

RAPPORT DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Organisme d'accueil :



Caisse Marocaine des Retraites (CMR)

Sujet

**Stress test au RPC géré par la
CMR : risque de marché**

Préparé par :

AMESROUH Amine

DARBAL Faiz

Option : Actuariat-Finance

Sous la direction de :

M. KHAMLICH Mohammed Jaber (CMR)

M BADAOUI Fadoua (INSEA)

Résumé

Un stress test a été introduit récemment comme une des mesures prudentielles pour les compagnies d'assurance et les banques, mais il n'existe actuellement aucune réglementation au niveau national pour les caisses de retraites. Un tel test renforcerait la promesse de retraite, réduirait l'arbitrage réglementaire et fournirait un outil de suivi utile pour les gestionnaires de fonds de pension. Des pays tels que les Pays-Bas et le Danemark ont déjà utilisé des stress test dans le cadre de leur procédure de surveillance des fonds de pension. Une analyse des tests pour ces pays nous a permis de concevoir un modèle pour la CMR.

Notre projet a été élaboré en trois grandes étapes, à savoir :

- La première étape qui consiste à exposer l'univers d'investissement de la CMR et les différents risques sous-jacents à cet univers ainsi que la méthodologie de gestion des risques.
- La deuxième étape qui a consisté en l'analyse des pratiques internationales les plus avancées en matière de stress.
- La troisième et dernière étape a été consacrée pour exposer la démarche suivie pour la réalisation de notre travail, les scénarios de crise qui seront simulés ainsi que l'application du stress test et le calcul des indicateurs.

Mots clés : Scénarios, stress test, gestion des risques, fonds de pension, surplus, solvabilité 2, théorie des valeurs extrêmes, CAPM.

Dédicace

Nous dédions ce modeste travail comme preuve de respect, de gratitude, et de reconnaissance à :

Nos très chers parents pour leurs sacrifices leurs encouragements et leurs soutiens durant toutes les années d'études surtout nos mères ; leurs prières et leurs bénédictions ont été d'un grand secours pour mener à bien nos études ;

Nos meilleurs amis pour leurs aides, leurs temps et leurs assistances.

Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de notre stage et qui nous ont aidés lors de la rédaction de ce rapport.

Tout d'abord, nous adressons nos remerciements à M. KHAMLICHI Mohamed Jaber, Chef de Pôle Gestion du Portefeuille à la Caisse Marocaine des Retraites. Nous voulons également lui témoigner notre gratitude pour sa patience et son soutien qui nous a été précieux afin de mener notre travail à bon port.

Nous tenons à remercier vivement M. KARINE Anass, Chef de Service Middle-Office pour ses précieux conseils tout au long de cette période de recherche.

Nos vifs remerciements vont également à M. ZAKI Ali, Chef de la division des études et de veille stratégique et juridique ainsi qu'à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

N'oublions pas de remercier notre encadrant interne Madame BADAOUI Fadoua pour ses conseils tout au long de la durée du stage, ainsi que tous les enseignants de l'Institut Nationale de Statistique et d'Economie Appliquée (INSEA), à qui nous exprimons toute notre reconnaissance pour leurs efforts.

Table des matières

Résumé.....	3
Dédicace.....	4
Remerciements.....	5
Liste des figures.....	9
Liste des tableaux.....	10
Liste des abréviations.....	11
Introduction.....	12
1 ^{ère} Partie : Partie préliminaire.....	13
Chapitre 1 : Le marché financier Marocain.....	14
I. Le marché obligataire :	15
II. Le marché boursier :	18
III. Autres actifs financiers :.....	24
Chapitre 2 : Typologie des risques.....	26
I. Le risque de marché :	26
II. Le risque de liquidité :	28
III. Le risque de crédit ou de contrepartie :	29
IV. Le risque opérationnel :.....	29
Chapitre 3 : Etat de l'art de la gestion des risques.....	31
I. La définition de la GRE selon COSO :.....	32
II. La définition de la GRE selon SOA (Society Of Actuaries) :	33
III. La définition de la GRE selon ERM-II (ERM Institute International) :	34

IV. Les normes et les directives de la GRE :	36
V. Solvabilité II :	40
2 ^{ème} Partie : Stress test pour les caisses de retraite	42
Chapitre 1 : La pratique internationale du stress test.....	43
II. Le modèle Néerlandais pour le test de solvabilité	48
III. Le modèle Danois du test de solvabilité (the Traffic Light Model).....	50
Chapitre 2 : La réforme solvabilité II	52
I. Enjeux et objectifs généraux de la réforme.....	52
II. Les piliers de Solvabilité II.....	54
IV. Cadre technique.....	56
Chapitre 3 : Calcul pratique du SCR	58
I. La formule standard du BSCR.....	58
3 ^{ème} Partie : Stress test du Fonds de réserve géré par la CMR.....	70
Chapitre 1 : Démarche méthodologique et scénario de stress retenu	71
I. Etapes suivies pour le déroulement du processus d'élaboration des stress tests : ..	71
II. Principes retenus pour la réalisation des stress tests.....	74
III. Scénario pour le stress test :	77
Chapitre 2 : Construction du portefeuille de couverture.....	93
I. Analyse de l'actif/passif du RPC :	93
II. Fixation de l'horizon de projection et construction du portefeuille de couverture :	94
CHAPITRE 3 : Stress test appliqué au RPC.....	96
I. Calcul du SCR :	96
II. Impact du stress test sur le surplus :	98
Conclusion	100
ANNEXE 1 : Méthode Bootstrap	101
ANNEXE 2: GEV (Generalized Extrem value)	103

ANNEXE 3: CAPM (Capital Asset Pricing Model).....	110
RÉFÉRENCE.....	113

Liste des figures

<i>Figure 1: évolution des indices MBI depuis 2002</i>	16
<i>Figure 2: performances annuelles du MBI depuis 2002</i>	17
<i>Figure 3: tableau récapitulatif de la performance des indices MBI</i>	18
<i>Figure 4: Performance annuelles du MASI depuis 1993</i>	23
<i>Figure 5: Tableau récapitulatif des indices boursiers</i>	24
<i>Figure 6: les exigences pour la GRE</i>	37
<i>Figure 7: Les trois piliers de solvabilité II</i>	54
<i>Figure 8 : Méthodologie adoptée du travail</i>	72
<i>Figure 9: valeur de marché du portefeuille HDP</i>	95
<i>Figure 10: valeur HDP sous le scénario stressé UP</i>	96
<i>Figure 11: valeur du HDP sous le scénario stressé DOWN</i>	97
<i>Figure 12: Delta-NAV-par-catégorie-de-risque</i>	97
<i>Figure 13: SCR marché</i>	98
<i>Figure 14: 1er indicateur de stress</i>	98
<i>Figure 15: pourcentage SCRi par rapport au surplus initial</i>	99
<i>Figure 16: montant SCRi</i>	99

Liste des tableaux

<i>Table 1: informations relatives à chaque risque</i>	38
<i>Table 2: Source : IOPS survey, supervisory authorities responses</i>	45
<i>Table 3: Source : CMSD (Israeli Supervisory authority)</i>	47
<i>Table 4: matrice de corrélation des différents risques</i>	59
<i>Table 5: Tableau : Choc associé au risque de marché : cas d'un choc haussier</i>	63
<i>Table 6: pénalité et seuil limite selon la note de contrepartie</i>	66
<i>Table 7: chocs pour les obligations publics</i>	68
<i>Table 8: max et min duration pour chaque classe</i>	68
<i>Table 9: chocs pour les obligations privés</i>	69
<i>Table 10: max et min duration pour les obligations privés pour chaque classe</i>	69
<i>Table 11: Le TMP pour les différentes maturités</i>	75
<i>Table 12: Le taux zéro coupon construit</i>	76
<i>Table 13: scénario de stress proposés par les régulateurs</i>	77
<i>Table 14: les statistiques de base pour la série Masi et f1</i>	78
<i>Table 15: scénario de stress retenu</i>	92
<i>Table 16: nombre obligations et pondération par maturité</i>	95

Liste des abréviations

Abréviation	Désignation
CMR	Caisse Marocaine des Retraites
EIOPA	European Insurance and Occupational Pensions Authority
IOPS	International Organisation of Pension Supervisors
SCR	Solvency Capital Requirement
MASI	Moroccan All Shares Index
ZC	Zéro-Coupons
RPC	Régime des pensions civiles
BAM	Bank Al-Maghrib

Introduction

Après la crise financière mondiale de 2008 qui avait des conséquences désastreuses sur les pays, des stress tests ont été introduits par les autorités de contrôle comme instruments de supervision pour les compagnies d'assurance, les banques et les fonds de pension.

L'une des manières de tester la robustesse d'un fond de pension est de le soumettre à un stress test qui combine des chocs sur le marché financier, la mortalité, la liquidité, etc.

Pour ce projet, nous allons nous limiter à se limiter au cas d'un stress test qui prend en considération le risque de marché uniquement. Pour ce faire, nous proposons le plan suivant :

Dans une première partie, nous allons présenter l'univers d'investissement de la CMR, puis nous exposons les différents risques inhérents à l'activité de gestion de portefeuille des fonds de réserve gérés par la CMR. Ensuite, nous abordons la méthodologie de la gestion des risques pour les entreprises « ERM », en tant que composante importante dans la stratégie d'investissement globale d'une entreprise.

La deuxième partie de notre rapport est consacrée à la présentation des expériences en matière de stress test au niveau international, surtout pour les Pays-Bas et le Danemark qui demeurent deux références incontournables pour les fonds de pension. Ce volet sera complété par la réforme de solvabilité II en tant qu'une approche orientée pour la gestion des risques pour les établissements financiers et les compagnies d'assurances.

Les conclusions de la deuxième partie nous permettraient de proposer la méthodologie, nous proposerons pour aborder la problématique des stress tests pour un Fonds de réserve d'une caisse de retraite. A ce propos, nous décrirons en détail l'approche adoptée pour l'application du stress test, présenterons les scénarios du stress test à travers la théorie des valeurs extrêmes, puis nous passerons à l'évaluation pratique de l'impact des chocs extrêmes sur le Fonds de réserve. Pour ce dernier aspect, nous procéderons tout d'abord à la détermination du portefeuille d'immunisation, puis au calcul de la Solvency Capital Requirement (SCR) pour les différents risques ainsi que le calcul des différents indicateurs tels que le surplus et l'impact sur la performance relative par rapport au Benchmark.

1^{ère} Partie : Partie préliminaire

Chapitre I : Le marché financier Marocain

La Caisse Marocaine des Retraites (CMR) a été créée par le Dahir du 2 Mars 1930 pour gérer le régime de retraite établi en faveur des fonctionnaires civils du protectorat. En 1996, la CMR a acquis son autonomie juridique, administrative et financière et devint un établissement public qui est soumis au contrôle financier de l'Etat.

La caisse Marocaine des retraites remplit deux fonctions essentielles : une sociale et l'autre financière.

A travers sa mission sociale, la CMR gère les régimes de pensions suivants, répartis en deux modes de fonctionnement :

- **Par répartition** où les cotisations basées sur les revenus professionnels de travailleurs en activité servent au paiement des pensions des retraités au même moment. Nous y retrouvons :

- Le régime des pensions civiles (fonctionnaires de l'Etat, agents des collectivités locales et de certains établissements publics).
- Le régime des pensions militaires (Forces Armées Royales et Forces Auxiliaires).

-**Par capitalisation** où chaque actif finance sa propre retraite. Ce mode concerne pour le moment:

- Le régime de retraite complémentaire ATTAKMILI.

Étant donné l'importance des actifs financiers qu'elle gère, la Caisse Marocaine des Retraites est un acteur de référence des marchés financiers marocains. Avec un total d'actifs sous gestion qui dépassent en valeur marché les 95 milliards de dirhams, la CMR se positionne en tant que deuxième investisseur institutionnel à l'échelle nationale et aspire par conséquent, dans le cadre de la maîtrise des risques financiers qu'elle encourt, compléter son dispositif de suivi des risques grâce à la mise en place d'une approche permettant d'évaluer l'impact, sur les portefeuilles qu'elle gère, de la survenance des chocs extrêmes des marchés financiers.

Dans ce contexte, il y a lieu de rappeler que les placements venants en représentation des Fonds de réserves gérés par la CMR sont orientés, essentiellement, vers le marché obligataire (publique et privé). Une part non négligeable, qui pourrait représenter jusqu'à 30% du total du portefeuille olier pourrait représenter jusqu'à 5% des placements du Fonds. Dans ce qui suit,

nous présenterons chaque classe d'actifs en essayant de mettre en lumière ses principales caractéristiques.

I. Le marché obligataire :

I.1. La particularité du marché obligataire :

Le marché obligataire est un marché de crédit où les Etats, les grandes sociétés et les investisseurs institutionnels interviennent pour prêter ou emprunter des sommes d'argent importantes. Ces prêts se caractérisent par une rentabilité quasi-certaine dans un environnement de taux favorable et quand il s'agit des prêts émis par les Etat ou jouissant de leur garantie.

Par ailleurs, les agences de notation attribuent des notes aux entreprises et aux entités qui interviennent dans ce marché. Ces notations visant à appréhender la solvabilité des produits obligataires en circulation.

Au Maroc, le marché obligataire est réglementé sous la tutelle du MEF (Ministère de l'Economie et des Finances), le Trésor et l'AMMC. Par ailleurs, le marché obligataire est segmenté en marché des bons de Trésor émis par adjudication et un marché des TCN (titres de créances négociables) privés dans lequel sont échangés des certificats de dépôts, des bons des sociétés de financement (BSF) et des billets de trésorerie. Il convient de noter, qu'au Maroc la technique d'adjudication utilisée est celle qualifiée « à la Hollandaise » où l'émetteur sert les soumissionnaires qui ont proposé les prix les plus élevés puis il descend dans l'échelle de prix jusqu'à ce que le montant qu'il souhaite obtenir soit atteint.

Les obligations sont généralement considérées comme un investissement plus sûr que les actions dans la mesure où le coupon est connu à l'avance.. Le risque lié aux obligations existe et dépend essentiellement des taux d'intérêt, des caractéristiques du titre ainsi que de la qualité de l'émetteur. On détaillera plus ces risques dans le chapitre prochain.

