paramètres de long terme $\bar{r}^*$ et $\bar{\pi}^*$ sont fixés a priori en référence à l'objectif de la politique monétaire de la Banque d'Angleterre et les recommandations du QIS 5 sur la calibration des paramètres de long terme.

2.7.Conclusion

La première étape dans l'application du QIS 5 à un fonds de pension réside dans l'établissement des « limites du contrat ». Malgré les particularités des mécanismes de partage des risques entre les bénéficiaires, l'employeur, et le cas échéant l'Etat ou l'institution qui administre le régime, cette étape déterminante ne semble pas sujette à des difficultés techniques particulières.

Les principales difficultés proviennent du fait que le risque lié à l'inflation future n'a pas été traité de manière approfondie dans les spécifications techniques du QIS 5. En effet le *Best Estimate* est particulièrement sensible à cette hypothèse qui ne peut pas être déterminée indépendamment du taux d'actualisation. A l'inverse du taux nominal sans risque, les spécifications techniques du QIS 5 ne préconisent aucune référence pour le taux d'intérêt réel sans risque. D'autre part, dans le cas de l'économie anglaise, l'inflation implicite, qui est utilisée dans le cadre d'une approche *Market Consistent*, représente une estimation biaisée de l'inflation anticipée. Ainsi sur le plan pratique, l'absence de guidance s'avère problématique.

Dans ce contexte, l'application de la formule standard nécessite également de préciser les choix de modélisation. En particulier, les interactions entre l'inflation anticipée et les taux d'intérêt réels et nominaux doivent être prises en compte dans la définition des scénarios de stress. La relation de Fisher, qui exprime une condition d'absence d'opportunité d'arbitrage sur le marché des obligations, s'inscrit dans une approche *Market Consistent* et permet de définir un cadre structuré pour la définition de ces scénarios.

Les modèles « intégrés », dont la structure s'articule autour de variables d'état inobservables qui déterminent la dynamique de l'ensemble des variables endogènes, permettent de tenir compte des interactions entre ces variables. En utilisant la technique des déflateurs, ces modèles permettent de générer des scénarios économiques dans l'univers de probabilité historique tout en fournissant une valorisation *Market Consistent* du passif. En particulier le modèle de Brennan et Xia, dont les variables d'état sont l'inflation anticipée et le taux réel de court terme, permet de générer les trajectoires des taux d'intérêts réels, le taux d'inflation, les taux nominaux et le rendement des actions. Ce modèle présente également l'intérêt de permettre la prise en compte des informations exogènes dans la calibration, ce qui s'avère utile dans le cas des données issues du marché des obligations indexées au Royaume Uni à fin 2009.

La principale limite du modèle interne présenté ici provient de la nature même de l'exercice et de l'absence de données empiriques relatives aux risques de souscription. Ainsi, les modèles retenus pour les différents risques de souscription sont relativement peu sophistiqués et les choix de calibration sont arbitraires ou issus des spécifications techniques du QIS 5. C'est le cas du risque de longévité qui représente l'un des risques les plus importants pour le régime de retraite considéré. Aussi, une étude de sensibilité au choix du paramètre relatif au choc de longévité dans le calcul du SCR par le modèle interne est présentée dans l'application pratique suivante. Enfin, pour la mortalité, le turn-over et la revalorisation des salaires, seul le risque systémique a été modélisé. Dans le cadre d'un modèle interne destiné à la gestion actif passif d'un fonds de pension, la modélisation du risque spécifique ou individuel paraît néanmoins nécessaire surtout lorsque l'hétérogénéité du portefeuille est élevée.

3. Mise en œuvre pratique

3.1. Formule Standard

Différentes approches peuvent être envisagées dans le cadre du calcul du *Best Estimate* et du SCR à partir de l'application de la formule standard au fonds de pension théorique. En particulier, le niveau de l'inflation future anticipée et ses interactions avec les taux nominal et réels constituent des choix de modélisation très structurants. Dans l'approche que nous présentons ici, les interactions entre le taux d'inflation anticipée, le taux nominal et le taux d'intérêt réel sont définies par la formule de Fisher.

Nous présentons une approche centrale de référence dont nous analysons la sensibilité aux choix de modélisation.

3.1.1. Calcul du Best Estimate

Dans le cadre de l'évaluation du *Best Estimate* une méthode de calcul déterministe est employée. Les flux futurs sont actualisés avec la courbe des taux d'intérêt sans risque du CEIOPS augmentée d'une prime d'illiquidité de 100%. Nous considérons ici que le passif du fonds de pension présente les mêmes propriétés d'illiquidité que celles des contrats d'assurance visés à l'article T.P.3.5. des spécifications techniques du QIS 5.

L'inflation future est modélisée à partir de la courbe d'inflation implicite extraite du marché des obligations du gouvernement anglais au 31.12.2009. Il s'agit d'une donnée de marché observable qui permet d'intégrer le prix de marché du risque, ce qui s'inscrit dans le cadre d'une logique *Market Consistent*. En effet, en univers risque neutre, l'absence d'opportunité d'arbitrage sur les marchés des obligations nominales et indexées implique que l'inflation implicite équivaut à l'inflation anticipée.

Le *Best Estimate* est évalué à 1 515 M°£. Le tableau ci-dessous rationalise l'écart par rapport au calcul des provisions sous le référentiel IAS 19 :

	£	Discount rate	Inflation
PBO IAS 19	1 361 109 899	iBoxx £ Corporate AA 15+	Implied Inflation Index linked Gilt 15y
Actualisation CEIOPS + IP	1 588 029 511	Courbe CEIOPS + IP	Implied Inflation Index linked Gilt 15y
Actualisation CEIOPS + IP + implied inflation	1 515 406 610	Courbe CEIOPS + IP	Implied Inflation Index linked Gilt curve

3.1.2. Calibration des chocs

3.1.2.1. Chocs de taux d'intérêt

Nous supposons que la courbe des taux d'intérêts réels connaît le même choc multiplicatif que la courbe des taux nominaux. Il en résulte que l'inflation implicite, déduite des courbes des

taux réels et nominaux par la relation de Fisher, suit la même évolution que les taux d'intérêt. Dans le cas d'un scénario de hausse de taux *Mkt Int up*, l'inflation implicite pour la maturité t $I(t)$, subira un choc haussier $s^{up}(t)$ identique à celui appliqué au taux nominal de maturité t , pour s'établir au niveau : $(1+s^{up}(t))*I(t)$.

A titre indicatif, nous considérerons un scénario de choc de taux alternatif où l'inflation implicite reste inchangée suit à un choc sur les taux nominaux.

3.1.2.2. *Choc Action*

Conformément aux spécifications techniques du QIS 5, le choc considéré correspond à une baisse instantanée de 30% du cours des actions.

3.1.2.3. *Choc Prime d'illiquidité*

Nous appliquons le choc prévu par les spécifications techniques du QIS 5, soit une baisse de 35% de la prime d'illiquidité retenue pour le calcul du *Best Estimate*.

3.1.2.4. *Chocs d'inflation*

Dans le cadre du choc de taux d'intérêt décrit ci-dessus, le risque d'une hausse de l'inflation concomitante à une baisse de taux n'est pas considéré. Il s'agit pourtant d'un risque significatif pour le fonds de pension qui peut recevoir une interprétation économique cohérente : suite à une politique monétaire expansionniste de baisse des taux, les agents anticipent une hausse de l'inflation (provoqué par une hausse de la demande). D'une manière générale, la complexité des interactions entre les taux nominaux, les taux réels et l'inflation n'est pas appréhendée dans sa totalité à travers ces scénarios.

A titre indicatif nous retenons un scénario de choc d'inflation alternatif au choc de taux d'intérêt. Le scénario de ce choc est le suivant : une hausse de l'inflation anticipée pour un taux nominal inchangé, ce qui implique une baisse significative du taux réel.

Nous retenons une hausse de 10% des taux d'inflation anticipés annuels (sur toutes les maturités pour le calcul du BE). On peut noter que ce choc d'inflation est moins important que celui considéré par le QIS 5 pour le module *Expense* qui est de +1% annuel (S.C.R.7.1.6). La différence est qu'ici l'inflation porte sur le montant des prestations servies et non des frais connexes au versement des prestations.

Ce choc se produit simultanément aux autres chocs considérés dans le module du SCR marché. Cependant le taux nominal est supposée inchangé lors du choc, il est donc incompatible avec les scénarios du choc de taux. Par conséquent, le risque est traité dans le module *Revision* du *SCR Underwriting* en supposant qu'il n'y a pas de risque de taux d'intérêt dans le module du risque marché. Nous supposons que le fait d'inclure l'inflation dans le module *Revision* ne remet pas en cause l'application de la prime d'illiquidité à 100%.

3.1.2.5. *Choc de longévité*

Nous appliquons le choc prévu par les spécifications techniques du QIS 5, soit une baisse permanente de 20% des quotients de mortalité.

3.1.2.6. Choc de dépense

Conformément aux spécifications techniques du QIS 5, le choc correspond à une hausse de 10% des frais de gestion et de 1% du taux d'inflation attendu sur les frais de gestion. Pour le calcul du *Best Estimate*, les frais de gestion sont exprimés comme un pourcentage des prestations, ainsi dans le cadre de ce choc, le taux d'inflation retenu pour les frais est l'indice RPI+1%.