Au Maroc, il existe plusieurs indices de référence obligataires qui permettent d'apprécier la rentabilité et le risque encouru sur la marché obligataire. Les plus importants sont :

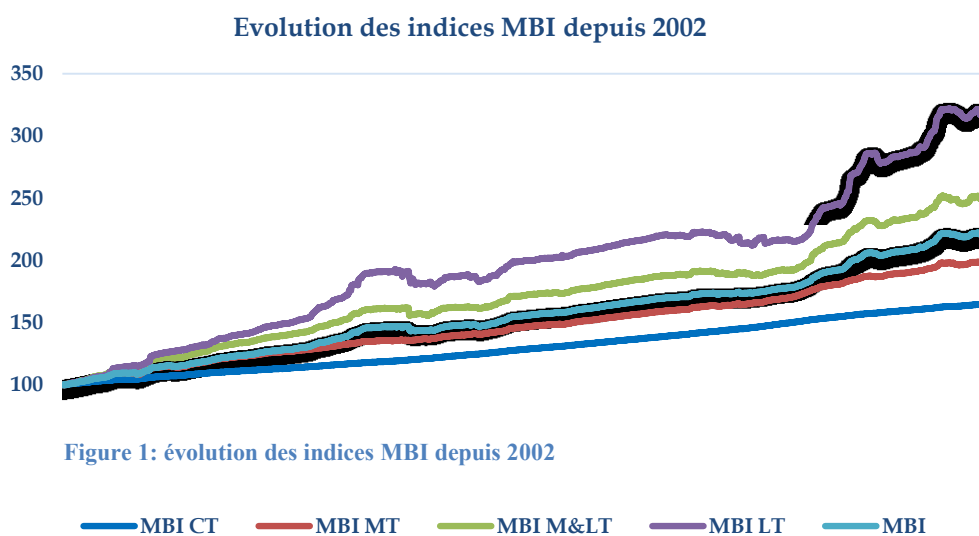
- Le CFG (Casablanca Finance Group) Bonds : Premier indice obligataire lancé en 1993 par Casablanca Finance Group, dans le but de mesurer la performance globale quotidienne du marché obligataire et en informer le grand public. Le CFG Bonds est constitué d'un panier d'obligations souveraines (Bons de Trésor), qui ont des maturités initiales comprises entre 1 et 15 ans.

- Le MBI (Moroccan Bond Index) : C'est un indice lancé par la BMCE Capital et CDMG (Crédit Du Maroc Gestion) qui représente au moins 75% de l'intégralité du marché des Bons de Trésor à taux fixe et est composé de quatre strates ou sous indices (court terme, moyen terme, moyen long terme, long terme) et se calcule à partir de la moyenne de ces derniers.

- Le MGBX (Moroccan Government Bond Index) : C'est un indice obligataire conçu par CDG Capital (Caisse de Dépôt et de Gestion) composé de cinq strates qui permet de mesurer la performance des Bons de Trésor.

I.2. Analyse du marché obligataire Marocain :

L'analyse du comportement du marché obligataire est appréhendée en examinant l'évolution, depuis l'année 2002, de l'indice MBI ainsi que des sous indices qui le composent.



Sur cette période d'analyse, la performance du marché obligataire, mesurée par celle de l'indice MBI, a été en moyenne de l'ordre de 6,93% par an. Cette performance soutenue est intervenue dans un contexte marqué par une forte détente des taux d'intérêt, amorcée depuis la fin des années 90, et favorisée par plusieurs facteurs, dont notamment : (i) l'amélioration du contexte macroéconomique global du Maroc et (ii) l'amorçage de plusieurs réformes en direction des marchés des capitaux et des secteurs des retraites et des assurances.

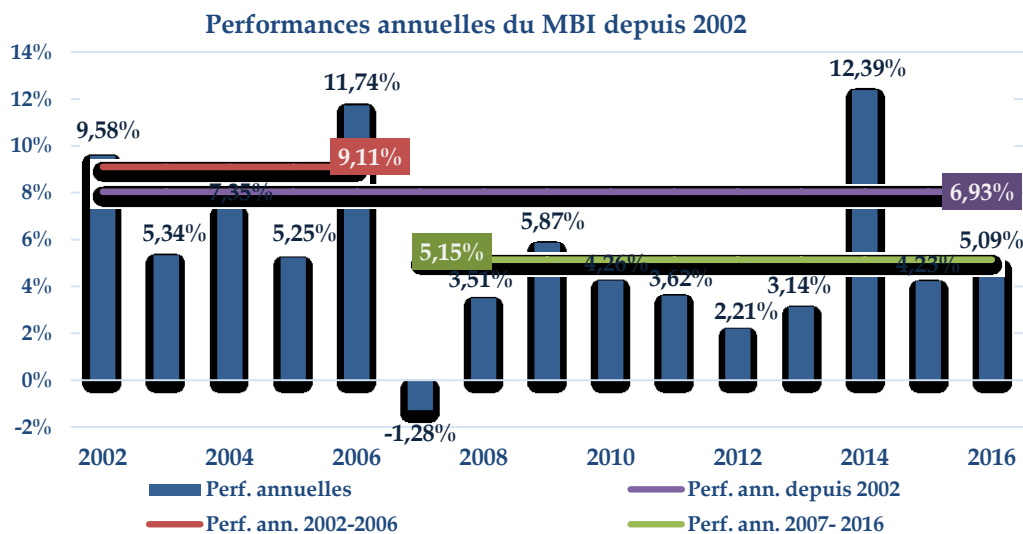


Figure 2: performances annuelles du MBI depuis 2002

Dans cette évolution du marché, nous pouvons distinguer deux cycles :

1° **la période allant de 2002 à 2006** : cette phase est marquée par une tendance baissière des taux, engendrant ainsi une forte appréciation des performances des actifs obligataires. Ainsi, le MBI global réalise une performance annuelle moyenne de l'ordre de 9,11% avec une prise de risque contenue à 1,27%. Dépendamment de la maturité des actifs obligataires, les performances réalisées ont varié de 3,58% pour le segment court terme jusqu'à 17,84% pour le segment long terme. L'écart de la volatilité entre ces deux segments est ressorti à 246 points

2° **la période allant de 2007 à 2016** : au cours de cette phase, les taux d'intérêts ont évolué dans un contexte bas des taux d'intérêt mais couplé à une forte volatilité sur la période. En atteste l'irrégularité des performances annuelles réalisées sur la période et le niveau relativement élevé du risque marché qui a atteint les 1,35% sur la période. Les rendements réalisés sur cette décennie se sont limités à 5,15% pour l'indice global MBI avec un minimum de 3,94% pour le segment court et 6,75% pour les maturités longues.

Indices MBI	MBI	MBI CT	MBI MT	MBI M<	MBI LT
2002-2016					
Perf. Ann.	8,05%	4,30%	6,54%	9,93%	14,48%
Vol. Ann.	1,35%	0,22%	1,01%	2,18%	3,18%
2002-2006					
Perf. Ann.	9,11%	3,58%	6,98%	12,06%	17,84%
Vol. Ann.	1,27%	0,30%	1,33%	2,05%	2,76%
2007-2016					
Perf. Ann.	5,15%	3,94%	4,67%	5,51%	6,75%
Vol. Ann.	1,35%	0,16%	0,78%	2,21%	3,32%

Figure 3: tableau récapitulatif de la performance des indices MBI

II. Le marché boursier :

Le marché boursier est l'un des secteurs dynamiques des marchés financiers. Il offre aux entreprises un accès aux capitaux et aux investisseurs, appelé actionnaires, des gains potentiels (dividende ou plus-value) en fonction des performances de la société.

Les actions sont des supports d'investissements utilisés pour des stratégies de placement visant le long terme. Dans le marché boursier, le prix des actions varie entre la hausse et la baisse chaque jour. L'investisseur espère qu'au fil des ans que l'action devienne plus chère pour réaliser une plus-value.

II.1. Les intervenants du marché boursier :

a) La bourse des valeurs de Casablanca :

La Bourse des valeurs de Casablanca est une société anonyme en charge de l'organisation et de la gestion du marché boursier. Elle est placée sous la tutelle du Ministère de l'Economie et des Finances et ses parts sont détenues à parts égales par les sociétés de bourse et quelques établissements financiers.

Sa mission s'articule autour des points suivants :

- prononcer l'introduction des valeurs mobilières à la cote de la Bourse des valeurs et leur radiation ;
- Organiser les séances de cotation à travers un système électronique ;

- veiller à la conformité des opérations effectuées par les Sociétés de Bourse ;
- porter à la connaissance de l'AMMC (ex CDVM) toute infraction qu'elle aura relevée dans l'exercice de sa mission.

b) AMMC (ex CDVM) :

L'Autorité Marocaine du Marché des Capitaux (AMMC) est un établissement public doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière.

En tant qu'autorité de régulation du marché des capitaux, l'AMMC a pour mission de :

- S'assurer de la protection de l'épargne investie en instruments financiers.
 - Veiller à l'égalité de traitement des épargnants, à la transparence et à l'intégrité du marché des capitaux et à l'information des investisseurs.
 - S'assurer du bon fonctionnement du marché des capitaux et veiller à l'application des dispositions législatives et réglementaires.
 - Assurer le contrôle de l'activité des différents organismes et personnes soumis à son contrôle.
 - Assurer le respect de la législation et de la réglementation en vigueur relatives à la lutte contre le blanchiment des capitaux, par les personnes et les organismes placés sous son contrôle.
 - Contribuer à la promotion de l'éducation financière des épargnants.
- Assister le gouvernement en matière de réglementation du marché des capitaux.

c) MAROCLEAR :

MAROCLEAR est l'unique dépositaire central des titres au Maroc. Il a été créé sous forme de Société Anonyme dont le Capital est détenu par les usagers de ses services, en vertu des dispositions du Dahir n° 1-96-246 du 9 janvier 1997, portant promulgation de la loi n°35-96 relative notamment, à la création d'un dépositaire central.

MAROCLEAR assure pour le compte de ses affiliés la conservation des titres, leur circulation ainsi que leur administration. Tant pour les négociations de bourse que pour les transactions de gré à gré, MAROCLEAR est impliqué d'un bout à l'autre dans la phase post-négociation. Les dispositifs mis en place par MAROCLEAR permettent d'apparier et de dénouer, selon le principe du règlement contre livraison, toute transaction sur les valeurs admises à ses opérations. Concrètement, cela se traduit d'une part par des flux titres imputés directement sur les

comptes que MAROCLEAR conserve et d'autre part par des flux espèces correspondants, instruits concomitamment auprès de Bank Al-Maghrib (Banque Centrale).

MAROCLEAR est soumis au contrôle du Ministère des Finances, d'un Commissaire du Gouvernement, ainsi qu'au contrôle du Conseil Déontologique des Valeurs Mobilières.

Les principales missions de MAROCLEAR sont :

- Assurer la conservation des valeurs mobilières admises à ses opérations, faciliter leur circulation et en simplifier l'administration pour le compte de ses affiliés.
- Administrer les comptes courants de valeurs mobilières, ouverts au nom de ses affiliés
- Opérer tout virement entre les comptes courants sur instruction de ses affiliés
- Mettre en œuvre toute procédure en vue de faciliter à ses affiliés l'exercice des droits attachés aux titres et l'encaissement des produits qu'ils génèrent
- Assurer la codification des valeurs admises à ses opérations

d) Bank Al-Maghrib :

La banque centrale du Royaume du Maroc, dénommée « Bank Al-Maghrib », est un établissement public doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière. Elle a été créée en 1959 en substitution à l'ancienne « Banque d'Etat du Maroc ».

Missions fondamentales de la Banque :

- Exercer le privilège de l'émission des billets de banque et des pièces de monnaie ayant cours légal sur le territoire du Royaume.
- Mettre en œuvre les instruments de la politique monétaire pour assurer la stabilité des prix.
- Veiller à la stabilité de la monnaie et à sa convertibilité.
- Veiller au bon fonctionnement du marché monétaire et à assurer son contrôle.
- Établir et publier les statistiques sur la monnaie et le crédit.
- Gérer les réserves publiques de change.
- S'assurer du bon fonctionnement du système bancaire et veiller à l'application des dispositions législatives et réglementaires relatives à l'exercice et au contrôle de l'activité des établissements de crédit et organismes assimilés.
- Veiller à la surveillance et à la sécurité des systèmes et moyens de paiement et à la pertinence des normes qui leur sont applicables.

Autres missions de la Banque :

- Assurer le rôle d'agent financier du Trésor.
- Conseiller le Gouvernement dans le domaine financier.
- Représenter le Gouvernement auprès des institutions financières et monétaires internationales créées en vue de promouvoir la coopération dans les domaines monétaire et financier.
- Participer à la négociation des accords financiers internationaux et à leur exécution.

e) Les banques :

La première pierre d'achoppement réside dans la possibilité qu'un échange ait effectivement lieu entre les agents à capacité d'épargne et les agents à besoin de financement. En effet, les agents à capacité d'épargne présentent une profonde aversion au risque et n'investissent en bourse que le superflu dont ils n'ont pas besoin aujourd'hui et ils n'auront pas besoin demain.

Dès lors, l'essentiel de l'épargne dégagée par les ménages se trouve en dépôt sur des comptes à vue ou des comptes d'épargne où l'argent est immédiatement disponible.

C'est ici qu'intervient le rôle des banques, qui ont la faculté de transformer les ressources issues de la collecte à court terme des dépôts à vue de leurs clients en emploi à moyen ou long terme que sont les crédits.

Les banques jouent alors un rôle primordial dans le financement de l'économie. Ce pouvoir d'octroyer des crédits vient alimenter les comptes dépôts à vue qui eux même permettent d'octroyer de nouveaux crédits.

Le pouvoir de la création monétaire par le "multiplicateur du crédit" est encadré par les banques centrales dont la mission est le contrôle des banques, qui se doivent d'ajuster le montant des réserves obligatoires afin de réguler la quantité de monnaie en circulation.

f) Les sociétés de bourse :

Les sociétés de bourse sont les seules habilitées à exercer directement le métier d'intermédiation et de négociation en bourse. Les sociétés de bourse bénéficient d'un monopole de négociation des valeurs mobilières inscrites à la bourse des valeurs. La création d'une société de bourse est soumise à autorisation du Ministère des Finances. Les sociétés de bourse ont pour rôle :

- d'exécuter les opérations de bourse.
- de placer les titres émis par des personnes morales faisant appel public à l'épargne.
- d'assurer la garde des titres ;
- d'entreprendre le démarchage de la clientèle (pour l'acquisition des valeurs mobilières).

Les transactions effectuées par l'entremise des sociétés de bourse donnent lieu au paiement de commissions par le vendeur et l'acheteur au profit de la société gestionnaire.

g) Les investisseurs institutionnels :

Les principaux investisseurs sur les marchés de capitaux aujourd'hui sont ceux qu'on qualifie d'investisseurs institutionnels, à savoir les compagnies d'assurance, les gérants de fonds (asset managers) et les caisses de retraite. Elles drainent de l'épargne publique, mais cette épargne est immobilisée et n'est pas exigible immédiatement comme les sommes en dépôt sur les comptes à vue. Par ailleurs, ces investisseurs ont généralement une obligation réglementaire ou contractuelle ou statutaire de faire fructifier cette épargne afin de pouvoir verser dans le cas des compagnies d'assurance les indemnités à leurs souscripteurs dans le cas des fonds de pension les retraites à leurs affiliés.

II.2. Analyse du comportement du marché boursier :

Pour le marché boursier marocain, il existe plusieurs indices qui permettent d'évaluer l'état du marché grâce à un échantillon représentatif. Nous retrouvons essentiellement :

-Le MASI (Moroccan All Shares Index) : C'est un indice de capitalisation retraçant l'évolution globale du marché et prenant en considération toutes les valeurs cotées à la Bourse de Casablanca, qui sont au nombre de 77 (Fin 2014).

- Le MADEX (Most Active Shares Index) : C'est un indice compact qui constitue seulement une partie du MASI. Il regroupe les valeurs les plus liquides du marché (cotées en continu), qui sont au nombre de 54 (Fin 2014).

-CFG 25 : est un indice boursier de la bourse de Casablanca. L'indice consiste en 25 titres listés à la bourse de Casablanca, représentant près de 80 % de la capitalisation boursière totale de la bourse.

L'analyse du comportement du marché boursier a été faite à travers l'examen de l'évolution de l'indice général de la Bourse de Casablanca (MASI) depuis 1993 jusqu'à fin 2016. Sur cette période, le marché a réalisé une performance annuelle moyenne de 37,1%, ce qui reste un niveau extrêmement élevé en le comparant par rapport aux grandeurs observées sur des places financières matures.

Ce décalage notable de la rentabilité est expliqué, en grande partie, aux réalisations exceptionnelles de l'année 2006 (+71%), ce qui nous a ramené à retraiter cette période d'analyse de cette année exceptionnelle.

Ce faisant, la rentabilité moyenne du marché boursier ressort à 20,3% pour un niveau de risque de l'ordre de 11,65%. Sur les deux cycles 1993-2002 et 2003-2016, les performances annuelles ressortent en moyenne respectivement à 15,9% et 10,3%.

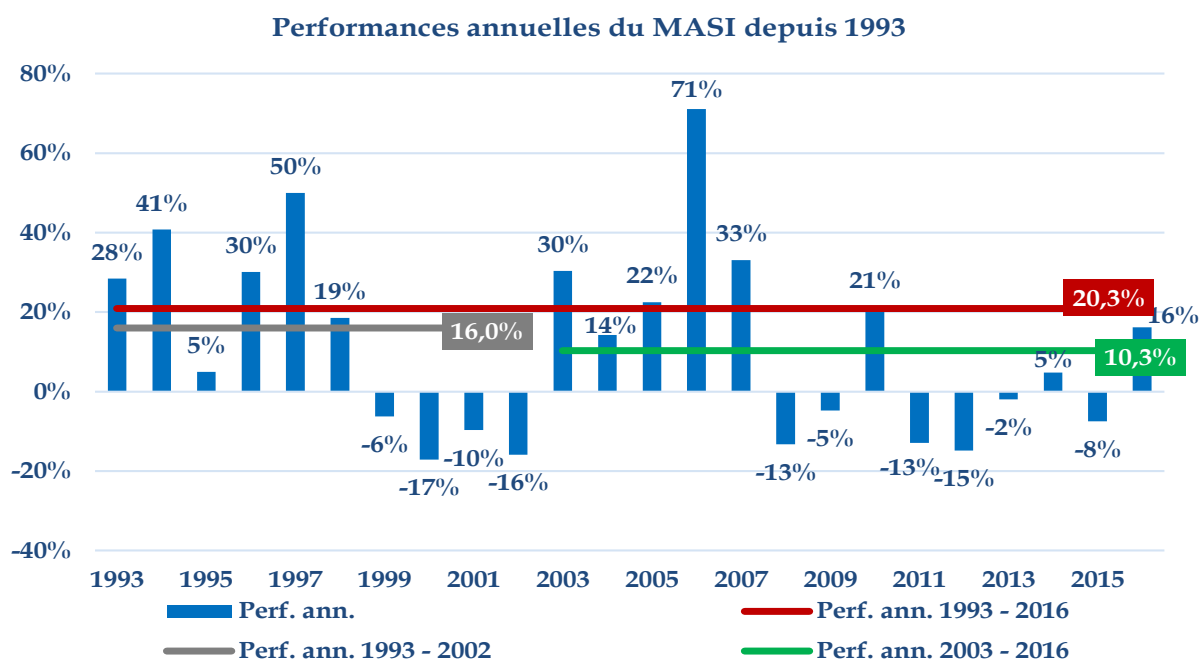


Figure 4: Performance annuelles du MASI depuis 1993

Avec retraitement de 2006			
	MASI	MADEX	CFG 25
1993 - 2016			
Perf. Ann.	22,29%	19,33%	19,03%
Vol. Ann.	11,65%	12,82%	11,82%
1993 - 2002			
Perf. Ann.	15,97%	14,69%	14,64%
Vol. Ann.	10,81%	12,71%	11,34%
2003 - 2016			
Perf. Ann.	10,31%	9,17%	9,00%
Vol. Ann.	12,21%	12,89%	12,15%

Figure 5: Tableau récapitulatif des indices boursiers

III. Autres actifs financiers :

III.1. Les OPCVM :

Les OPCVM sont créés pour les raisons suivantes :

- assurer une répartition des risques inhérents aux valeurs mobilières pour une meilleure gestion des portefeuilles, surtout ceux des particuliers qui n'ont pas suffisamment de connaissances sur les différents marchés financiers

- décharger les épargnants des soucis liés à la complexité du suivi des valeurs mobilières
- offrir des produits permettant de bénéficier d'avantages fiscaux

Les O.P.C.V.M sont composés en :

- Sociétés d'Investissement à Capital Variable (S.I.C.A.V)
- Fonds Communs de Placement (F.C.P)

Les OPCVM se répartissent en quatre types :

- les OPCVM actions.
- les OPCVM obligations.
- les OPCVM diversifiés.
- les OPCVM monétaires.

III.2. L'immobilier :

L'immobilier est aussi un produit pris en compte dans la gestion d'actifs. Il reste quand même une classe d'actifs différente des classes d'actifs traditionnelles (actions, obligations) dans le sens qu'il est éminemment attaché à l'économie réelle. L'investissement immobilier permet de profiter d'un revenu sous forme de loyer. En effet, il consiste en l'achat de logements ou de bâtiments en vue d'augmenter les profits grâce aux loyers ou aux plus-values réalisées lors des reventes.

III.3. Les fonds monétaires :

Les fonds monétaires procurent aux investisseurs un revenu régulier et sont générés de manière à conserver une valeur stable.

En effet, ils sont considérés comme des investissements prudents. Ils offrent une performance certes minimale, mais restent très liquides et protègent le capital. C'est sans doute les placements les plus sécurisés et les moins risqués vue la disponibilité immédiate des liquidités en cas de besoin.

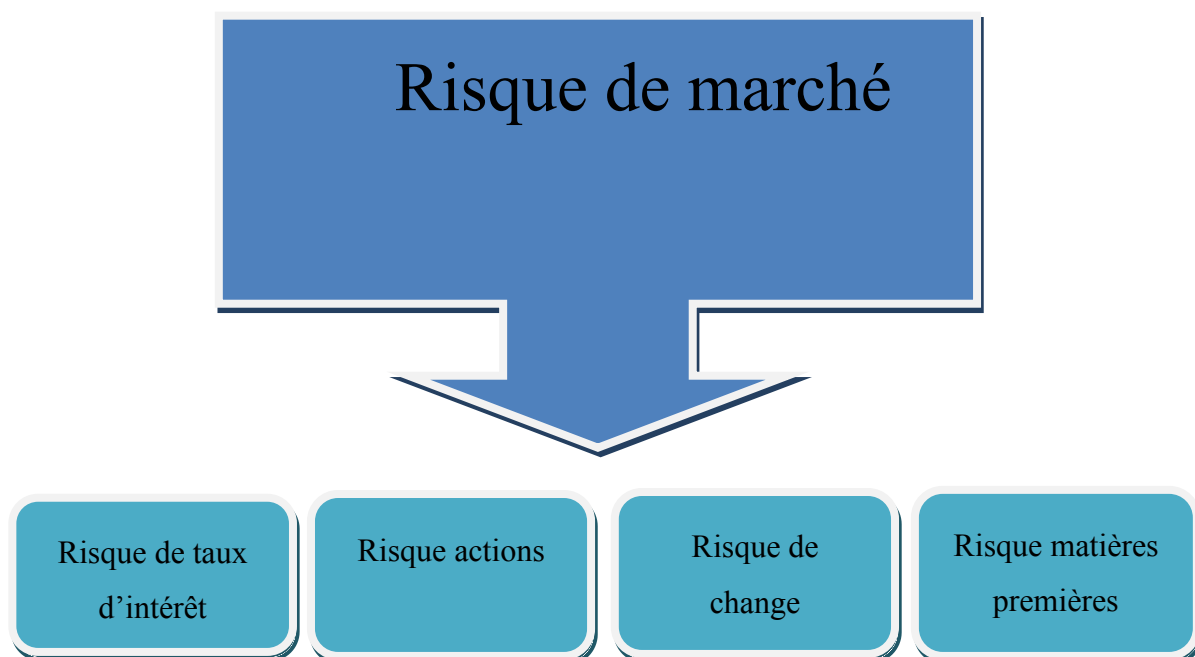
Chapitre 2 : Typologie des risques

I. Le risque de marché :

Le risque de marché est la possibilité pour un investisseur d'avoir des pertes en raison de facteurs qui affectent la performance globale des marchés financiers dans lesquels il est impliqué. Le risque de marché, également appelé « risque systématique », ne peut pas être éliminé par diversification, bien que l'on puisse être protégé contre. Les sources de risque de marché comprennent les récessions, les turbulences politiques, les changements de taux d'intérêt, les catastrophes naturelles et les attaques terroristes.

Les deux principales catégories de risque d'investissement sont le risque de marché et le risque spécifique. Le risque spécifique, également appelé « risque non systématique », est lié directement à la performance d'un titre particulier et peut être protégé contre la diversification des investissements. Un exemple de risque non systématique est une société déclarant faillite, rendant son stock sans valeur pour les investisseurs.

Dans ces catégories, différentes classifications impliquent des aspects uniques des marchés financiers. Les types de risques de marché les plus courants comprennent le risque de taux d'intérêt, le risque actions, le risque de change et le risque des matières premières.



Le risque de taux d'intérêt couvre la volatilité qui se produit avec l'évolution des taux d'intérêt en raison de facteurs fondamentaux tels que les politiques monétaires. Le risque actions est le risque associé à l'évolution des cours des actions. Un investisseur est exposé au risque de change s'il détient des monnaies particulières confrontées à des mouvements volatils, en raison de facteurs fondamentaux tels que les variations de taux d'intérêt ou les demandes de chômage. Le risque des matières premières couvre l'évolution des prix des produits tels que le pétrole brut et le maïs.

En effet, le risque de marché existe en raison des variations de prix. L'écart-type des variations des prix des actions, des devises ou des produits de base est appelé volatilité des prix. La volatilité est évaluée en termes annualisés. Elle peut être exprimée en un nombre absolu, tel que 10 DHS, ou un pourcentage de la valeur initiale, comme 10%. Par ailleurs, pour mesurer le risque de marché, les investisseurs et les analystes utilisent la VaR. La méthode de la valeur à risque est une méthode de gestion des risques bien connue et établie, mais elle comporte certaines hypothèses qui limitent son exactitude

Il s'agit du risque de défaut défini comme étant le risque que le capital et/ou les intérêts ne soient que partiellement ou pas du tout remboursés. C'est également le risque de diminution de la valeur de marché de la créance du fait d'une augmentation du spread de signature liée principalement à l'accroissement de la probabilité d'une défaillance ultérieure du débiteur. En

effet ce risque de signature (de spread) traduit une majoration du taux de rentabilité actuariel exigé par les investisseurs, ce dernier pouvant se décomposer en un taux sans risque et un spread de signature.

Taux de rentabilité actuariel= taux de marché sans risque + spread de signature

Un accroissement du spread de signature, à taux de marché (sans risque) donné, implique une baisse de la valeur de marché de la créance. Le spread de signature qui dépend essentiellement du risque de défaut de l'emprunteur, est d'autant plus élevé que le rating de l'émetteur est bas ; pour un même émetteur on observe qu'il est d'autant plus grand que la durée de vie du titre est élevée. Enfin, il augmente dans les périodes de crise et diminue quand la conjoncture est favorable.

On rappelle que les principales entreprises de notation (Standard and Poor's, Moody's, Fitch...) notent les émetteurs en suivant une échelle qui leur est propre. Grosso Modo, le risque de crédit englobe le risque de défaut et le risque de signature (de spread) ; le spread de signature croît avec la probabilité de défaut qu'elle est appréciée par le marché et cette dernière augmente quand la notation de l'émetteur se détériore.