3.1.2.7. Choc de turn-over

Nous considérons une baisse de 100% du turn-over annuel moyen. Il s'agit d'un choc relativement fort compte tenu des hypothèses formulées. Cependant compte tenu du mécanisme de conservation des droits acquis pour les radiés, l'impact n'est pas très significatif.

Ce risque est traité dans le module *Revision*

3.1.2.8. Choc de départ anticipé

Nous supposons que tous les salariés de 60 ans et plus liquident leur retraite au plus tôt (63 ans).

Ce risque est traité dans le module *Revision* simultanément au choc de turn-over.

3.1.2.9. Choc de revalorisation des salaires

Nous supposons une hausse de 10% des revalorisations annuelles hors inflation.

Ce risque est traité dans le module *Expense* simultanément au choc sur les frais.

3.1.2.10. Marge de risque

Les spécifications techniques du QIS5 proposent différents niveaux de simplification pour l'estimation de la marge de risque (c.f. T.P.5.3.2).

L'approche simplifiée retenue dans le cadre de notre étude est l'approche de niveau 3. En particulier les SCR futurs ne sont pas recalculés à partir des différentes composantes mais estimés de manière globale par une approche proportionnelle. Les Best Estimate futurs sont estimés sur la base de la courbe des taux et des hypothèses à la date de calcul et les SCR futurs sont estimés par la relation : $SCR(t) = SCR(0)/BE(0)*BE(t)$.

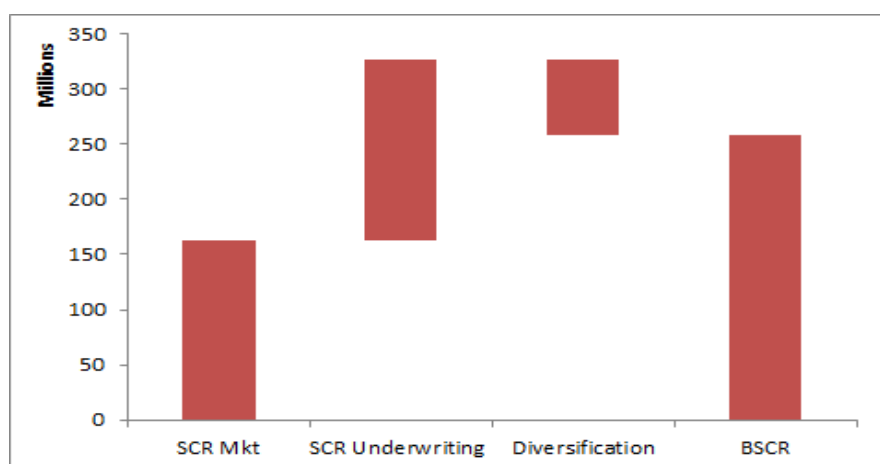
Nous notons que cette approche suppose que les différents types de risque conservent un profil identique dans le futur.

A titre indicatif nous avons également appliqué l'approche de niveau 4 qui ne nécessite pas l'estimation de quantités futures mais repose sur l'utilisation de la duration modifiée du passif. Dans tous les cas, cette approche conduit à une marge de risque plus importante.

3.1.3. Résultat

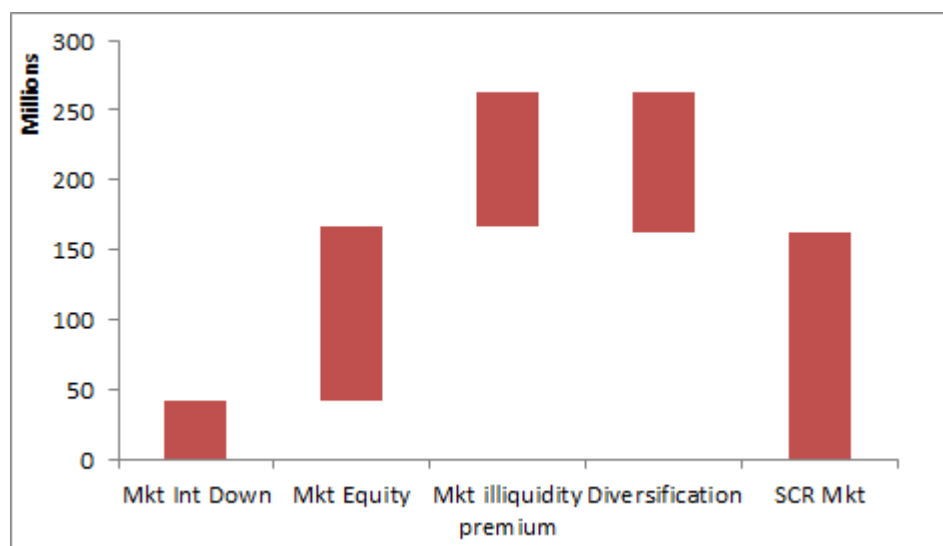
Le niveau du passif : *Best Estimate* + Marge de Risque + SCR s'élève à 1 976 M°£, soit 145% de la provision calculée sous le référentiel IAS 19.

Le SCR est évalué à 265 M°£ et représente 17,5% du *Best Estimate*. La marge de risque est évaluée à 196 M°£



3.1.3.1. SCR Market

Le graphique ci-dessous représente la contribution de chaque source de risque et l'effet de diversification

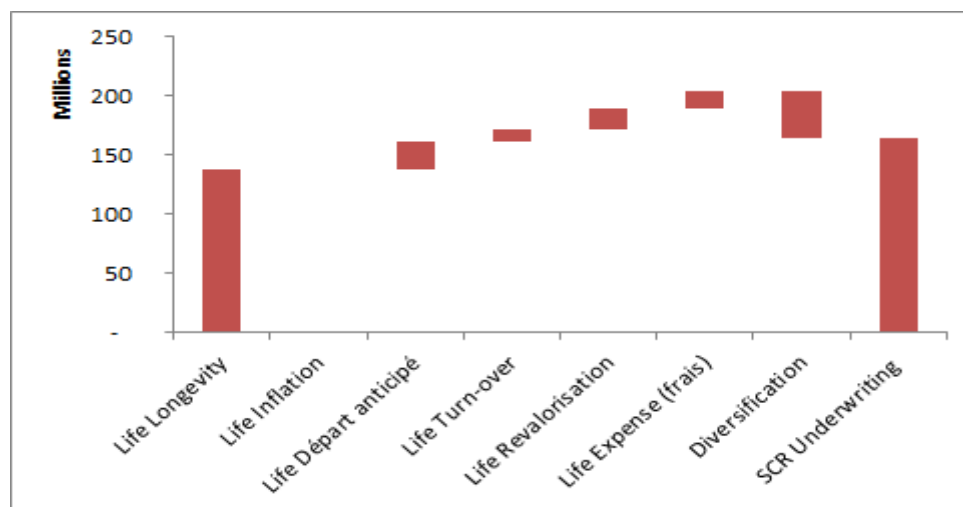


Le risque le plus important est le risque action, suivi du risque lié à la prime d'illiquidité. On constate que le choc de taux a un impact plus faible, ce qui s'explique par son effet relativement limité sur le taux d'intérêt réel. En effet au niveau du *Best Estimate*, la baisse du taux nominal est compensée par la baisse de l'inflation future anticipée qui correspond au taux d'inflation implicite. Au niveau de la juste valeur des actifs, l'impact est limité sur les obligations indexées mais plus fort sur les obligations nominales qui représentent 30% du portefeuille.

Le choc portant sur la prime d'illiquidité a un impact plus important que le choc de taux, avant tout parce que l'effet sur le taux d'actualisation net est plus important. En effet au niveau du passif, la baisse du taux d'actualisation qui en résulte n'est pas compensée par une baisse du taux d'inflation anticipée, ce qui provoque une hausse plus importante du *Best Estimate*. D'autre part, la juste valeur des obligations n'est pas impactée par cette baisse de la prime d'illiquidité.

3.1.3.2. SCR Underwriting

L'analyse de la contribution de chaque source de risque au *SCR Underwriting* montre que le risque *Longévité* est le plus important. Les autres sources de risques ont un impact peu significatif, ceci malgré l'importance des chocs considérés.



3.1.3.3. SCR Operational Risk

Ce montant est évalué conformément aux spécifications techniques du QIS 5 et représente 0,45% du *Best Estimate*.

3.1.4. Etude de sensibilité

Cette section présente la sensibilité des résultats aux choix de certaines hypothèses et modalités de calcul.

3.1.4.1. Prise en compte de la prime d'illiquidité

La prise en compte de la prime d'illiquidité dans le calcul du *Best Estimate* permet de réduire de manière très significative le passif. En effet, sans la prise en compte de cette prime le *Best Estimate* est majorée de près de 10%, la marge de risque et le SCR baissant de 6,8% et 5,1%. Le SCR marché diminue du fait de la suppression du risque lié à la prime illiquidité et le SCR Underwriting augmente proportionnellement au *Best Estimate*. On note par ailleurs que c'est le scénario d'une hausse des taux (*Mkt Int Up*) qui présente l'impact le plus important. En effet lorsque le *Best Estimate* est évalué en tenant compte de la prime d'illiquidité, l'impact lié à une baisse de taux est moins important au passif. D'autre part dans le scénario *Mkt Int up*, l'effet diversification au sein du SCR marché est moins important.