II. Le risque de liquidité :

Le risque de liquidité est l'un des principaux risques auxquels sont confrontées les institutions financières (banques, compagnies d'assurance et fonds de pension) et l'une des principales causes de la crise financière de 2008. D'ailleurs, c'est un risque complexe et ne peut pas être quantifié facilement. Il se définit comme le risque de ne pas pouvoir faire face à un moment donné à ses flux de trésorerie sortants ou à ses besoins de collatéral à un coût raisonnable. Lorsqu'un établissement ne dispose pas d'une liquidité adéquate, il ne peut obtenir des fonds suffisants à un coût raisonnable, qu'en augmentant son passif ou bien en convertissant rapidement des actifs, ce qui affecte sa rentabilité. Dans des proportions plus importantes, ce risque peut, s'il se produit, aboutir à la faillite et l'insolvabilité de l'établissement.

Pour les Fonds de pension, une promesse de retraite ne présente généralement des risques de liquidité qu'au moment de la retraite. Par conséquent, le risque de liquidité dépend du délai de mesure de ce risque. Le risque global de liquidité pour un Fonds de pension peut être mesuré en modélisant les besoins de trésorerie des passifs des caisses de retraite et des flux de trésorerie des actifs. Un autre élément peut être introduit dans la mesure du risque de liquidité : les flux de trésorerie. La fréquence des flux de trésorerie augmente le risque de liquidité pour les passifs. Par conséquent, il devrait diminuer le risque de liquidité des actifs. Cela reste vrai pour tout

cash-flow, par exemple, les dividendes pour les actions, les coupons pour les titres à revenu fixe, le bénéfice net d'exploitation de l'immobilier.

Les gestionnaires d'entités financières doivent surveiller en permanence le risque de liquidité en tout temps pour s'assurer que les besoins de trésorerie sont satisfaits. Pour les Fonds de pension, le risque de liquidité varie selon la nature du régime (DB, DC, hybride). Cette variation provient principalement du passif du bilan.

III. Le risque de crédit ou de contrepartie :

Il s'agit du risque de défaut défini comme étant le risque que le capital et/ou les intérêts ne soient que partiellement ou pas du tout remboursés. C'est également le risque de diminution de la valeur de marché de la créance du fait d'une augmentation du spread de signature liée principalement à l'accroissement de la probabilité d'une défaillance ultérieure du débiteur. En effet ce risque de signature (de spread) traduit une majoration du taux de rentabilité actuariel exigé par les investisseurs, ce dernier pouvant se décomposer en un taux sans risque et un spread de signature.

Taux de rentabilité actuariel = taux de marché sans risque + spread de signature

Un accroissement du spread de signature, à taux de marché (sans risque) donné, implique une baisse de la valeur de marché de la créance. Le spread de signature qui dépend essentiellement du risque de défaut de l'emprunteur, est d'autant plus élevé que le rating de l'émetteur est bas ; pour un même émetteur on observe qu'il est d'autant plus grand que la durée de vie du titre est élevée. Enfin, il augmente dans les périodes de crise et diminue quand la conjoncture est favorable.

On rappelle que les principales entreprises de notation (Standard and Poor's, Moody's, Fitch...) notent les émetteurs en suivant une échelle qui leur est propre. Grosso Modo, le risque de crédit englobe le risque de défaut et le risque de signature (de spread) ; le spread de signature croît avec la probabilité de défaut qu'elle est appréciée par le marché et cette dernière augmente quand la notation de l'émetteur se détériore.

IV. Le risque opérationnel :

Les risques opérationnels correspondent au risque de perte découlant d'une inadéquation ou d'une défaillance des processus, du personnel et des systèmes d'information ou d'événements extérieurs.

Le Comité de Bâle a retenu une classification qui institue sept catégories d'évènements liés à ce risque :

Fraude interne : par exemple, informations inexactes sur les positions, falsifications, vol commis par un employé et délit d'initié d'un employé opérant pour son propre compte.

Fraude externe : par exemple, braquage, faux en écriture et dommages dus au piratage informatique.

Pratiques en matière d'emploi et sécurité sur le lieu de travail : par exemple, demandes d'indemnisation de travailleurs, violation des règles de santé et de sécurité des employés, activités syndicales, plaintes pour discrimination et responsabilité civile en général.

Clients, produits et pratiques commerciales : par exemple, violation de l'obligation fiduciaire, utilisation frauduleuse d'informations confidentielles sur la clientèle, opérations boursières malhonnêtes pour le compte de la banque, blanchiment d'argent et vente de produits non autorisés.

Domages aux actifs corporels : par exemple, actes de terrorisme, vandalisme, séismes, incendies et inondations.

Dysfonctionnement de l'activité et des systèmes : par exemple, pannes de matériel et de logiciel informatiques, problèmes de télécommunications et pannes d'électricité.

Exécution, livraison et gestion des processus : par exemple, erreur d'enregistrement des données, défaillances dans la gestion des sûretés, lacunes dans la documentation juridique, erreur d'accès aux comptes de la clientèle et défaillances des fournisseurs ou conflits avec eux.

Chapitre 3 : Etat de l'art de la gestion des risques

Les entreprises sont exposées à des risques stratégiques, opérationnels, financiers et autres, qui, s'ils ne sont pas gérés de façon efficace, sont susceptibles de nuire à leur capacité d'atteindre leurs objectifs. Dans une récente étude menée auprès des directeurs financiers, la moitié des répondants ont indiqué que leur entreprise n'était pas préparée aux risques auxquels elle doit faire face alors que seulement cinquante pour cent d'entre eux ont dit avoir géré les risques de façon méthodique

La gestion des risques d'entreprise (GRE) est une approche structurée de processus différents, mais cohérents, dans les activités d'identification, d'évaluation, de planification, d'organisation, de direction, de contrôle et d'action, telles que la mesure, le suivi et l'atténuation des risques, au sein d'une organisation afin de minimiser les effets d'événements potentiels susceptibles d'affecter l'organisation.

Bennet (2004) définit la GRE comme étant un processus par lequel les organisations évaluent, contrôlent, exploitent, financent et surveillent les risques de toutes les sources dans le but d'accroître la valeur de l'entreprise à court et long terme. Elle combine toute une gamme de risques financiers et cherche à optimiser la manière dont il prend ses risques. Par ailleurs, Wang (2004) explique que la GRE ne va pas remplacer les spécialisations existantes telles que la modélisation des risques d'actifs, la modélisation du risque de crédit, etc. Au lieu de cela, GRE est une nouvelle spécialisation qui coordonne les activités de prise de risque de diverses unités commerciales, rapproche des perspectives diverses et harmonise les différents intérêts économiques et les incitations pour le bénéfice ultime de l'entreprise.

La GRE se caractérise par le fait qu'elle a une vision holistique de l'entreprise. En effet, c'est l'environnement de risque de l'ensemble de l'entreprise qui fait l'objet de la GRE. Cela signifie que les personnes impliquées et la manière dont elles agissent revêtent une importance majeure dans la GRE.

I. La définition de la GRE selon COSO :

En 2004, COSO a publié des directives sur la mise en œuvre d'un cadre GRE cohérent. En effet, COSO définit la GRE comme étant un processus mis en œuvre par le conseil d'administration, la direction et le personnel d'une entité, appliqué lors de l'établissement des stratégies et à l'échelle de l'entreprise, conçu pour identifier les événements potentiels susceptibles d'affecter l'entité, et à gérer le risque pour qu'il demeure dans les limites de sa propension au risque en vue de fournir une assurance raisonnable quant à la réalisation des objectifs de l'entité.

Les huit composantes interdépendantes de la GRE sont une partie intégrante du processus de gestion et sont dérivées de la gestion de l'entreprise. Étant donné que la GRE est un processus multidirectionnel et itératif, tout composant peut influencer tout autre composant. Les composantes sont :

- Environnement interne : l'environnement interne d'une organisation permet de définir la façon dont le risque est perçu et abordé par les personnes d'une entité, y compris la philosophie GR et la propension/aversion au risque, l'intégrité et les valeurs éthiques et l'environnement dans lequel elles opèrent.

- Cadre objectif : les objectifs doivent exister avant que la direction puisse identifier les événements potentiels susceptibles d'affecter leur réussite. La GRE s'assure que la direction a mis en place un processus pour fixer des objectifs et que les objectifs choisis soutiennent et s'harmonisent avec la mission de l'entité et sont compatibles avec sa propension au risque.

- Identification de l'événement : les événements internes et externes affectant la réalisation des objectifs d'une entité doivent être identifiés, en distinguant les risques et les opportunités. Les opportunités sont orientées vers la stratégie de gestion.

- Évaluation des risques - Les risques sont analysés, compte tenu de la probabilité et de l'impact, afin de déterminer comment ils devraient être gérés. Les risques sont évalués sur une base inhérente et résiduelle.

- Réponse aux risques : la gestion sélectionne les réponses aux risques - évite, accepte, réduit ou partage le risque - développe un ensemble d'actions pour aligner les risques sur les tolérances de risque de l'entité.

- Activités de contrôle - Des politiques et des procédures sont établies et mises en œuvre afin de s'assurer que les réponses aux risques sont effectivement menées.

- Information et communication : l'information pertinente est identifiée, capturée et communiquées sous une forme et un calendrier qui permettent aux gens de s'acquitter de leurs responsabilités. Une communication efficace se produit également dans un sens plus large, coulant vers le bas, à travers et jusqu'à l'entité.

- Suivi : l'intégralité de la GRE est surveillée et des modifications sont effectuées au besoin. La surveillance se fait par des activités de gestion en cours, des évaluations séparées ou les deux.

II. La définition de la GRE selon SOA (Society Of Actuaries) :

La SOA a estimé que l'objectif stratégique pourrait être développé et que l'accent devrait être mis sur les sujets suivants (SOA, 2006) :

- Risques externes à l'entité et hors contrôle de la direction
- Risques interdépendants et problèmes inter-fonctionnels
- Coordination de la gestion des risques dans l'entité
- Transparence du système de gestion des risques
- Réputation de l'entreprise
- Quantification des risques, y compris la prise en compte des risques pour lesquels il n'existe pas beaucoup de données telles que les risques futurs ou peu fréquents ou les risques corrélés

- Évaluation à long terme des risques, y compris la planification de scénarios et le stress test. La SOA propose que les activités de la GRE soient organisées en quatre thèmes ou processus principaux. Elles sont :

- Contrôle des risques : processus d'identification, de surveillance, de limitation, d'évitement, de compensation et de transfert de risques.

- Gestion stratégique des risques - processus de réflexion sur le risque et le capital-investissement dans les choix stratégiques qu'une société réalise.

- Gestion des risques catastrophiques - processus de simulation et de préparation à des événements extrêmes pouvant menacer la viabilité de l'entreprise.

- Culture de gestion des risques : l'approche générale de l'entreprise pour faire face à ses risques. Une culture de gestion des risques positive intégrera automatiquement la prise de décision GRE dans toutes les décisions de gestion.

III. La définition de la GRE selon ERM-II (ERM Institute International) :

Contrairement à l'approche qualitative adoptée par le COSO, ERM Institute International (ERM-II) a adopté une approche plus quantitative. Le ERM-II, la CAS et la SOA ont publié un rapport conjoint sur la GRE. Le rapport définit la GRE comme la discipline de l'étude de la dynamique des risques de l'entreprise, des interactions entre les acteurs et les forces internes/externes et la manière dont les actions des acteurs (y compris les pratiques de gestion des risques) influencent les comportements de la dynamique des risques avec le but ultime d'améliorer la performance et la résilience du système.

La définition prend une approche ingénieuse et ouvre la voie à une approche scientifique. Pour comprendre la définition ci-dessus, la dynamique des risques doit être définie.

La dynamique des risques concerne les interactions entre les forces et les acteurs à l'intérieur et à l'extérieur de l'entreprise. Comme il existe habituellement une dynamique de risque multiple au travail, certains risques peuvent dominer les autres pour influencer les comportements de l'entreprise. La dynamique des risques multiples et leur interaction définissent un système de dynamique des risques sur l'entreprise (Wang et Faber, 2006). Dans le rapport, il est également indiqué que la GRE pour l'industrie de l'assurance doit être considérée comme fondamentalement différente d'autres industries, car le cycle de production de l'assurance est inversé vu que le prix de revient ne peut être connu qu'à posteriori.

D'une manière générale, d'après ERM-II, SOA et CAS (Casualty Actuarial Society), la GRE repose sur cinq principes :

- 1^{er} principe : La dynamique des risques existe comme des états objectifs de la nature, dont nous pouvons acquérir plus de connaissances grâce à l'expérience, aux idées et à la modélisation des forces internes dans le système. Nous devons comprendre les différentes forces dans la dynamique des risques pour pouvoir mesurer et prédire la force et la direction des forces. Nous devons également avoir une forme d'approche pour y réagir.

- 2^{ème} principe : Une entreprise a une dynamique de risque multiple à plusieurs niveaux avec de multiples forces. Pour obtenir une image globale, nous devons comprendre les interactions de la dynamique des risques à différents niveaux et concilier les perspectives multiples. Il existe à la fois des dynamiques de risque locales (inhérentes aux opérations commerciales) et des macro dynamiques (segments et niveaux d'entreprise) qui ont une incidence sur Toute l'entreprise. Ils pourraient être plus difficiles à identifier sur un niveau de risque individuel.

- 3^{ème} principe : Les valorisations du marché et les évaluations internes font partie des principales forces qui ont une incidence sur la dynamique de l'entreprise. Une grande partie de la GRE consiste à étudier la dynamique des évaluations du marché extérieur et à leur impact sur les actifs et passifs de l'entreprise et à utiliser des évaluations internes pour influencer les comportements de l'entreprise. L'un des principaux objectifs d'une entreprise est de maximiser La valeur pour les parties prenantes. Par conséquent, les changements de valeur créent une manifestation de la dynamique des risques et la plupart des risques sont mesurés par leurs valeurs économiques. L'évaluation du marché deviendra un facteur encore plus important dans l'évaluation des actifs et des passifs au fur et à mesure que les entreprises se déplacent vers une évaluation plus volatile en tant qu'évaluation en juste valeur de l'IASB.

- 4^{ème} principe : Les modèles de risque et les modèles d'évaluation, s'ils sont correctement construits, peuvent éclairer le comportement de la dynamique des risques et constituent des forces puissantes et des outils essentiels pour adopter une approche structurée et disciplinée qui harmonise la stratégie commerciale avec le processus, les personnes, la technologie et les connaissances dans l'organisation.