	Scénario central	Sans IP	Impact
BE	1 515 406 610	1 666 053 041	9,9%
RM	195 910 118	182 584 739	-6,8%
SCR Mkt	162 537 277	126 589 214	-22,1%
Mkt Int	42 321 915	3 692 578	-91,3%
SCR Underwriting	163 729 278	178 999 455	9,3%
SCR	264 756 722	251 208 818	-5,1%
Diversification	68 329 162	61 877 089	-9,4%
Total	1 976 073 450	2 099 846 598	6,3%

Sans la prise en compte de la prime d'illiquidité, le passif s'élève à 2 100 M°£, soit 154% de la PBO IAS19.

3.1.4.2. Choc d'inflation

Sous ce scénario alternatif au scénario de choc de taux d'intérêt le niveau du passif : *Best Estimate* + Marge de Risque + SCR s'élève à 2 028 M°£, soit 149% de la provision calculée sous le référentiel IAS 19.

La hausse de l'inflation future anticipée conduit à augmenter fortement les provisions techniques et compte tenu de la structure du portefeuille, cette hausse du passif n'est pas totalement compensée par la hausse de la juste valeur des obligations indexées.

La contribution du risque inflation dans le *SCR Underwriting* est la plus importante derrière celle du risque de longévité. Nous notons également que le fait de considérer ce risque dans le risque *Expense* conduit, par le jeu des corrélations à augmenter le *SCR Underwriting* de 2,1% et le SCR de 1,2%.

	Scénario central	Choc d'inflation	Impact
BE	1 515 406 610	1 515 406 610	0,0%
RM	195 910 118	217 963 058	11,3%
SCR Mkt	162 537 277	156 930 628	-3,4%
Mkt Int	42 321 915	-	
SCR Underwriting	163 729 278	205 116 233	25,3%
Life Inf	-	61 354 160	
SCR	264 756 722	294 559 491	11,3%
Diversification	68 329 162	74 306 699	8,7%
Total	1 976 073 450	2 027 929 159	2,6%

3.1.4.3. Choc de taux alternatif

Sur la base de ce scénario de choc de taux d'intérêt, le passif s'élève à 2 135 M°£, soit 157% de la PBO IAS19.

Dans le cadre de ce scénario, l'inflation implicite qui correspond à l'inflation anticipée reste inchangée suite à une évolution du taux d'intérêt nominal. Dans le cas d'une baisse de taux cela implique, selon la formule de Fisher, une baisse plus importante du taux d'intérêt réel.

Ainsi, dans le scénario d'une baisse des taux, le capital requis au titre de ce risque augmente de plus de 419%. Par le jeu des corrélations et de la diversification, cette modification conduit à augmenter le SCR marché de 66,2% et le SCR global de 34,4%.

	Scénario central	Choc de taux alternatif	Impact
BE	1 515 406 610	1 515 406 610	0,0%
RM	195 910 118	263 354 062	34,4%
SCR Mkt	162 537 277	270 076 891	66,2%
Mkt Int	42 321 915	219 805 153	419,4%
Diversification Mkt	99 757 841	169 701 465	70,1%
SCR Underwriting	163 729 278	163 729 278	0,0%
Diversification	68 329 162	84 723 728	24,0%
SCR	264 756 722	355 901 771	34,4%
Total	1 976 073 450	2 134 662 442	8,0%

3.2.Modèle Interne

Nous présentons dans cette partie les résultats obtenus à partir du modèle interne présenté en 2.6. Les seuls risques qui ne sont pas modélisés de façon stochastique sont ceux relatifs à la prime d'illiquidité et au risque opérationnel.

La modélisation du risque de souscription a été présentée en 2.6.1, la calibration du générateur de scénarios économiques est présentée dans la partie suivante.

Dans le cas du risque de longévité une étude de sensibilité sera réalisée pour un choc de 10% (un abattement de 90% des quotients de mortalité pour le choc à 99,5%).

3.2.1. Calibration du modèle de Brennan et Xia

3.2.1.1. Données

Nous retenons les données mensuelles des obligations du gouvernement anglais, indexées et nominales, l'indice RPI et l'indice FTSE sur la période février 1998- décembre 2009. La période d'estimation débute un an après l'indépendance de la Banque Centrale.

3.2.1.2. Estimation des paramètres

Concernant la dynamique des variables d'état que sont le taux d'intérêt réel instantané et le taux d'inflation anticipée instantanée, la discrétisation des processus de Ornstein-Uhlenbeck permet d'estimer les paramètres à partir de régressions linéaires. On obtient pour ces deux processus les relations suivantes :

$$\pi_{t+\delta} = \pi_t \exp(-\alpha\delta) + \bar{\pi}(1 - \exp(-\alpha\delta))dt + \varepsilon_{\pi,t} \sigma_{\pi} \sqrt{\frac{1 - \exp(-2\alpha\delta)}{2\alpha}}$$

$$r_{t+\delta} = r_t \exp(-k\delta) + \bar{r}(1 - \exp(-k\delta))dt + \varepsilon_{r,t} \sigma_r \sqrt{\frac{1 - \exp(-2k\delta)}{2k}}$$

Les paramètres de ces modèles sont estimés à partir des données de l'inflation réalisée et de la différence entre le taux nominal à 1 an et l'inflation réalisée sur la période :

	Taux d'intérêt réel	Taux d'inflation
Vitesse de retour à la moyenne	$k = 6,72\% **$	$\alpha = 4,33\% **$
Taux moyen	$\bar{r} = 1,66\%$	$\bar{\pi} = 2,4\%$
Ecart type de l'erreur	$\sigma_r = 0,41\%$	$\sigma_{\pi} = 0,39\%$
R ² ajusté	87,44%	91,82%

(**) : Coefficient significatif au seuil de 5% selon le test du Student.

Hormis la constante qui n'est pas significative dans les deux cas, le modèle linéaire semble relativement bien ajusté au regard des tests et des statistiques classiques. Pour les deux variables d'état, la vitesse de retour à la moyenne est relativement faible ce qui s'explique par et la fréquence des données.

Les paramètres utilisés pour la projection du rendement des actions et de l'inflation réalisée sont estimés à partir des observations $\ln(S_t/S_{t-1})$ et $\ln(RPI_t/RPI_{t-1})$ où S_t représente le cours de l'indice FTSE à la date t et RPI correspond à l'indice RPI.

μ_S	4,5%
σ_S	15,8%
$\bar{\pi}$	2,54%
σ_{π}	1,36%

Afin d'évaluer le prix des zéros coupons nominaux et réels, différents jeux de paramètres doivent être estimés.

Le taux d'intérêt réel en probabilité risque neutre $\bar{r}^*$ et le taux d'inflation anticipé de long terme $\bar{\pi}^*$ sont fixés a priori en référence aux moyennes historiques, soit 2,5% pour l'inflation de long terme et 1,7% pour le taux réel de long terme dont la moyenne historique est de 1,67%. Ce paramétrage permet d'obtenir un taux nominal sans risque de long terme de 4,2%. Ce taux correspond exactement aux recommandations du QIS 5 pour la modélisation du taux sans risque de long terme (Ultimate Forward rate).

La matrice de corrélation des mouvements Browniens est estimée à partir des résidus des différents modèles précédents. Pour les actions, la formule discrétisée suivante est utilisée pour extraire les résidus :

$$\ln(S_{t+1}/S_t) = (\mu_S - \sigma_S^2/2)dt + \sigma_S \varepsilon_{S,t}$$

L'étape suivante consiste à estimer l'influence du bruit issu des modèles de l'inflation anticipée, le taux réel instantané et le rendement des actions sur la dynamique de l'indice général des prix. Conformément à l'approche de Brennan et Xia, ces paramètres sont estimés à partir du modèle suivant :

$$\sigma_{\Pi} e_{\Pi} = \pi dt + \xi_S e_S + \xi_r e_r + \xi_{\pi} e_{\pi} + \xi_u Z e_u$$

Où les e_i , ($i = S, r, \pi$) représente les résidus des modèles sur les actions, le taux réel et l'inflation anticipée et e_u l'erreur de spécification du modèle (ξ_u étant alors l'écart type de l'erreur).

Les résultats montrent que la moyenne des résidus est nulle et que la constante est non significative. Néanmoins, seul le coefficient relatif à l'inflation anticipée est significativement différent de zéro. D'autre part, les tests traditionnels (R^2 ajusté, test de Fisher) semblent remettre en cause la spécification du modèle dans son ensemble. Enfin, l'hypothèse de normalité des résidus et rejetée alors que les hypothèses d'auto corrélation des résidus et d'hétéroscedasticité à l'ordre 1 sont acceptées.

Ces résultats ne sont pas surprenants compte tenu du caractère non linéaire de la dynamique de l'inflation au Royaume Uni, documenté par de nombreux auteurs (Engle 1981).