Les entreprises doivent élaborer des indicateurs de risque et des modèles de capital pour montrer les activités commerciales. Les modèles d'évaluation des risques devraient

évaluer le profil de risque de l'entreprise et les besoins en capital et diriger l'allocation des ressources.

- 5^{ème} principe : les mesures prises par les principaux participants dans la dynamique des risques (par exemple les dirigeants d'entreprises d'assurance, souscripteurs, actuaires, agences de notation et régulateurs) peuvent exercer une grande influence sur le comportement de ces dynamiques de risque. Les entreprises doivent comprendre les facteurs psychologiques et les caractéristiques comportementales et leur interaction entre différents acteurs.

Comme la sensibilité de l'entreprise aux facteurs de risque est prise en compte par l'évaluation des risques, qui nécessite une connaissance totale d'exposition au risque de l'entreprise et de la façon dont les facteurs de risque identifiés l'affectent, alors l'entreprise devrait recueillir les informations de la même manière qu'un être humain utilise tous les sens et les instincts pour recueillir des informations sur l'environnement externe. On verra dans ce qui suit les normes et les directives pour une bonne gestion des risques au sein d'une entreprise.

IV. Les normes et les directives de la GRE :

L'IAIS a élaboré un certain nombre de principes, de normes et des orientations afin de promouvoir le développement de marchés d'assurances bien réglementés. En octobre 2008, l'IAIS a approuvé et publié ses normes sur la GRE (IAIS, 2008a, 2008b).

L'IAIS reconnaît qu'il existe un certain nombre de termes couramment utilisés pour décrire le processus d'identification, d'évaluation, de mesure, de surveillance, de contrôle et d'atténuation des risques. Ces activités sont une description des activités du GRE.

La meilleure pratique de l'IAIS et ses exigences pour la GRE sont données sur la figure ci-dessous.

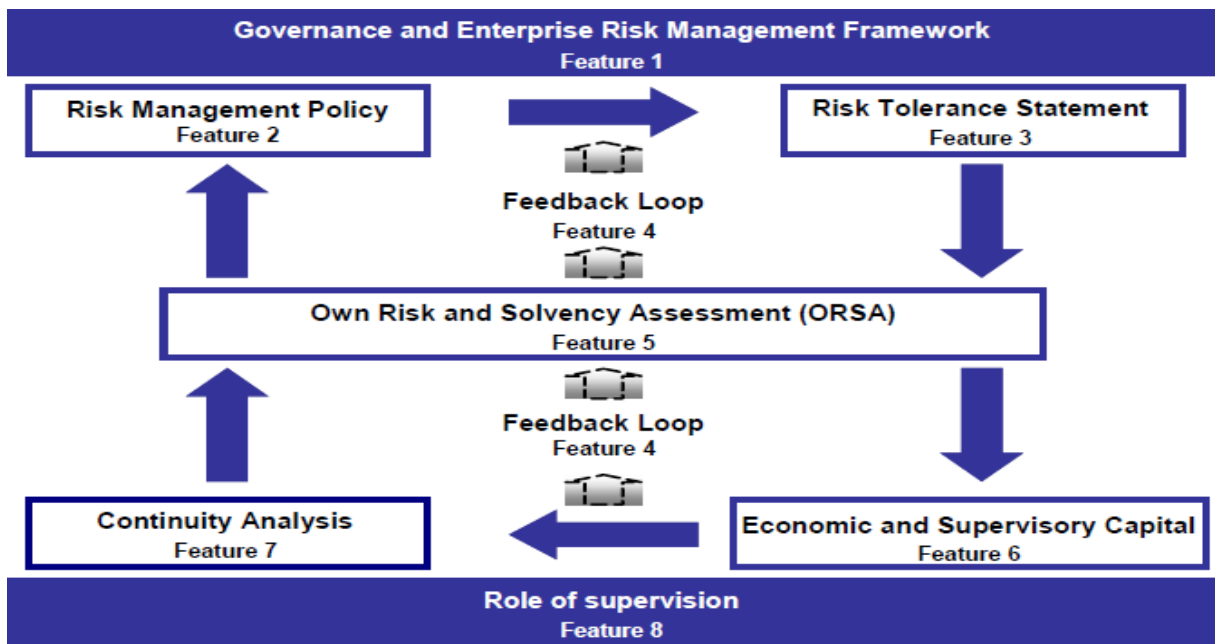


Figure 6: les exigences pour la GRE

En effet, les aspects (Features) décrites sur la figure ci-dessus font référence aux huit caractéristiques clés de la norme IAIS de la GRE qu'on va développer dans ce qui suit.

- 1^{er} aspect clé : Gouvernance et cadre GRE

- Dans le cadre de sa structure de gouvernance globale, un assureur doit établir et exploiter à l'intérieur d'un cadre solide qui correspond à la nature, à l'échelle et à la complexité de ses activités et de ses risques.

- Le cadre ERM devrait être intégré aux opérations commerciales et à la culture de l'assureur et à résoudre tous les risques matériels raisonnablement prévisibles et pertinents auxquels l'assureur est confronté conformément à une politique de RM convenablement construite.

- L'établissement et l'exploitation de l'ERM doivent être supervisés par le conseil d'administration et la haute direction de l'assureur.

- Pour qu'il soit adéquat pour la gestion du capital et les objectifs de solvabilité, le cadre devrait inclure la provision pour la quantification du risque pour une gamme suffisamment large de résultats en utilisant des techniques appropriées.

- La mesure des risques devrait être soutenue par une documentation précise fournissant des descriptions et des explications détaillées des risques précis.

Le tableau ci-dessous fournit, par catégorie de risque, une liste indicative du type d'information généralement associée au reporting des risques de l'entreprise, d'après la note développée par l'IAIS :

Catégorie des risques	Information
Risque de marché	- VAR - Stress test et analyse des scénarios
Risque de crédit	- L'analyse du rating de crédit
Risque de liquidité	- Proportion des actifs liquides par rapport à l'ensemble des actifs
Risque opérationnel	- Analyse du profil de risque opérationnel - L'analyse des résultats de l'audit interne

Table 1: informations relatives à chaque risque

- 2^{ème} aspect clé : politique de gestion des risques

- Un assureur devrait avoir une politique modifiée qui décrit la manière dont l'assureur gère chaque catégorie de risque pertinente et matérielle, tant sur le plan stratégique que sur le plan opérationnel.

- La politique devrait décrire le lien avec les limites de tolérance de l'assureur, les exigences de capital réglementaire, le capital économique et les processus et méthodes de suivi des risques.

- 3^{ème} aspect clé : indice de tolérance au risque

- L'assureur devrait établir et maintenir un énoncé de tolérance au risque qui définit ses niveaux de tolérance quantitatifs et qualitatifs globaux et définit les limites de tolérance pour chaque catégorie de risque pertinente et matérielle, compte tenu des relations entre ces catégories de risque.

- Les niveaux de tolérance au risque devraient être basés sur la stratégie de l'assureur et être activement appliqués dans son cadre GRE et sa politique GR.

- Les limites de tolérance de risque définies devraient être intégrées dans les opérations en cours de l'assureur par l'intermédiaire de ses politiques et procédures GR.

- 4^{ème} aspect clé : Réactivité du risque et boucle de rétroaction

- Le cadre GRE de l'assureur devrait répondre aux changements.

- Le cadre GRE devrait intégrer une boucle de rétroaction, sur la base d'informations appropriées et de bonne qualité, de processus de gestion et d'évaluation objective, ce qui permet à l'assureur de prendre les mesures nécessaires en temps opportun en réponse aux changements dans son profil de risque.

- 5^{ème} aspect clé : évaluation des risques et de la solvabilité (ORSA)

- Un assureur devrait régulièrement effectuer son ORSA pour fournir au conseil d'administration et à la haute direction une évaluation de l'adéquation de sa GR et du poste de solvabilité futur actuel et probable.

- L'ORSA devrait englober tous les risques importants raisonnablement prévisibles et pertinents, y compris, au minimum, les risques de souscription, de crédit, de marché, d'exploitation et de liquidité. L'évaluation devrait identifier la relation entre la gestion des risques et le niveau et la qualité des ressources financières nécessaires et disponibles.

- 6^{ème} aspect clé : le capital économique et le capital réglementaire

- Dans le cadre de son ORSA, un assureur doit déterminer les ressources financières globales dont il a besoin pour gérer ses activités compte tenu de sa propre tolérance au risque et de ses plans d'affaires, et de démontrer que les exigences de surveillance sont respectées.

-Les actions de gestion au risque de l'assureur devraient être fondées sur le capital économique, les exigences en matière de capital réglementaire et les ressources financières.

- 7^{ème} aspect clé : une analyse de continuité

- Dans le cadre de son ORSA, un assureur devrait analyser sa capacité à continuer ses activités, et le GR et les ressources financières nécessaires pour le faire sur un horizon temporel plus long que celui utilisé habituellement pour déterminer les besoins en capital réglementaire.

- Une telle analyse de continuité devrait aborder une combinaison d'éléments quantitatifs et qualitatifs dans la stratégie à moyen et long terme de l'assureur et inclure les projections de la situation financière future de l'assureur et l'analyse de la capacité de l'assureur à respecter les exigences futures en matière de capital réglementaire.

- 8^{ème} aspect clé : Le rôle de la supervision dans la gestion des risques

- Le superviseur devrait entreprendre des examens des processus de GR de l'assureur et de sa situation financière. Le superviseur devrait utiliser ses pouvoirs pour exiger le renforcement de la GR de l'assureur, y compris l'évaluation de la solvabilité et les processus de gestion du capital dans le cas échéant.

Dans ces aspects clés, le rapport a mis en évidence le rôle primordial du stress test. Ce dernier essaye de voir comment une crise financière pourra impacter l'organisme. En effet, dans le 8^{ème} aspect, l'IAIS avance que les scénarios déterministes impliquent généralement l'utilisation des stress tests pour modéliser l'effet de certains événements peu probables (comme une baisse des prix des actions) sur la position de capital de l'assureur, dans laquelle les hypothèses sous-jacentes seraient résolues. Les tests déterministes mettent l'accent sur les principaux risques et offrent une vérification raisonnable des méthodes de simulation plus sophistiquées. En effet, il est particulièrement important de comprendre l'interaction entre les risques et de comprendre comment ces interactions changent selon des scénarios stressés.

V. Solvabilité II :

Le projet européen Solvabilité II est une application de la GRE. L'une des principales caractéristiques du projet est le processus interne de gestion des risques (la gouvernance d'entreprise, l'ajustement et l'adéquation) et l'ORSA (Own-risk and Solvency Assessment) qui permettent aux entreprises d'avoir le contrôle de tous les risques. En effet, EIOPA (ancien

CEIOPS) a publié un document sur la gestion des risques et a également discuté des enseignements tirés de la crise financière de 2007 et de l'impact qu'elle aura sur leurs conseils finaux sur les mesures d'exécution au niveau du pilier 2 sur le projet européen de solvabilité II (2009a).

En effet, le pilier II de Solvabilité II regroupe les exigences qualitatives, c'est-à-dire les règles de gouvernance et de gestion des risques, dont l'évaluation propre des risques de la solvabilité (Own Risk and Solvency Assessment - ORSA). D'après la notice de l'ACPR (Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution), le conseil d'administration ou le conseil de surveillance doit approuver la politique interne relative à l'ORSA. Cette politique interne inclut au minimum :

a) une description des processus et procédures en place pour mener l'exercice de l'ORSA.

b) une description du lien entre le profil de risque, les limites approuvées de tolérance au risque et le besoin global de solvabilité.

c) des méthodes et méthodologies incluant des informations sur :

(i) la façon dont les simulations de crise (stress tests), les analyses de sensibilité, les simulations de crises inversées (reverse stress tests) ou les autres analyses pertinentes doivent être effectuées ainsi que leur fréquence ;

(ii) les normes en matière de qualité des données ;

(iii) la fréquence de l'évaluation proprement dite ainsi que la justification de sa pertinence, notamment en tenant compte du profil de risque de l'entreprise et de la volatilité de son besoin global de solvabilité relatif à sa situation en matière de fonds propres.

(iv) le calendrier d'exécution de l'ORSA et les circonstances qui le rendraient nécessaire en dehors des échéances régulières.

On constate bien que le stress test revêt une grande importance dans le système de gestion des risques d'un organisme. Dans notre étude, on essaiera d'appliquer le stress test à un Fonds de pension à savoir la CMR. Mais avant, nous allons voir dans la 2^{ème} partie la pratique internationale concernant le stress test pour les Fonds de pensions à l'étranger.

2^{ème} Partie : Stress test pour les caisses de retraite

Chapitre I : La pratique internationale du stress test

Pour des raisons d'insuffisance d'expériences à l'étranger ainsi que le manque d'une réglementation universelle de l'implémentation du stress test pour les Fonds de pensions, nous allons faire un aperçu général de la pratique internationale du stress test en se focalisant sur l'expérience de la Danemark et des Pays-Bas qui sont considérés parmi les pionniers dans ce domaine.

I. Un aperçu général du stress test à l'étranger

Les stress tests pour les Fonds de pensions est une pratique qui vient d'être introduite tout récemment, au cours de ces cinq dernières années. Dans certains pays, la mise en œuvre de ces tests diffère d'un régime à un autre selon s'il s'agit d'un régime à contributions définies DC, ou à prestations définies DB ou s'il s'agit un régime hybride. Par ailleurs, les stress tests complètent les prévisions de risque en essayant de répondre à des questions telles que : « Si les prix du pétrole augmentent de 20%, quelle sera la valeur de mon portefeuille ? », en effet les mesures de risque, à savoir la VAR, expected shortfall et la volatilité, aident à évaluer la probabilité et la taille des pertes potentielles et d'identifier les positions qui contribuent le plus au risque de portefeuille mais elles ne révèlent pas comment les pertes pourraient se produire.

L'approche classique du stress test consiste à trouver les variations des facteurs de risque qui ont un impact très significatif sur la valeur du portefeuille. Mais, récemment un genre particulier du stress test, a connu une grande prééminence dans le secteur financier, nommé stress test inverse (Reverse stress testing). Ce dernier mesure la résilience du portefeuille d'événements extrêmes en identifiant les événements particuliers qui pourraient conduire à des pertes qui dépassent un certain niveau. Il démarre sur un résultat tel que la perte d'un portefeuille, et identifie les circonstances qui feraient en sorte que ce résultat se produira. Ainsi, les stress test inverses donnent un aperçu des scénarios probables qui sont les plus pertinents pour le profil de perte d'un portefeuille (Ruban et Melas, 2010). L'avantage de ces tests est qu'ils forcent la recherche des scénarios pour être examinés et à concentrer l'attention sur les résultats extrêmes au lieu de se baser sur des scénarios historiques. Par

contre, l'inconvénient du stress test inverse réside dans l'impossibilité de générer des scénarios irréalistes.

Par ailleurs, la mise en œuvre des stress tests se base sur des scénarios historiques et/ou sur des scénarios hypothétiques. Les scénarios historiques sont basés sur des événements extrêmes du passé par exemple la crise des subprimes de 2007, Crise Grecque en 2009, Krach boursier en Chine en 2015, etc. Or, de tels scénarios sont en retrait et peuvent perdre de la pertinence dans le temps (Ruban et Melas, 2010). Par ailleurs, les scénarios hypothétiques considèrent des événements plausibles et peuvent être même des événements qui n'ont jamais eu lieu dans le passé. Le plus grand problème c'est la construction de ses scénarios qui est toujours limité aux scénarios historiques. Comme BIS a noté en 2009, les scénarios considérés comme étant extrêmes ou innovants sont souvent regardés comme étant des scénarios peu plausibles par le conseil. Ce qui fait qu'après avoir construit les scénarios, un avis des experts est indispensable pour voir les scénarios plausibles et les traiter.

D'autre part, les stress test peuvent être effectués soit à travers un modèle stochastique soit à travers un modèle déterministe. En effet, Blake, Cairns and Dowd (2001) avancent que la simulation stochastique est le véhicule approprié pour la conception et le stress test des régimes de retraite mais le problème avec cette méthode c'est qu'on n'est pas sûr combien les distributions estimées sont proches de la réalité.

Les régimes DB devraient garantir ses passifs et donc devraient gérer ses actifs de telle sorte qu'ils peuvent répondre à ses engagements. Donc, le stress test des régimes DB est de savoir jusqu'à quel point notre actif peut être suffisant pour répondre à des paiements futurs, compte tenu de différents scénarios de risque. Pour les régimes à DC, la notion de stress test a suscité un dilemme concernant l'indicateur sur lequel on va stresser ce genre de Fonds de pensions. Selon le dernier sondage des membres de l'IOPS, seulement 40% des autorités de supervision entreprennent les stress tests sur les Fonds de pensions et 50% de ces derniers ont mentionné que les Fonds de pensions, dans leur juridiction, effectuent leurs propres stress tests.

Le tableau ci-dessous résume les types du stress test dans quelques pays. Ces stress tests diffèrent d'un pays à l'autre.

Pays	Type de régime	Type de stress test
Chile	DC	- Var -Rendement minimal
La République tchèque	Hybride	Scénarios de base avec l'ajout des variables macroéconomiques
Allemagne	DB	Quatre scénarios : - Obligation - Actions - Obligation et Action - Action et immobilier
Mexico	DC	Var

Table 2: Source : IOPS survey, supervisory authorities responses

Implémentation pour les régimes DB

Lorsqu'on veut implémenter le stress test des régimes DB, l'idée la plus triviale c'est d'appliquer le stress test sur la solvabilité du régime et sa faculté à répondre à ses engagements futurs. Les facteurs de risque pris sont généralement des facteurs financiers mais d'autres facteurs non-financiers peuvent être pris comme la mortalité par exemple. Or, l'objectif étant de voir si le Fonds est suffisamment financé pour répondre à ses obligations même dans des circonstances défavorables. Les règles de solvabilité font que l'actif doit dépasser le passif par une marge de solvabilité. Cette dernière pourrait être calculée comme un simple pourcentage du passif.

	Pays-Bas	Suède	Danemark	Solvabilité II
Action	-25% sur les marchés matures -35% sur les marchés émergents -30% sur les actions privées	-40% sur le marché Suédois -37% sur les actions étrangères	Rouge : -12% Jaune : -30%	-39%
Taux d'intérêt	$\pm 100 pb$ sur la courbe des taux		Rouge : $\pm 85 pb$ Jaune : $\pm 120 pb$	Chocs pour chaque maturité (QIS 5)
Immobilier	-15%	-35%		-25%

Au Pays-Bas, le stress test fait partie de l'exigence de solvabilité en fonction des risques. Au Danemark et en Suède, c'est un outil de surveillance utilisé pour évaluer la solidité financière d'une institution afin de déterminer une réponse de surveillance. Le système de feux de circulation au Danemark vérifie si un Fonds serait mis en faillite théorique à la suite d'un léger ou un choc modéré lié au facteur de risque (actions, obligations, immobilier). Ainsi, par exemple, un Fonds est classé dans une zone rouge s'il n'a pas pu résister à une chute de 12% des prix des actions et dans une zone jaune s'il devient insolvable, en théorie, dans le cas d'une baisse de 30% des actions.

Comme le FMI (papier d'Impavido, 2011) explique, les stress tests sont souvent utilisés pour compléter les MSR. En effet, les marges sont pondérées par le risque du modèle et peuvent ne pas fournir une estimation de solvabilité fiable nécessaire pour résister à des conditions défavorables. Le stress test surmonte cette faiblesse en exigeant des plans pour calculer le montant supplémentaire de l'actif qu'elles devraient être en mesure de respecter ses obligations en vertu d'un ou plusieurs scénarios de stress. De même pour le monde de la banque et de l'assurance, les résultats des stress tests sont utilisés par le superviseur pour

améliorer la politique et consacrer un examen approfondi aux régimes de pension avec de moins bons résultats. En effet, les superviseurs utilisent diverses techniques de surveillance des différentes sources de risques affectant la position de solvabilité des régimes DB. Il s'agit notamment des tests de sensibilité à l'aide de différents facteurs actuariels, l'analyse des sources de revenus, les calculs de transactions, les calculs de VAR, la durée et la maturité, l'analyse des GAP et des stress tests déterministes et stochastiques.

Implémentation pour les régimes DC

Pour les régimes à cotisations définies DC, on peut appliquer le stress test sur les facteurs de risque de placement mais il paraît très tôt de trancher sur la pertinence de cette méthode à partir des expériences des autres pays. Par contre, les tests de sensibilité et l'analyse des scénarios peuvent également être appliqués à des régimes DC qui n'ont pas défini les obligations à respecter en termes de rémunération. Les principaux exemples de ces stress tests sont l'Australie, Israël, et les stress tests du Mexique. Les Israéliens et les mexicains mettent l'accent sur le risque autour de la valeur de marché du portefeuille d'actifs du Fonds. Par ailleurs, le stress test de l'Australie porte sur le risque de liquidité.

Pour le superviseur d'Israël, la mise en œuvre du stress test consiste à identifier les principales sources de risque du marché pour les principales classes d'actifs, à savoir l'équité, les obligations gouvernementales, les dépôts, les prêts, les obligations privées, et des placements à l'étranger. L'évolution des facteurs de risque selon différents scénarios sont ensuite appliqués au portefeuille

Choc utilisé		Choc basé sur un scénario historique	
Action :	-30%	Action	-29.8%
Spread	200Pb	Investissement étranger	-15%
Risque de change	+20%		
Taux d'intérêt	+20%		

Table 3:Source : CMSD (Israeli Supervisory authority)

Dans ce qui suit, nous allons présenter le modèle néerlandais et le modèle danois vu que ces derniers présentent plus de similitudes avec le cas marocain.

II. Le modèle Néerlandais pour le test de solvabilité

Aperçu général

Les Pays-Bas ont présenté le cadre d'évaluation financière (FTK) pour les fonds de pension au 1er janvier 2007. Ce cadre est un nouvel environnement réglementaire qui consiste en un test de solvabilité et une analyse de continuité.

Les Fonds de pension aux Pays-Bas sont organisés en tant des régimes de pension interentreprises et des régimes de pension à employeur unique qui détiennent respectivement 73% et 27% du total des actifs de retraite. Ils sont des régimes de retraite à prestations définies DB qui indexent les paiements de pension sur l'inflation.

Les Fonds de pension néerlandais avaient un ratio de couverture moyen de 102% à la fin du deuxième trimestre de 2009

Implémentation

Les Pays-Bas ont mis en place deux méthodes pour établir un test de solvabilité : la méthode standardisée et la méthode interne.

La méthode standard : Elle doit être utilisée par tous les fonds de pension qui ont un ratio de financement au-dessous de 130%. Elle peut être classée comme un modèle global basé sur des scénarios.

La méthode interne : Elle permet d'établir un test de solvabilité sous certaines conditions relatives à la situation interne du Fond de pension.

L'Évaluation d'actif et du passif

Selon la FTK, le passif et l'actif sont évalués en valeur réelle qui reste un principe fondamental d'évaluation pour les actifs et les passifs pour SolvencyII.

La valeur réelle de l'actif est tout simplement sa valeur de marché, mais pour le passif, elle est définie comme étant la somme des flux actualisés découlant du passif (Best estimate)

plus une charge de risque (marge de valeur de marché). Or cette marge ne fait plus partie de l'évaluation mais elle est traitée comme une surtaxe pour le risque d'assurance (DNB, 2006a, p.36), du coup et l'évaluation tiendra compte que du passif nominal (Best estimate)

L'actualisation est faite à travers la courbe zéro-coupon.

Les risques pris en compte dans le calcul de la SCR sont les suivants :

- Risque de marché
- Risque de crédit
- Risque d'assurance

Le régulateur néerlandais définit ce capital de solvabilité comme étant la Value-at-Risk de la variation du capital disponible sur un horizon d'une année et à un niveau de 97,5%.

$$SCR = \sqrt{\sum_{i \times j} \rho_{i,j} SCR_i SCR_j}$$

Avec :

$\rho_{i,j}$: La corrélation entre les risques i et j

SCR_i : Le capital requis pour le risque i

Cas de non solvabilité du Fonds

Si un fond ne satisfait pas aux exigences de solvabilité, le régulateur prendra les mesures suivantes :

➤ Si le fonds ne respecte pas le critère de la SCR, un plan de recouvrement à long terme (15 ans) doit être soumis (DNB, 2006b, article 138).

➤ Si le fonds ne respecte pas l'exigence de minimum de capital requis (MCR) qui correspond au niveau de fonds propres en dessous duquel les preneurs seraient exposés à un niveau de risque élevé, un plan de recouvrement à court terme (trois ans) doit être introduit (DNB, 2006b, article 140).

III. Le modèle Danois du test de solvabilité (the Traffic Light Model)

Aperçu général

Le Danemark présente le meilleur système de retraite au monde, il trône en tête du classement annuel publié récemment par la société de conseil Mercer qui a passé au crible 25 systèmes de régimes de retraite à travers le monde couvrant près de 60 % de la population mondiale.

C'est un système de pension mixte. D'un côté, il y a un régime public, par répartition, qui comprend une pension de base et un supplément versé sous conditions de ressources, financé par l'impôt et non par des cotisations. De l'autre, un régime à cotisations définies, par capitalisation, obligatoire pour tous les salariés, dont les conditions sont fixées par les partenaires sociaux par le biais de conventions collectives. C'est ce dernier régime qui représente la majeure partie de la pension des plus hauts salaires.

Le 1er janvier 2001, les autorités de contrôle danoises ont présenté le modèle TLM (Traffic Light Model, Danish : trafiklys) qui est un stress test pour les caisses de retraite et les compagnies d'assurance-vie.

Le TLM est un test de stress un modèle de scénario agrégé à deux niveaux :

- *La lumière jaune* : simulant l'effet de graves crises sur le marché
- *La lumière rouge* : simulant l'effet d'une légère crise sur le marché

Implémentation

Le TLM est un modèle basé sur un scénario agrégé simple qui doit être appliqué tous les six mois. Les scénarios pour chaque facteur de risque sont déterminés non pas à travers la modélisation des événements rares (VAR, théorie des valeurs extrêmes..), mais à travers un système de lumière.

Dans l'ensemble, le capital requis pour chaque facteur de risque est additionné pour donner le capital nécessaire total; Aucun effet de diversification n'est considéré entre les facteurs de risque.

L'Évaluation d'actif et du passif

Le principe de la juste valeur est appliqué pour déterminer la valeur des actifs et passifs. En effet, le Danemark est considéré comme le leader de l'utilisation du principe de la juste valeur au monde. La courbe des taux utilisée est celle de l'Euro swap.

Le TLM prend en compte les risques suivants :

- Risque de marché
- Risque de crédit et contrepartie
- Risque lié aux filiales

Cas de non solvabilité du Fonds

Si un Fonds de pension n'a pas assez de capital pour satisfaire aux exigences de la solvabilité de la lumière jaune, les résultats du TLM doivent être déclarés sur une base trimestrielle. Si le fonds de pension ne satisfait pas au test de résistance à la lumière rouge, les résultats doivent être déclarés mensuellement et aucune allocation d'investissement plus risquée n'est autorisée

Chapitre 2 : La réforme solvabilité II

La Directive Solvabilité² a introduit au 1^{er} janvier 2016 un nouveau système de solvabilité pour le secteur de l'assurance, qui a été adoptée le 22 mai 2009 par le Parlement Européen.

Ce décalage a laissé du temps aux acteurs du marché de l'assurance pour se préparer aux exigences de la réforme solvabilité I, et notamment les mutuelles d'assurances, qui se relèvent être les catégories d'institutions les moins bien préparées à solvabilité II.

I. Enjeux et objectifs généraux de la réforme

La solvabilité des compagnies d'assurance est mesurée sur la base d'indicateurs simples (provisions techniques, primes ou sinistres) sans prendre en compte les risques réellement encourus. L'évolution du cadre réglementaire des assurances en Europe, avec la publication de la directive cadre Solvabilité II, conduit les assureurs à modifier le calcul du capital requis de base (SCR) ou besoin de fonds propres pour couvrir les risques.