A partir de la matrice de corrélation ρ et les primes de risque unitaires $[\lambda_r, \lambda_{\pi}, \lambda_S]$:

λ_r	-1,13%
λ_{π}	-0,68%
λ_S	2,71%

les charges des aléas de l'économie, qui permettent de déterminer les primes de risque sur les taux d'intérêts nominaux et réels, sont déterminées à partir d'un simple calcul matriciel. En partant des relations suivantes :

$$\lambda_S = (\xi_S + \xi_r \rho_{Sr} + \xi_{\pi} \rho_{S\pi}) - (\varphi_S + \varphi_r \rho_{Sr} + \varphi_{\pi} \rho_{S\pi})$$

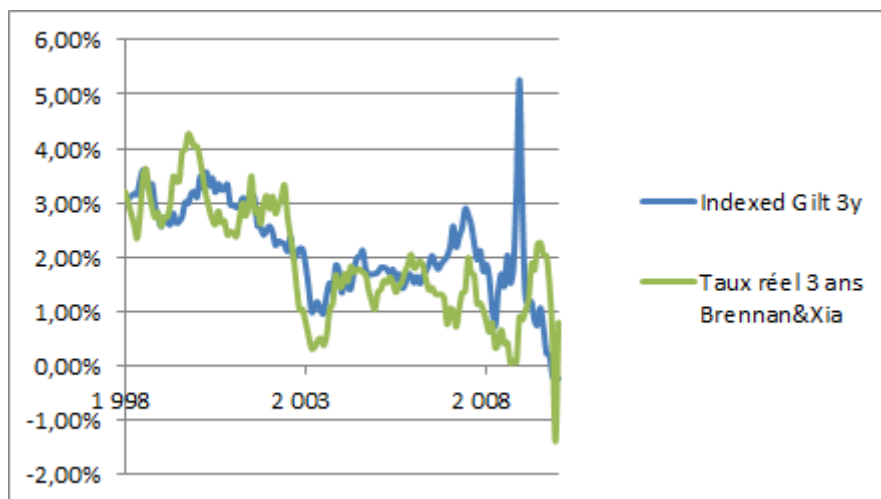
$$\lambda_r = (\xi_r + \xi_S \rho_{Sr} + \xi_{\pi} \rho_{r\pi}) - (\varphi_r + \varphi_S \rho_{Sr} + \varphi_{\pi} \rho_{r\pi})$$

$$\lambda_{\pi} = (\xi_{\pi} + \xi_S \rho_{S\pi} + \xi_r \rho_{r\pi}) - (\varphi_{\pi} + \varphi_S \rho_{S\pi} + \varphi_r \rho_{r\pi})$$

Avec $\lambda = [\lambda_r, \lambda_{\pi}, \lambda_S]$, $\xi = [\xi_r, \xi_{\pi}, \xi_S]$ et $\varphi = [\varphi_r, \varphi_{\pi}, \varphi_S]$, on peut réécrire ces relations sous formes matricielle :

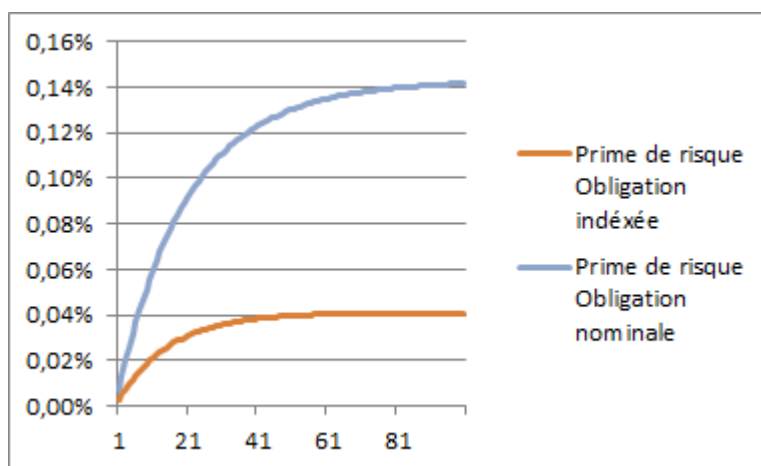
$$\lambda = (\xi - \varphi) \rho \rightarrow \varphi = \xi - \lambda \rho^{-1}$$

Le graphique suivant représente la dynamique des rendements des obligations indexées à l'inflation du gouvernement anglais de maturité 3 ans sur la période 31/02/1998-31/12/2009 (données mensuelles), ainsi que les taux réels de maturité 3 ans issus du modèle.



On constate que le modèle permet de suivre les principales tendances mais pas de rendre compte des événements exceptionnels tel que le pic de 2008 lié à la faillite de Lehman ou le niveau particulièrement bas des taux à fin 2009.

Le graphique suivant représente les primes de risque associées aux obligations réelles ou nominales en fonction de la maturité.



Il s'agit là d'une des principales limites du modèle : les primes de risques sont constantes dans le temps. Ainsi, pour l'évaluation du *Best Estimate* au 31.12.2009 et pour les conditions initiales des projections, nous avons retenu les taux d'inflation implicite d'intérêt réel de maturité 3 ans observés sur les courbes des taux des obligations d'état publiées par la Banque d'Angleterre.

La prime d'illiquidité est introduite de façon exogène dans le modèle. Ainsi à l'inverse des autres variables financières, la prime d'illiquidité n'est pas modélisée de façon stochastique. Le risque associé à la baisse de la prime est estimé sur la base de l'approche employée pour la formule standard. Il s'agit d'une approche conservatrice dans la mesure où l'effet diversification n'est pas pris en compte.

3.2.1.3. Projection

Pour le calcul du SCR à partir du modèle interne, les éléments de l'actif et du passif sont projetés à l'horizon + 1 an.

Nous adoptons l'approche décrite dans Planchet et al. (2009).

Afin de conserver les corrélations entre les différentes variables, la méthode de factorisation de Cholesky a été utilisée pour la projection des différentes variables. Concrètement, les erreurs de spécification des modèles projetés sont simulées ex ante. Pour chaque variable, les erreurs s'écrivent comme une combinaison linéaire des erreurs des autres modèles qui tient compte de la structure de la matrice des corrélations des résidus.

1000 scénarios ont été considérés.

Dans ces projections nous avons considéré une variable supplémentaire : l'indice CPI, que nous avons modélisé à partir d'un brownien géométrique :

$$\frac{d\pi_{CPI}}{\pi_{CPI}} = \overline{\pi_{CPI}} dt + \sigma_{\pi_{CPI}} dZ_{\pi_{CPI}}$$

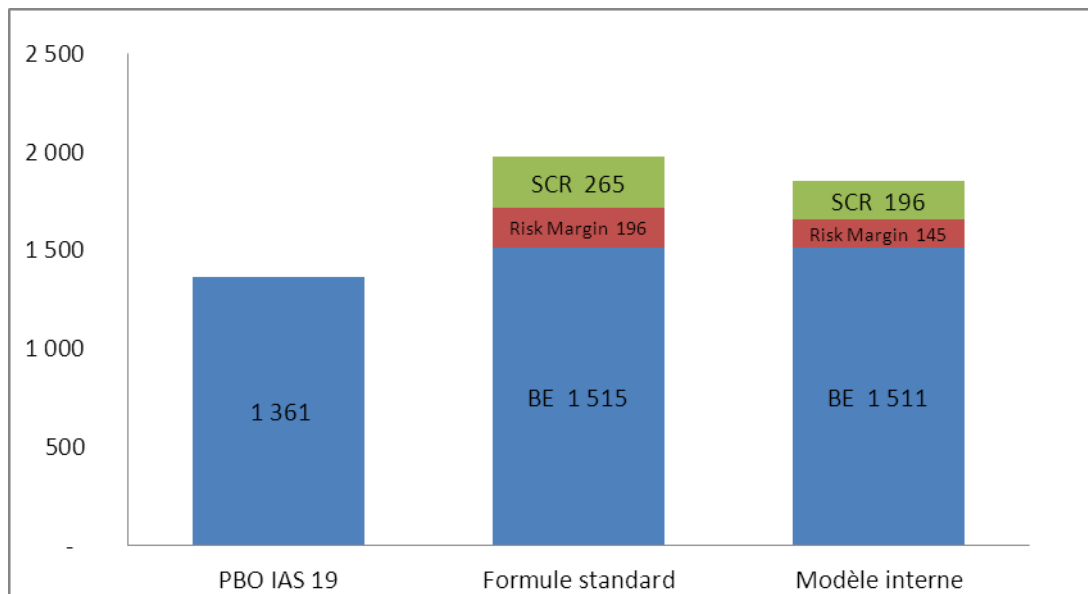
3.2.2. Résultats

Sur la base de cette calibration, le *Best Estimate* est estimé à 1 511 M°£. L'écart par rapport au calcul déterministe n'est pas significatif.

	£	Discount rate	Inflation	Type
Formule standard scénario central	1 515 406 610	Courbe CEIOPS + IP	Implied Inflation Index linked Gilt curve	Déterministe
Modèle interne (avec IP)	1 510 526 532	Discount factor réel au 31.12.2009 + IP		Stochastique
Modèle interne (sans IP)	1 669 443 932	Discount factor réel au 31.12.2009		Stochastique
BE real rate	1 671 574 247	UK Gov implied real spot curve		Déterministe

Sur la base de cette approche, le passif s'élève à 1 852 M°£, soit 136% de la PBO IAS19. Le SCR est évalué à 196 M°£ (dont 53 M°£ au titre du risque lié à la prime d'illiquidité et 7 M°£ au titre du risque opérationnel). La marge de risque est évaluée à 145 M°£.

Le graphique ci-dessous permet de comparer le niveau du passif suivant les différentes mises en œuvre considérées.



Le calcul du SCR à partir du modèle interne permet de réduire les exigences en capital par rapport à l'utilisation de la formule standard de plus de 26%. Une explication tient peut-être au fait que les chocs de taux d'intérêt considérés dans le modèle interne sont moins pro cycliques que ceux considérés dans la formule standard. En effet, les variables d'état sont modélisées selon un processus de retour à la moyenne. Ainsi, compte tenu des conditions initiales et du niveau historiquement bas du taux d'intérêt réel au 31.12.2009, la probabilité d'une baisse importante du taux en N+1 est peu élevée.

3.3.Extensions

3.3.1. Modification de l'hypothèse d'inflation future

Comme il a été évoqué dans la seconde partie, la situation particulière du marché des obligations indexées du gouvernement anglais à fin 2009 peut conduire à s'interroger sur la qualité de l'information véhiculée par les prix. Des indicateurs ou des consensus économiques ainsi que les informations diffusées par la Banque centrale au titre de leur objectif de politique monétaire peuvent paraître plus pertinents. D'autre part, nous notons que les spécifications techniques du QIS5 n'ont pas prévu une courbe de taux réels sans risque, le choix du taux d'inflation anticipé n'est donc pas imposé aux participants. Dans l'approche que nous présentons dans cette section, l'hypothèse d'inflation future de long terme est définie indépendamment des conditions du marché des obligations indexées et nominales à la date de calcul.

Les travaux présentés dans la seconde partie ont exposé les obstacles à l'estimation des primes de risque : primes de différentes natures, variables dans le temps, dépendance à des facteurs multiples, variables sans interprétation économique possible en dehors du modèle... Aussi pour le calcul du *Best Estimate* et l'application de la formule standard, plutôt que de chercher à estimer la prime de risque présente dans l'inflation implicite, nous postulons ad hoc une hypothèse d'inflation anticipée de long terme.

L'approche la plus simple consiste alors à émettre une hypothèse d'inflation anticipée constante sur les différentes maturités. Puisque l'objectif est de modéliser le prix des

obligations indexées et la revalorisation des rentes, nous retiendrons un taux de 2,5% en référence à l'objectif de la Banque Centrale d'Angleterre. Cette estimation correspond à la meilleure estimation possible des flux futurs mais ne tient pas compte du prix de marché du risque.

Les résultats des évaluations sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

	£	Discount rate	Inflation
PBO IAS 19	1 361 109 899	iBoxx £ Corporate AA 15+	Implied Inflation Index linked Gilt 15y
Actualisation CEIOPS + IP	1 588 029 511	Courbe CEIOPS + IP	Implied Inflation Index linked Gilt 15y
Actualisation CEIOPS + IP + inflation 2,5%	1 316 061 507	Courbe CEIOPS + IP	2,5%

Le premier montant PBO IAS 19 correspond à l'engagement évalué selon les normes IAS19. La différence entre les différentes évaluations découle uniquement du taux d'intérêt réel c'est-à-dire du taux d'actualisation net retenu.

3.3.1.1. Définition des chocs de la formule standard

Nous considérons que le choc de taux laisse inchangé l'inflation anticipée et la prime de rareté (choc alternatif présenté en sensibilité au 3.1.4). Le choc qui en découle sur les taux réels est donc plus important que dans le scénario central.

Mkt Int up :

$$\text{Taux nominal} = \text{Taux réel} + \text{Inflation implicite}$$

↑ ↑ →

Mkt Int down :

$$\text{Taux nominal} = \text{Taux réel} + \text{Inflation implicite}$$

↓ ↓ →

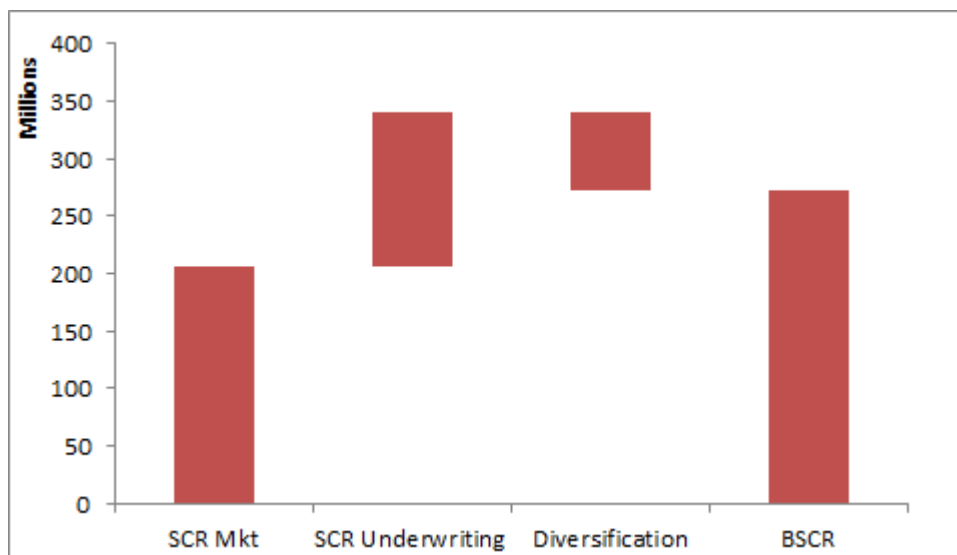
où Inflation Implicite = Inflation Anticipée + P

Comme pour le scénario central nous réalisons une étude de sensibilité en retenant un choc d'inflation : hausse de l'inflation anticipée avec taux nominal et prime de rareté inchangée.

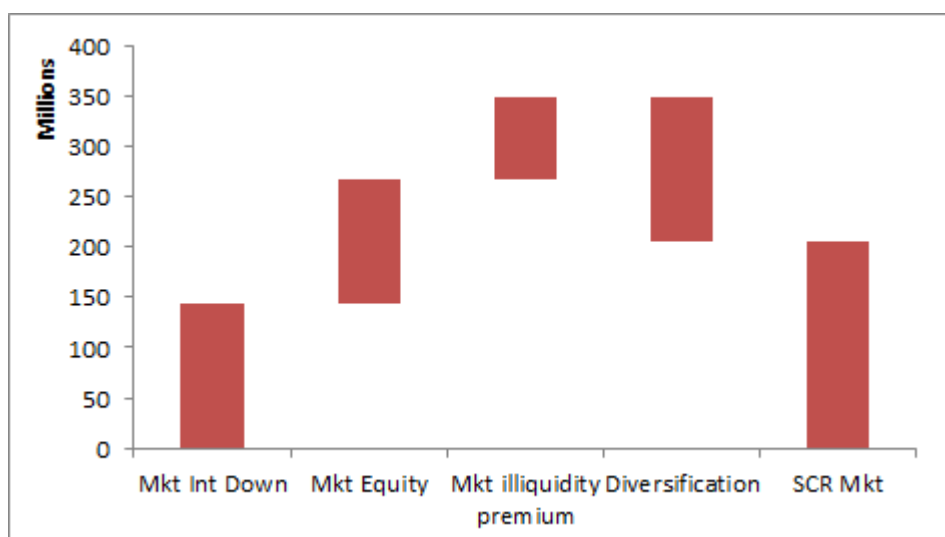
3.3.1.2. Résultats

Sur la base de cette approche, le passif s'élève à 1 806 M°£, soit 133% de la PBO IAS19.

Le SCR est évalué à 278 M£ et représente 21% du *Best Estimate*. La marge de risque est évaluée à 212 M£.

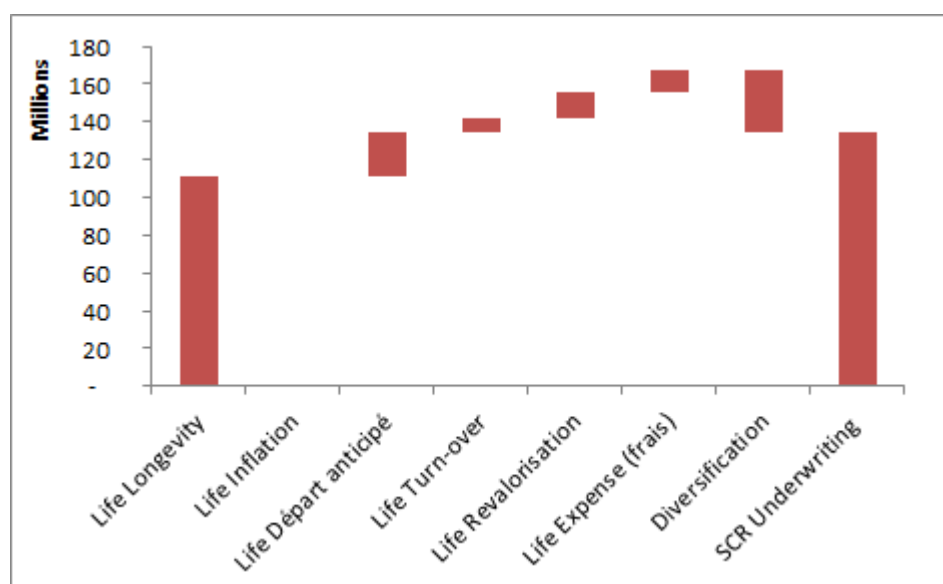


SCR Market



Le SCR Mkt est, en proportion du *Best Estimate*, beaucoup plus important que dans l'approche de référence. Cela s'explique par le fait que le choc de taux d'intérêt est beaucoup plus fort sur le taux d'actualisation net que dans l'approche de référence puisqu'ici l'inflation anticipée est inchangée suite à une baisse des taux nominaux. C'est le scénario d'une baisse des taux qui est le plus défavorable. Dans ce cas, la hausse de la valeur de marché des obligations ne compense pas la hausse des provisions techniques.