Sous les directives de Solvency II, les assureurs doivent être à même d'estimer les risques inhérents à leurs portefeuilles, à l'actif comme au passif, de manière économique et conformément à la valeur de marché, afin de mobiliser les fonds propres suffisant pour faire face à des risques de faillites bicentennaires. Ainsi, l'évaluation purement comptable des postes du bilan a été remplacée par une évaluation économique plus apte à refléter la solvabilité de l'assureur. L'actif sera évalué à la valeur de marché (Fair Value) et les provisions Best Estimate seront calculées de manière prospective. L'assureur déterminera donc un capital de solvabilité de façon à prendre en compte les risques auxquels son portefeuille est soumis. Ce capital de solvabilité est alors la Value-at-Risk de la variation du capital disponible sur un horizon d'une année et à un niveau de 99,5%.

Le nouveau mode de calcul imposé par le régulateur pour le SCR nécessite une modélisation complexe que constitue la « Formule Standard ». Elle s'applique moyennant une analyse des marchés financiers, des hypothèses sur le comportement des assurés et des instances dirigeantes de l'entreprise. Elle offre une certaine latitude à l'assureur.

Cette évolution de la réglementation s'inscrit dans un processus plus global de l'évolution de la régulation du secteur financier (banques, assureurs et réassureurs) au niveau mondial.

Parmi les objectifs de cette nouvelle réforme :

- Homogénéiser la mesure des fonds propres et le capital requis à leur niveau économique entre les pays européens
- Évaluation de la solvabilité globale basée sur tous les risques : en prenant en compte les spécificités de l'entreprise : court terme /long terme, vie /non vie, taille, réassurance, ALM, risque de crédit, etc.
- Incitation des assureurs à mesurer et contrôler leurs risques : Risk management, Contrôle interne, Gouvernance
- Surveillance efficace des groupes, harmonisation des méthodes de surveillance entre les législations.
- Communication au public et à l'Autorité de Contrôle
- Principes de proportionnalité

Alors que les tests de solvabilité pour les fonds de pension sont un concept nouveau dans certains pays, ils ont été appliqués dans d'autres comme le Danemark et les Pays-Bas qui ont mis en place des tests de solvabilité pour leurs fonds de pension.

Le nouveau projet de solvabilité II concerne :

- Toutes les entreprises d'assurance vie
- Toutes les entreprises d'assurance non vie
- Toutes les entreprises de réassurance.

Concrètement, les Fonds de pensions ne sont pas concernés par la nouvelle réglementation, mais dernièrement on observe une orientation des régulateurs des régimes de retraite vers cette réforme afin d'évaluer la solvabilité des Fonds de pensions

II. Les piliers de Solvabilité II

Le projet Solvabilité II est organisé en trois piliers :

- Pilier 1 : Exigences quantitatives en capital
- Pilier 2 : Surveillance prudentielle
- Pilier 3 : La diffusion de l'information

Pilier 1 Exigences quantitatives	Pilier 2 Exigences qualitatives et supervision	Pilier 3 Information du public et du superviseur
<ul style="list-style-type: none">• Définition des provisions techniques• Définition de la marge de solvabilité (MCR et SCR)• Modalités de calcul (formule standard, modèle interne)• Eligibilité des actifs	<ul style="list-style-type: none">• Gouvernance• Risk management : identification et gestion des risques internes• Contrôle interne• Renforcement et organisation du contrôle	<ul style="list-style-type: none">• Discipline de marché• Transparence• Réconciliation des reportings comptables et prudentiels

Figure 7: Les trois piliers de solvabilité II

II.1. Principe du test de solvabilité pour un fond de pension

Un test de solvabilité est un outil qui repose sur le calcul de la SCR et qui permet la gestion des risques au sein d'un Fonds de pension et qui peut être considéré comme un moyen de prise de décision pour les superviseurs.

Il doit être intégré dans la stratégie globale du Fonds de pension et non pas une exigence de la part des autorités de contrôle. D'ailleurs, cette intégration est l'objectif de la plupart des tests de solvabilité pour les caisses de retraite et les compagnies d'assurance

Le Solvency Capital Requirement ou capital de solvabilité requis, représente le niveau de fonds propres cible, jugé nécessaire pour absorber une sinistralité exceptionnelle. Le SCR indique le capital nécessaire pour que le fond de pension puisse faire face à ses engagements

dans 99,5% des cas. Il peut se calculer à partir d'un modèle appelé « formule standard » qui est proposé par le régulateur.

Par abus de langage, on parle d'un Solvency Capital Requirement même pour un Fonds de pension qui ne dispose pas des fonds propres.

La complexité principale d'un test de solvabilité est le calcul du capital de solvabilité requis, ce capital est ensuite comparé au capital de solvabilité disponible, défini comme étant la différence entre la valeur actuelle des actifs et la valeur des passifs. Si le capital de solvabilité disponible est supérieur au capital de solvabilité requis, le Fonds de pension peut être considéré comme solvable.

III. Principe d'évaluation d'actif et du passif

La valorisation énoncée par la directive 2009/138/CE requiert l'utilisation d'une approche économique et cohérente avec les données de marché (market-consistent) pour la valorisation des actifs et des passifs.

Selon cette approche, les actifs et les passifs sont valorisés comme suit :

a) Les actifs

Les actifs sont valorisés au montant pour lequel ils pourraient être échangés dans le cadre d'une transaction conclue dans des conditions de concurrence normale, entre des parties informées et consentantes, c'est-à-dire qu'ils sont valorisés en valeur du marché

b) Les Passifs

Les passifs sont aussi valorisés au montant pour lequel ils pourraient être transférés ou réglés dans le cadre d'une transaction conclue dans des conditions de concurrence normale, entre des parties informées et consentantes, c'est-à-dire en valeur du marché.

L'une des techniques d'évaluation du passif de manière cohérente avec le marché est de construire un portefeuille répliquant, ou bien de couverture « RPo ». Il est défini comme un portefeuille d'actifs qui réplique parfaitement les Cash-Flows du passif.

Une autre technique d'évaluation du passif est l'utilisation d'un portefeuille dit VaPo, qui est un portefeuille du passif qui donne la valeur actuelle du passif.

Il faut noter qu'un portefeuille VaPo n'est pas un RPo. En effet, le premier dérive des engagements du Fonds de pension vis-à-vis ces adhérents, tandis que le deuxième est un

portefeuille d'actifs qui couvre les engagements du fond de pension. Ainsi, un portefeuille VaPo est considéré comme un outil pour construire un portefeuille de couverture.

L'adossement des flux de trésoreries futurs permet d'avoir une valeur de marché cohérente du passif. De plus, l'utilisation d'un portefeuille de couverture facilite la communication avec les gestionnaires; En particulier, la communication entre les actuaires et les investisseurs. L'utilisation du RPo comme proxy permettrait d'effectuer plus rapidement et facilement la réévaluation et la projection du passif.

IV. Cadre technique

Comme nous l'avons déjà évoqué, l'objectif principal poursuivi par Solvabilité II est de renforcer le contrôle interne des compagnies d'assurances, d'encourager une gestion efficace des risques et de promouvoir une harmonisation des méthodes de surveillance. Dans ce contexte, il paraît opportun de définir quelques notions utiles dans le calcul des exigences en matière de solvabilité 2.

IV.1. Le SCR (Solvency capital Requirement)

L'exigence de capital de solvabilité représente le niveau de fonds propres souhaitable économiquement, permettant à la société de remplir ses obligations à un horizon de temps d'une année et en fonction d'un niveau de confiance de 99,5%. Par conséquent, tous les risques importants que la société d'assurance pourrait subir (risque de souscription, d'investissement, opérationnel, de liquidité) doivent être pris en compte dans le calcul du SCR.

IV.2. Le MCR (Minimum Capital Requirement)

L'exigence minimale de fonds propres en dessous duquel la société présente un risque beaucoup trop grand de ne pas pouvoir faire face à ses engagements. Dans ce cas, les autorités de contrôle pourraient prendre des mesures strictes vis-à-vis de la société.

IV.3. Le Best Estimate

Le best Estimate est égal à la valeur actuelle prévue de tous les cash-flows potentiels. C'est la moyenne pondérée par leur probabilité de flux de trésorerie futurs, compte tenu de la valeur temporelle de l'argent (valeur actuelle attendue des flux de trésorerie futurs), estimée sur la base de la courbe des taux sans risque pertinents. Cette valeur doit être calculée sur des informations actuelles et crédibles et sur des hypothèses réalistes et spécifiques à l'entité.

Le calcul approximatif du Best Estimate s'effectue comme suit :

$$Best\ Estimate = \sum_{t=1}^T Flux(t) * \frac{1}{(1 + r(0, t))^t}$$

Avec :

- $Flux(t)$ est le flux probable de l'année t
- $r(0, t)$ est le taux sans risque issu de la courbe des taux

IV.4. La marge de risque

La marge de risque constitue le montant supplémentaire nécessaire pour garantir les engagements. Il s'agit du coût représentant l'immobilisation des fonds propres nécessaires pour faire face aux engagements. Son calcul se base sur la méthode du coût du capital : le montant de la marge pour risque est égal au coût du capital multiplié par le capital immobilisé.

Dans notre projet, le calcul de la MCR et la marge de solvabilité ne sera pas pris en compte.

Chapitre 3 : Calcul pratique du SCR

Le SCR est le résultat final issu d'une formule de calcul standard :

$$SCR = BSCR - Adj + SCR_{op}$$

Les informations requises sont :

- BSCR ou Basis Solvency Capital Requirement est le capital (appelé aussi fonds propres) requis de base
- Adj : Adjustment est l'ajustement au titre de la capacité d'absorption des pertes par les adhérents et les impôts différés
- SCR_{op} ou The capital Requirement for the Operational Risk est le chargement en capital au titre du risque opérationnel

Dans ce projet nous ne traiterons pas le cas **du risque opérationnel** ni de **l'ajustement**.

I. La formule standard du BSCR

Le Basic Solvency Capital Requirement correspond au capital requis avant ajustements, prenant en compte les capitaux exigés pour six catégories : les risques de souscription vies, non-vies et santé, le risque de contrepartie, le risque intangible et le risque de marché.

$$BSCR = \sqrt{\sum_{i \times j} corr_{i,j} \times SCR_i \times SCR_j} + SCR_{intengibles}$$

Avec :

- $Cor_{i,j}$ est la corrélation entre les risques i et j
- SCR_i est le capital requis pour le risque i

- $SCR_{intengibles}$ est le capital requis pour le risque lié aux actifs incorporels.

En général, les droits au bail (fonds de commerce) sont les seuls intangibles valorisés en Solvabilité2.

Calcul forfaitaire : $SCR_{int} = 80\% NAV$ (NAV=Net Asset Value)

Le coefficient de corrélation $Cor_{i,j}$ se déduit du tableau fournit par le QIS5 :

i \ j	Marché	Contrepartie	Vie	Santé	Non-vie
Marché	1				
Contrepartie	0,25	1			
Vie	0,25	0,25	1		
Santé	0,25	0,25	0,25	1	
Non-vie	0,25	0,5	0	0	1

Table 4: matrice de corrélation des différents risques

« Le QIS5 désigne la cinquième étude d'impact (Quantitative Impact Studies ou QIS5) qui porte notamment sur les provisions techniques, le capital de solvabilité requis (Solvency Capital Requirement - SCR en anglais) et la classification des fonds propres. Il s'agit de la deuxième étude à tester les exigences quantitatives dans leur globalité et elle devrait constituer le dernier exercice complet de ce type avant la mise en œuvre effective de Solvabilité 2. »

Afin de déterminer le montant des capitaux requis aux titres des différents risques, des chocs sont prédéfinis pour chaque risque, par sous-module.

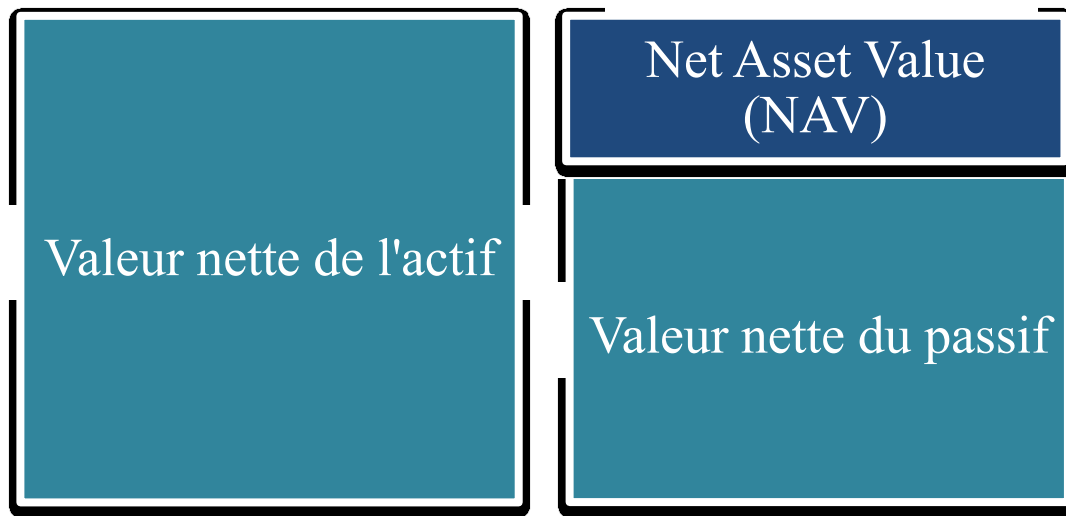
Le capital élémentaire requis correspond à la variation de la Net Asset Value avant et après les chocs. La Net Asset Value correspond à la valeur nette de l'actif diminuée de la valeur nette du passif.

$$NAV_t = A_t - P_t$$

Avec :

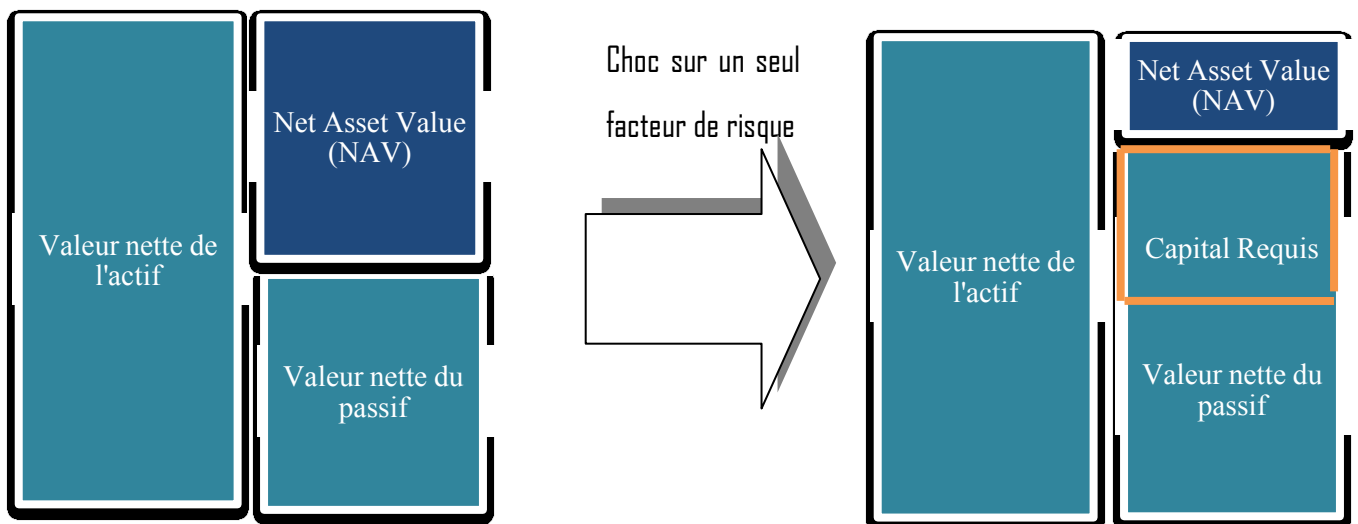
A_t : La valeur nette de l'actif à la date t.