SCR Underwriting



Ici encore le risque de *Longévité* est le plus important.

3.3.1.3. Prime d'illiquidité

Comme pour l'approche de référence nous avons évalué le SCR et le *Best Estimate* sans prendre en compte la prime d'illiquidité. Sur la base de cette approche, le passif s'élève à 1 975 M°£, soit 145% de la PBO IAS19.

	Scénario 2	Sans IP	Impact
BE	1 316 061 507	1 442 455 506	9,6%
RM	211 601 658	224 788 992	6,2%
SCR Mkt	205 803 701	217 848 476	5,9%
Mkt Int	142 846 529	178 625 973	25,0%
SCR Underwriting	133 981 450	159 966 265	19,4%
SCR	278 122 812	306 706 864	10,3%
Diversification	67 584 616	77 030 154	14,0%
Total	1 805 785 976	1 974 520 135	9,3%

3.3.1.4. Choc d'inflation

	Scénario 2	Choc d'inflation	Impact
BE	1 316 061 507	1 316 061 507	0,0%
RM	211 601 658	184 919 632	-12,6%
SCR Mkt	205 803 701	148 155 433	-28,0%
Mkt Int	142 846 529	-	
SCR Underwriting	133 981 450	151 780 402	13,3%
Life Inf	-	33 669 934	
SCR	278 122 812	243 052 765	-12,6%
Diversification	67 584 616	62 805 347	-7,1%
Total	1 805 785 976	1 744 033 903	-3,4%

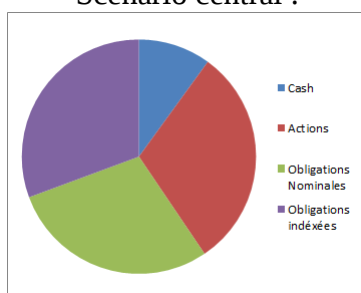
Contrairement à l'approche de référence, le fait de considérer le choc d'inflation plutôt que le choc de taux conduit à un passif total d'un montant inférieur, 1 744 M°£ soit 128% de la PBO IAS 19.

Ceci s'explique par le fait que le choc sur l'inflation anticipée a une répercussion moins importante sur le taux réel et donc sur le *Best Estimate*. En effet le niveau initial de l'inflation future est plus bas, sa part relative dans le facteur d'actualisation net est donc moins importante. D'autre part, le choc sur le taux de rendements des obligations indexées est moins important que celui considéré dans l'approche de référence puisque la prime de rareté reste inchangée.

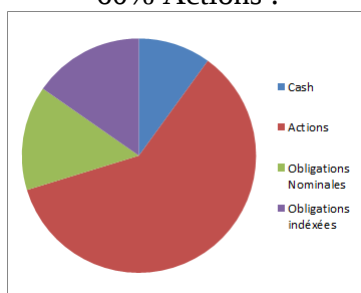
3.3.2. Modification de l'allocation d'actifs

Les différentes compositions d'actif considérées sont les suivantes :

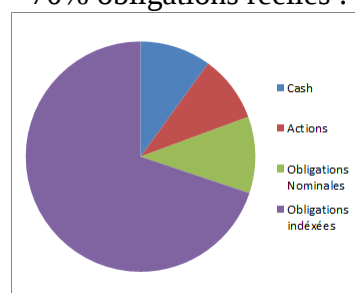
Scénario central :



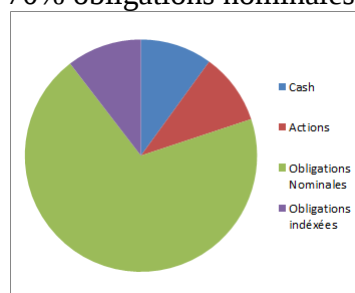
60% Actions :



70% obligations réelles :



70% obligations nominales :



Dans tous les cas le portefeuille d'obligation est construit de manière à respecter la duration des engagements qui est de 15 ans. Les obligations utilisées sont les suivantes :

- 3¾% Treasury Gilt 2019
- 4¼% Treasury Gilt 2027
- 4¼% Treasury Gilt 2039
- 1¼% Index-linked Treasury Gilt 2017
- 1 1/8% Index-linked Treasury Gilt 2037
- 1¼% Index-linked Treasury Gilt 2027

3.3.2.1. Résultats

Le tableau suivant présente les résultats pour les différentes allocations considérées. Pour chaque approche et chaque allocation, le ratio entre le passif sous Solvency II (BE + marge de risque + SCR) et l'engagement sous IAS 19 est présenté.

	30% Actions	60% Actions	70% Obligations indexées	70% Obligations Nominales
Formule standard 1	145%	157%	140%	141%
Formule standard 2	133%	149%	123%	124%
Modèle Interne	136%	150%	130%	133%

Dans tous les cas considérés la détention d'action est pénalisante en terme d'exigences en capital de solvabilité et la détention d'obligations indexées permet de réduire le SCR de façon significative. On note que dans le cas de la formule standard de référence, pour l'allocation 70% en Obligations Nominales, le choc de taux d'intérêt retenu est celui d'une hausse des taux.

Le tableau ci-dessous présente les résultats des simulations lorsque le *Best Estimate* est évalué avec une prime d'illiquidité de 65%, soit en intégrant le choc prévu par la formule standard.

	30% Actions	60% Actions	70% Obligations indexées	70% Obligations Nominales
VaR 99,5% NAV	158 477 766	265 302 181	114 399 590	139 312 248
Moyenne Delta NAV	106 902 433	148 084 685	40 945 639	62 344 424
Ecart type Delta Nav	98 912 708	173 196 006	60 916 066	70 987 329

La relation entre le rendement moyen du portefeuille d'actif et le risque de marché est clairement apparente. L'allocation qui surpondère les obligations indexées présentant le couple rendement / risque le plus faible et celle qui surpondère les actions, le plus élevé.

3.3.3. Indexation conditionnelle

Cette partie présente la sensibilité du *Best Estimate* à la forme d'indexation retenue pour la revalorisation des pensions.

En Angleterre de nombreux régimes de retraite professionnelle garantissent une revalorisation des pensions à l'indice RPI dans la fourchette 0%-5%. Au Pays Bas, la revalorisation des rentes dépend directement du rendement des actifs de couverture.

Le processus de revalorisation est alors irréversible (path dependent), ce qui a des implications pratiques sur le calcul du *Best Estimate*. Dans le cadre d'une approche *Market Consistent*, les flux futurs ne peuvent pas être actualisés avec la courbe des taux réels à la date d'évaluation. Nous appliquons la méthode décrite page 39 (Orientations Nationales Complémentaires) en actualisant les flux avec le taux du scénario et non pas avec la courbe des taux réels en $t=0$, à chaque fois, 1000 scénarios ont été considérés. Cette méthode de calcul, dont le recours est naturel pour les contrats d'épargne et les régimes prévoyant une clause de participation aux bénéfices, permet de valoriser l'engagement du régime de retraite dans une logique *Market Consistent*.

Dans le cadre de cette application, la prime d'illiquidité n'est pas prise en compte. Le *Best Estimate* est estimé à 1 446 M°£, soit un écart significatif par rapport au montant de 1 669 M°£ évalué estimée à partir de la courbe des taux réels au 31.12.2009. Cet écart est lié avant tout à l'hypothèse d'inflation future. En effet, au 31.12.2009, les taux de rendement des obligations indexées sont exceptionnellement bas pour les maturités élevées, ce qui implique une implicite relativement élevée (3,8% pour les maturités supérieures à 25 ans). Lorsque le calcul du *Best Estimate* est réalisé en actualisant les flux au taux du scénario, l'inflation est projetée en tenant compte d'un taux moyen d'inflation de long terme de 2,5%. A titre indicatif, le *Best Estimate* évalué sur la base de la courbe de taux du CEIOPS et un taux d'inflation de 2,5% s'élève à 1 442 M°£.

Le changement des conditions d'indexation a un impact significatif :

	Best Estimate
Indexation RPI	1 445 731 190
Indexation Min(2,5%;RPI)	1 324 368 590
Indexation Min(2%;RPI)	1 266 119 535
Indexation Max [0%;Min(2%;RPI)]	1 267 818 190

Des évolutions récentes de la réglementation des pensions en Angleterre prévoient un changement dans l'indice de référence utilisé pour l'indexation des rentes. Suite à la déclaration en juin 2010 de Georges Osborne que les pensions du secteur publique allaient être revalorisées selon l'indice CPI et plus selon l'indice RPI, en juillet 2010, Steve Webb a annoncé que cette mesure allait être étendue aux pensions du secteur privé.

Les estimations montrent que le *Best Estimate* est très sensible à l'indice retenu pour l'indexation des pensions. Selon ces résultats, les nouvelles mesures réglementaires devraient avoir un impact significatif sur les engagements de retraite des employeurs.

	Best Estimate
Indexation RPI	1 445 731 190
Indexation CPI	1 277 460 339
Indexation Max(RPI;CPI)	1 521 944 226

3.3.4. Modification du choc de longévité

Afin d'illustrer l'importance de ce risque au niveau du fonds de pension considéré une étude de sensibilité est réalisée pour un choc de 10% (un abattement de 90% des quotients de mortalité pour le choc à 99,5%), ce qui revient à considérer $\sigma = 4,09\%$. Le choc considéré ici est donc deux fois moins important que celui retenu pour l'application de la formule standard par le QIS 5.

Pour une allocation de 30% en action, le SCR diminue d'environ 10% passant de 196 M°£ à 182 M°£. Le ratio entre le passif sous Solvency II (BE + marge de risque + SCR) et l'engagement sous IAS 19 passe de 136% à 133%.

3.4.Conclusion

Cette application du QIS 5 à un régime de retraite professionnelle théorique permet de tirer différents enseignements.

En premier lieu il apparaît que le cadre de la Directive Solvency II impose un niveau de provisionnement significativement supérieur à celui de la norme IAS 19. Dans le cas de l'approche de référence que nous avons considérée pour l'application de la formule standard, le passif du fonds de pension augmente de 145% par rapport au provisionnement sous IAS 19. L'utilisation d'un modèle interne, qui permet de réduire de façon significative le niveau du capital de solvabilité réglementaire, conduit à majorer le passif de 136%.

Le fait que le risque lié à l'inflation n'ai pas été traité de manière approfondie dans les spécifications techniques du QIS 5 conduit à différentes interrogations et peut mener à des choix de modélisation divergents. Ainsi, selon les choix de modélisation retenus pour l'application de la formule standard, la majoration du passif du fonds de pension sous le référentiel Solvency II varie entre 133% et 157%. Les facteurs déterminants sont les suivants :

- l'hypothèse d'inflation de long terme ou d'une manière équivalente du taux d'actualisation net : Dans une logique *Market Consistent*, le *Best Estimate* devrait être estimé sur la base du taux d'inflation implicite observé sur le marché des obligations. Or dans le cas du Royaume uni à fin 2009, cette mesure de l'inflation anticipée est biaisée par la présence d'une prime de risque négative, assimilable à une prime de rareté traduisant une insuffisance de l'offre. Une approche de type *real world*, fondée sur les consensus économiques ou l'objectif de la Banque centrale apparaît donc comme une alternative pertinente. Le prix de marché du risque n'étant alors pas pris en compte, le caractère *Market Consistent* de l'évaluation du *Best Estimate* peut être remis en cause. Cependant, compte tenu de la nature de la prime de risque observée sur les obligations indexées et de son caractère exceptionnel, la pertinence de son inclusion dans le taux d'actualisation pour l'évaluation d'un passif de retraite professionnelle peut également être contestée.
- les scénarios de choc de taux d'intérêt ou d'inflation et plus précisément les interactions entre ces différentes variables : Les scénarios considérés dans la formule standard ne permettent pas de rendre compte de la complexité des interactions entre les taux d'intérêts réels, les taux d'intérêts nominaux et l'inflation anticipée. D'autre part les variations de l'inflation anticipée suite aux chocs de taux d'intérêt ne sont pas précisées dans les spécifications techniques. La référence à la formule de Fisher permet d'apporter un cadre théorique structurant pour la définition des scénarios. Cette approche s'inscrit par ailleurs dans une logique *Market Consistent*.

L'approche par modèle interne présente différents avantages. Ainsi, les interactions entre les risques de souscriptions et les risques de marché sont modélisées directement, contrairement à l'approche par la formule standard où ces risques sont agrégés ex-post par le biais d'une matrice de corrélation. Cette propriété est particulièrement importante lorsque des interactions actifs-passifs doivent être prises en compte.

D'autre part, l'utilisation d'un modèle intégré pour la génération des scénarios économiques permet de tenir compte de manière explicite et structurée des interactions entre les variables financières et économiques, chacune étant modélisée de façon endogène. Le modèle de

Brennan et Xia s'avère particulièrement adapté à la situation du marché anglais des obligations d'état à fin 2009 puisqu'il permet d'intégrer des informations exogènes pour la détermination des paramètres de long terme. Dans le cas où les données de marché telles que l'inflation implicite sont biaisées par une situation d'illiquidité temporaire, le recours à des données historiques ou des consensus économiques peut servir d'alternative pour l'estimation de ces paramètres.

La technique des déflateurs sur laquelle est fondée le modèle de Brennan et Xia permet d'intégrer les informations relatives aux primes de risque. D'autre part, les propriétés du déflateur permettent de valoriser, pour chaque date future, les obligations indexées et le *Best Estimate* sans avoir recours à des techniques de simulation dans les simulations. Ainsi, les projections sont réalisées en univers de probabilité historique et par un changement de mesure de probabilité cette approche fournit des évaluations en probabilité risque neutre, soit dans une logique *Market Consistent*. Cette approche permet donc d'évaluer le *Best Estimate* et le SCR sur la base de la même calibration.

Néanmoins, les limites du modèle apparaissent de manière explicite. La structure linéaire du modèle ne permet pas de modéliser les primes de risque de façon dynamique. Il s'agit de la principale limite du modèle dans la mesure où les primes de risque sont manifestement variables dans le temps. Les estimations des primes de risque sont donc forcément biaisées. D'autre part l'introduction d'une nouvelle source de risque nécessite de redéfinir la forme du déflateur ce qui peut s'avérer particulièrement complexe. A ce titre l'introduction, au sein de ce cadre théorique, de la prime d'illiquidité définie par les spécifications techniques du QIS 5 ou d'autres classes d'actifs tels que l'immobilier ou des titres libellés en monnaie étrangère apparaît comme une piste de recherche intéressante.

En termes d'allocation d'actif, les travaux ont montré que la détention d'obligation indexée permettait de réduire de façon significative les exigences en capital de solvabilité réglementaire. L'impact, sur la solvabilité, de la détention d'actifs tels que l'immobilier, les titres libellés en monnaie étrangère ou les swaps de longévité n'a pas été étudiée dans cette application mais cette dernière classe d'actifs devrait contribuer à diminuer les exigences réglementaires de manière significative.

Le tableau suivant présente les estimations de l'engagement au titre du régime de retraite obtenues suivant les différentes approches.

	£	Discount rate	Inflation	Type
PBO IAS 19	1 361 109 899	iBoxx £ Corporate AA 15+	Implied Inflation Index linked Gilt 15y	Déterministe
Formule standard 2	1 316 061 507	Courbe CEIOPS + IP	2.5%	Déterministe
Formule standard 2 sans IP	1 442 455 506	Courbe CEIOPS sans IP	2.5%	Déterministe
Modèle interne ONC	1 445 731 190	Discount factor réel du scénario		Stochastique
Formule standard scénario central	1 515 406 610	Courbe CEIOPS + IP	Implied Inflation Index linked Gilt curve	Déterministe
Modèle interne (avec IP)	1 510 526 532	Discount factor réel au 31.12.2009 + IP		Stochastique
Modèle interne (avec IP à 65%)	1 563 320 188	Discount factor réel au 31.12.2009 + IP à 65%		Stochastique
Formule standard 1 sans IP	1 666 053 041	Courbe CEIOPS sans IP	Implied Inflation Index linked Gilt curve	Déterministe
Modèle interne (sans IP)	1 669 443 932	Discount factor réel au 31.12.2009		Stochastique

Conclusion

La question de la mise en place d'un système de réglementation prudentielle fondé sur le risque aux fonds de pension européens a été réintroduite avec la réalisation de la 5^{ème} étude d'impact de la Directive Solvency II, le QIS 5 et la publication du livre vert sur les retraites. La suggestion de la commission de retenir la Directive Solvency II comme le cadre de référence pour l'élaboration d'un régime prudentiel adapté aux fonds de pension a été vivement critiquée en Angleterre et au Pays Bas où les régimes de retraite professionnelle sont obligatoires et constituent une charge significative pour les employeurs.

L'objectif de ce mémoire était l'application de l'exercice du QIS5 à un fonds de pension théorique présentant des caractéristiques suffisamment générales pour être représentatif des régimes à prestations définies européens. Nous avons ainsi considéré un régime à prestations définies de rentes viagères assises sur le salaire final et indexées sur l'inflation. Dans le cas de l'approche de référence que nous avons considérée pour l'application de la formule standard, le passif du fonds de pension augmente de 145% par rapport au provisionnement sous IAS 19. L'utilisation d'un modèle interne, qui permet de réduire de façon significative le niveau du capital de solvabilité réglementaire, conduit à majorer le passif de 136%. D'autre part, selon les choix de modélisation retenus pour l'application de la formule standard, la majoration du passif du fonds de pension sous le référentiel Solvency II varie entre 133% et 157%.

De façon générale l'application du QIS 5 à un fonds de pension nécessite au préalable l'établissement des « limites du contrat ». En effet, les mécanismes de partage des risques entre les bénéficiaires, l'employeur, et le cas échéant l'état et l'institution qui administre le régime peuvent être relativement complexes et doivent être prises en compte dans la mesure de la solvabilité. D'autre part, les fonds de pension présentent une caractéristique qui les distingue totalement des sociétés d'assurance : la faculté plus ou moins grande pour l'employeur de « rompre le contrat » sans contrepartie, en modifiant le règlement du régime et en réduisant le niveau des prestations. La nature de l'engagement de l'employeur doit donc être précisée dans une perspective de long terme. Dans le cadre d'une directive européenne, ces caractéristiques spécifiques devront être appréhendées dans leur diversité et l'objectif associé à la pérennité du régime devra être précisé. Dans le cas relativement simple que nous avons considéré, notre approche s'est inspirée du traitement des régimes d'avantage postérieur à l'emploi préconisé par le référentiel IFRS : évaluation de l'engagement à hauteur des services rendus et en tenant compte des revalorisations futures des salaires. Par ailleurs, nous n'avons pas considéré la possibilité d'une modification de régime. Dans ce cadre la pérennité du régime est considérée comme une priorité.

Malgré la simplicité du régime étudié et de la nature des actifs de couverture considérés, certaines difficultés ont été rencontrées dans la mise en œuvre pratique. Les principales difficultés proviennent du fait que le risque lié à l'inflation future n'a pas été traité de manière approfondie dans les spécifications techniques du QIS 5. Il s'agit cependant d'un risque majeur pour les fonds de pension, particulièrement au Royaume Uni où l'indexation des pensions à l'inflation est obligatoire et où les obligations indexées constituent une classe d'actif de couverture privilégiée.

La formule standard et notamment le scénario de choc de taux d'intérêt ne permet pas d'appréhender la complexité des interactions entre l'inflation, les taux d'intérêts nominaux et les taux réels. La définition d'un cadre théorique structuré intégrant ces interactions paraît cependant nécessaire pour une analyse prospective des risques et de la solvabilité d'un fonds

de pension. Aussi la relation de Fisher, qui s'inscrit dans une logique *Market Consistent*, a été utilisée pour la définition des scénarios de stress dans le cadre de la formule standard. Dans le cadre de l'approche par modèle interne, les différents risques de souscription : longévité, départ anticipé à la retraite, turn-over, et croissance des salaires sont modélisés de manière stochastique. Nous avons retenu le modèle de Brennan et Xia (2002) pour la génération des scénarios économiques. Ce modèle « intégré » permet de valoriser le *Best Estimate* et le prix des obligations indexées à chaque date future dans une logique *Market Consistent* en tenant compte des interactions entre les différentes variables économiques et financières.

Le *Best Estimate* est particulièrement sensible à l'hypothèse d'inflation future qui ne peut pas être déterminée indépendamment du taux d'actualisation. A l'inverse du taux nominal sans risque, les spécifications techniques du QIS 5 ne préconisent aucune référence pour le taux d'intérêt réel sans risque. L'utilisation de l'inflation implicite sur les obligations d'Etat, qui est naturelle dans le cadre d'une approche *Market Consistent*, implique de reconnaître l'existence de primes de risques spécifiques aux obligations indexées. Cette approche n'est pas forcément cohérente avec la prise en compte de la prime d'illiquidité définie par le QIS 5, puisque cette dernière est censée être spécifique aux passifs d'assurance. Plus généralement, dans le cas où les données de marché telles que l'inflation implicite sont biaisées par une situation d'illiquidité temporaire des marchés, le recours à des données historiques ou des consensus économiques peut servir d'alternative pour l'estimation du taux d'intérêt et de l'inflation de long terme. Le modèle de Brennan et Xia retenu dans notre étude permet la mise en place de cette approche.

La technique des déflateurs, sur laquelle repose le modèle de Brennan et Xia, s'avère particulièrement efficace car elle permet d'évaluer le *Best Estimate* et le SCR sur la base de la même calibration. Sur la base d'une analyse en univers de probabilité historique et par un changement de mesure, cette approche produit des évaluations dans une logique *Market Consistent*. Les travaux présentés en troisième partie ont démontré l'utilité de cette technique dans le cadre de l'étude de la solvabilité d'un fonds de pension et de la valorisation du *Best Estimate*. La principale limite du modèle que nous avons utilisé réside dans le fait qu'il ne permet pas de modéliser les primes de risque de façon dynamique. D'autre part l'introduction d'une nouvelle source de risque nécessite de redéfinir la forme du déflateur ce qui peut s'avérer particulièrement complexe. A ce titre l'introduction, au sein de ce cadre théorique, de la prime d'illiquidité définie par les spécifications techniques du QIS 5 ou d'autres classes d'actifs tels que l'immobilier ou des titres libellés en monnaie étrangère apparaît comme une piste de recherche intéressante.

Les problèmes pratiques rencontrés dans l'application du QIS 5 à ce fonds de pension théorique proviennent principalement de l'absence de guidance précises sur la prise en compte du risque lié à l'inflation future. D'une manière générale, certaines adaptations sont nécessaires pour l'application du cadre de la Directive Solvency II aux spécificités des fonds de pensions.

Le cadre minimum imposé par la Directive IORP est jugé suffisant par beaucoup d'acteurs européens de la retraite professionnelle qui sont, pour la plupart, opposés à la mise en place d'un régime prudentiel similaire à la Directive Solvency II. Cependant, compte tenu de l'importance des capitaux gérés par les fonds de pension et de leur rôle social, le fait que, contrairement aux banques et aux sociétés d'assurance européennes, l'évaluation du risque inhérent à leur activité ne soit que partielle et dénuée de principes communs, apparaît comme une anomalie.

BIBLIOGRAPHIE

ACP « Orientations Nationales Complémentaires aux Spécifications Techniques Solvabilité 2-5ème étude d'impact »

Bauer R., Kramer F. (2007) « Risk and Valuation of Mortality Contingent Catastrophe Bonds », Working Paper.

Brennan M. J. and Xia Y. (2002) « Dynamic Asset Allocation under Inflation », The Journal of Finance, Vol. LVII, N°3

Caja, P., Carvas A., Rousseau V. (2009) « Intégrer des informations exogènes dans un modèle d'actifs » sous la direction de F. Planchet et M. Juillard, Groupe de Travail

Campbell J. Y., Shiller R. J. and Viceira L. M. (2009) « Understanding Inflation-Indexed Bond Markets », Brooking Papers on Economics Activity, Conference Draft Spring 2009

CEIOPS (2008) « Survey on fully funded, technical provisions and security mechanisms in the European occupational pension sector », CEIOPS-OPSSC-01/08

CEIOPS (2009) « Report on Risk Management rules applicable to IORPs », CEIOPS-OPSSC-03/09

CEIOPS (2010) « CEIOPS answers to Commission questions on QIS5 draft technical specifications », CEIOPS-SEC-81/10 7 June 2010

Dastarac H. et Sauveplane P. (2010) « Les Déflateurs stochastiques : quelle utilisation en assurance ? », Mémoire d'Actuariat.

De Jong (2008) « Pension fund investments and the valuation of liabilities under conditional indexation », Insurance: Mathematics and Economics, Volume 42, Issue 1

Duffee G. R. (2002) « Term Premia and Interest Rate Forecasts in Affine Models », The Journal of Finance, Vol. 57, No. 1 (Feb., 2002), pp. 405-443.

European Commission (2010) « Qis 5 Technical Specification », Internal Market & Services DG

European Commission (2010) « Green Paper on pensions », CE MEMO/10/302

Fama, E. F. (1975) « Short Term Interest Rates as Predictors of Inflation », American Economic Review 65, 269–282

Friedman M. (1956) « The Quantity Theory of Money: A restatement », in Friedman (ed.), Studies in Quantity Theory. 277-290.

Guette V. (2010) « Détermination d'un taux de surmortalité pour une catastrophe de période

de retour de 200 ans », Bulletin Français d'Actuariat, vol.10, n°19.

Hördahl P. and Tristani O. (2008) « Inflation Risk Premia in the Term Structure of Interest Rates », BIS Working Paper No. 228.

Joyce M. Lildholdt P. and Sorensen S. (2009) « Extracting inflation expectations and inflation risk premia from the term structure: a joint model of the nominal UK real yields curves », Bank of England Working Paper n°36

Lee R.D. (2000) « The Lee Carter method of forecasting mortality, with various extension and applications », North American Actuarial Journal 4.

Mishkin F.S. (2007) « Will Monetary Policy Become More of a Science? », NBER Working Papers 13566, National Bureau of Economic Research, Inc.

Miltersen K.R., Persson S.A. (2005) « Is mortality dead? Stochastic force of mortality determined by no arbitrage », Working Paper, University of Bergen.

Peek J., Reuss A. and Scheuenstuh G. (2008) « Evaluating the Impact of Risk Based Funding Requirements on Pension Funds », OECD Working Papers on Insurance and Private Pensions, No. 16, OECD Publishing.

Pflueger C.E. and Viceira L.M (2010) « Inflation Indexed Bonds and the Expectation Hypothesis »,

Planchet F., Thérond P. et Kamega A. (2009) « Scénarios économiques en assurance : Modélisation et Simulation », Economica

Prat G. (2007) « Les comportements boursiers sont-ils Eulériens ? », Revue Economique 58(2) 427-53

Vayanos D., Villa J. (2007) « A Preferred-Habitat Model of the Term Structure of Interest Rates », Non Publié, London School of Economics

Wüthrich M.V., Bühlmann H., Furrer H. (2007) « Market consistent actuarial valuation », EAA Lecture Notes, Springer