P_t : La valeur nette du passif à la date t.



Ainsi, le capital requis au titre du sous-module i du risque k, correspondant à la perte d'actif net réel choqué

$$SCR_{k_i} = \Delta NAV|k_i = \text{Max}(NAV \text{ avant choc} - NAV_{k_i} \text{ après choc}, 0)$$

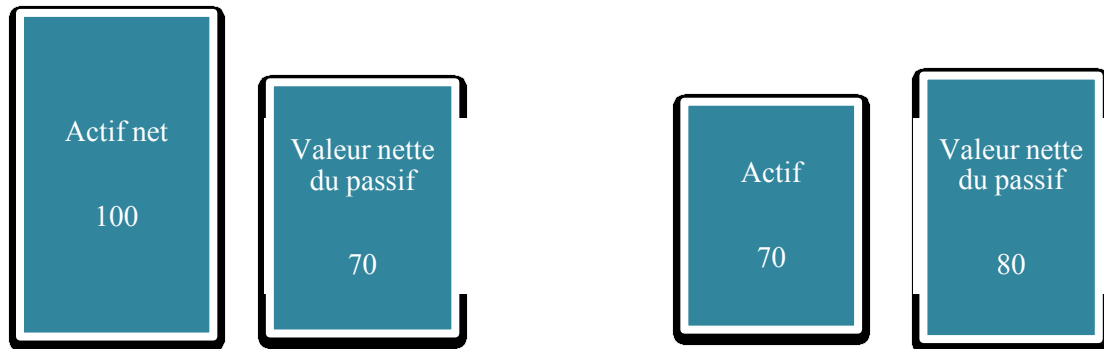


Choisissons un exemple concret :

Supposons que nous disposons initialement d'un montant d'actif égal à 100 et que nos engagements en valeur de marché (donc nos engagements actualisés au taux sans risque) s'élèvent à 70.

Supposons qu'en appliquant un stress test, notre actif diminue et ne représente plus que 70 et que nos engagements en valeur de marché s'élèvent désormais à 80.

Nous obtenons donc la situation suivante :



Situation initiale

$$NAV_0 = 100 - 70 = 30$$

Situation après le choc

$$NAV_1 = 70 - 80 = -10$$

Initialement on dégage un montant de capitaux égale à 30. Or si le mauvais scénario en question avait lieu, nos actifs ne seraient pas suffisants et on aura un besoin en capitaux d'un montant de 10. Par conséquent, il nous faudrait rajouter à la situation initiale un montant d'actifs de 10 pour faire face à cette situation, nos actifs s'élèveraient donc à 110.

Le SCR, c'est-à-dire la marge de solvabilité exigée. Dans ce cas-là serait donc de $110 - 70 = 40$.

On retrouve donc bien ce résultat en appliquant la formule décrite précédemment :

$$SCR = NAV_0 - NAV_1 = 30 - (-10) = 40$$

1.1. Calcul du capital réglementaire pour le risque marché

Le risque de marché est le risque de perte qui résulte des fluctuations des prix des instruments financiers qui composent un portefeuille (source : EIOPA)

Il est défini comme le maximum entre l'agrégation des sous-modules sous un choc à la hausse ou à la baisse du taux d'intérêt.

$$SCR_{market} = \max \left(\sqrt{Corr_{i,j}^{up} * MKT_{upi} * MKT_{upj}}, \sqrt{Corr_{i,j}^{down} * MKT_{downi} * MKT_{downj}} \right)$$

Avec :

- $Corr_{i,j}^{up}$: Le coefficient de corrélation entre les sous modules i et j pour le choc haussier
- MKT_{upi} : Le capital requis qui correspond au sous-module i en cas d'un choc haussier
- MKT_{upj} : Le capital requis qui correspond au sous-module j en cas d'un choc haussier
- $Corr_{i,j}^{down}$: Le coefficient de corrélation entre les sous modules i et j pour le choc baissier
- MKT_{downi} : Le capital requis qui correspond au sous-module i en cas d'un choc baissier
- MKT_{downj} : Le capital requis qui correspond au sous-module j en cas d'un choc baissier

Pour le cas d'un choc à la baisse, la matrice de corrélation proposée par QIS 5 est la suivante :

CorrMktDown	Intérêt	Action	Immobilier	Spread	Change	Concentration	Liquidité
Intérêt	1						
Action	0.5	1					
Immobilier	0.5	0.75	1				
Spread	0.5	0.75	0.5	1			
Change	0.25	0.25	0.25	0.25	1		
Concentration	0	0	0	0	0	1	
Liquidité	0	0	0	-0.5	0	0	1

Table 5: Choc associé au risque de marché : cas d'un choc baissier

Pour le cas d'un choc à la hausse, la matrice de corrélation proposée par QIS 5 est la suivante :

CorrMktUp	Intérêt	Action	Immobilier	Spread	Change	Concentration	Liquidité
Intérêt	1						
Action	0	1					
Immobilier	0	0.75	1				
Spread	0	0.75	0.5	1			
Change	0.25	0.25	0.25	0.25	1		
Concentration	0	0	0	0	0	1	
Liquidité	0	0	0	-0.5	0	0	1

Table 5: Tableau : Choc associé au risque de marché : cas d'un choc haussier

a) Le risque de taux d'intérêt

Le capital requis du risque de taux d'intérêt correspond à la variation de la NAV après application de deux scénarios de choc sur les taux, un scénario haussier et un baissier.

$$MKT_{DownInt} = \Delta NAV_{down}$$

$$MKT_{UpInt} = \Delta NAV_{up}$$

Le tableau des chocs à appliquer au taux d'intérêt en cas des chocs « haussier et baissier » est donné par :

Maturité (année)	Choc haussier	Choc baissier
1	70%	-75%
2	70%	-65%
3	64%	-56%
4	59%	-50%
5	55%	-46%
6	52%	-42%
7	49%	-39%
8	47%	-36%
9	44%	-33%
10	42%	-31%
11	39%	-30%
12	37%	-29%
13	35%	-28%
14	34%	-28%
15	33%	-27%
16	31%	-28%
17	30%	-28%
18	29%	-28%
19	27%	-29%
20	26%	-29%
21	26%	-29%
22	26%	-30%
23	26%	-30%
24	26%	-30%
25	26%	-30%
26	25%	-30%
27	25%	-31%
28	25%	-31%
29	25%	-31%
30	25%	-31%
31	25%	-31%
32	25%	-31%
33	25%	-31%
34	24%	-32%
35	24%	-32%
36	24%	-32%
37	24%	-32%
38	24%	-32%
39	24%	-32%
40	24%	-32%
41	23%	-32%
42	23%	-32%
43	23%	-32%
44	23%	-32%
45	23%	-32%
46	23%	-32%
47	22%	-31%
48	22%	-31%
49	22%	-31%

b) Le risque Action

Il résulte du niveau ou de la volatilité des cours des actions.

Les chocs à appliquer sont :

- -39% pour les actions cotées
- -49% pour les actions non cotées

$$MKT_{action} = \max (\Delta NAV_{choc\ action} , 0)$$

c) Le risque Immobilier

Il résulte du niveau ou de la volatilité du cours de l'immobilier.

Le capital requis est déterminé en appliquant un choc de -25% sur la valeur du marché de l'immobilier

$$MKT_{Immobilier} = \max (\Delta NAV_{choc\ Immobilier} , 0)$$

d) Le risque de change

Il résulte du niveau ou de la volatilité des taux de change

Le capital requis est déterminé en appliquant deux chocs $\pm 25\%$ la hausse et à la baisse de toutes les autres devises face à la devise locale.

$$MKT_{change} = \max (\Delta NAV_{choc\ haussier\ des\ devises} , \Delta NAV_{choc\ baissier\ des\ devises} , 0)$$

e) Le Risque de concentration

Il est lié à l'accumulation de position auprès d'une même contrepartie (par exemple, l'assureur détient une grande quantité de titre d'un même émetteur et en cas de défaillance cela peut causer des pertes importantes)

L'exposition excédentaire est calculée selon la formule suivante :

$$XS_i = \max \left(0, \frac{E_i}{Assets} - CT_i \right)$$

Avec :

- E_i : l'exposition à l'entité i
- $Assets$: valeur de marché totale des actifs concernés
- CT_i : est le seuil de concentration fixé de i

Selon la note de contrepartie le seuil de concentration est fixé comme suit :

rating	Seuil CT	Pénalité
AAA	3%	12%
AA	3%	12%
A	3%	21%
BBB	1.5%	27%
BB	1.5%	73%
Non noté	1.5%	73%
immobilier	10%	12%

Table 6: pénalité et seuil limite selon la note de contrepartie

Le chargement au titre de la concentration des risques par émetteur est calculé par la formule suivante :

$$Conci = Assets \times XS_i \times Pénalité_i$$

Ainsi

$$SCR_{Conc} = \sqrt{\sum_i Conci}$$

f) Le Risque de Spread

Il provient d'une évolution défavorable de la solvabilité de l'émetteur provoquant une aggravation du spread (écart de rendement) entre le taux sans risque et le taux de rentabilité attendu des placements. Il résulte principalement du niveau ou de la volatilité des spreads.

Source : (Art. 105 (4) (d) de la Directive 2009/138/EC)

Notons que la charge de capital pour les obligations d'Etat est nulle

Le risque de spread est divisé en trois sous modules :

$$SCR_{spread} = SCR_{oblig} + SCR_{sécur} + SCR_{cd}$$

i. Le capital requis concernant les obligations

$$SCR_{oblig} = \sum_i MV_i * F(rating, duration)$$

Avec :

MV_i Est la valeur de marché de l'obligation.

Chocs pour les obligations émises par des Etats en devise locale :

Table 7: chocs pour les obligations publics

	0 à 5	5 à 10	10 à 15	15 à 20	>20
AAA	0%	0%	0%	0%	0%
AA	0%	0%	0%	0%	0%
A	1.1%*d	5.5%+0.58%*(d-5)	8.4%+0.5%*(d-10)	10.9%+0.5%*(d-15)	13.4%+0.5%*(d-20)
BBB	1.4%*d	7%+0.7%*(d-5)	10.5%+0.5%*(d-10)	13%+0.5%*(d-15)	15.5%+0.5%*(d-20)
BB	2.5%*d	12.5%+1.5%*(d-5)	20%+1%*(d-10)	25%+1%*(d-15)	30%+0.5%*(d-20)
B	4.5%*d	22.5%+2.51%*(d-5)	35.05%+1.8%*(d-10)	44.05%+0.5%*(d-15)	46.55%+0.5%*(d-20)
<B	4.5%*d	22.5%+2.51%*(d-5)	35.05%+1.8%*(d-10)	44.05%+0.5%*(d-15)	46.55%+0.5%*(d-20)
NR	3%*d	15%+1.68%*(d-5)	23.4%+1.16%*(d-10)	29.2%+1.16%*(d-15)	35%+0.5%*(d-20)

Le maximum et le minimum pour la duration sont données par :

Table 8: max et min duration pour chaque classe

	Max Duration	Min Duration
0	1	0
1	1	0
2	1	173
3	1	169
4	1	140
5	1	107
6	1	107
NR	1	130

Chocs pour les obligations privées émises :

Table 9: chocs pour les obligations privés

	0 à 5	5 à 10	10 à 15	15 à 20	>20
0	0.9%*d	4.5%+0.53%*(d-5)	7.15%+0.5%*(d-10)	9.65%+0.5%*(d-15)	12.5%+0.5%*(d-20)
1	1.1%*d	5.5%+0.58%*(d-5)	8.4%+0.5%*(d-10)	10.9%+0.5%*(d-15)	13.4%+0.5%*(d-20)
2	1.4%*d	7%+0.7%*(d-5)	10.5%+0.5%*(d-10)	13%+0.5%*(d-15)	15.5%+0.5%*(d-20)
3	2.5%*d	12.5%+1.5%*(d-5)	20%+1%*(d-10)	25%+1%*(d-15)	30%+0.5%*(d-20)
4	4.5%*d	22.5%+2.51%*(d-5)	35.05%+1.8%*(d-10)	44.05%+0.5%*(d-15)	46.55%+0.5%*(d-20)
5	7.5%*d	37.5%+4.2%*(d-5)	58.50%+0.5%*(d-10)	61%+0.5%*(d-15)	63.5%+0.5%*(d-20)
6	7.5%*d	37.5%+4.2%*(d-5)	58.50%+0.5%*(d-10)	61%+0.5%*(d-15)	63.5%+0.5%*(d-20)
NR	3%*d	15%+1.68%*(d-5)	23.4%+1.16%*(d-10)	29.2%+1.16%*(d-15)	35%+0.5%*(d-20)

Le maximum et le minimum pour la duration sont données par :

Table 10: max et min duration pour les obligations privés pour chaque classe

	Max Duration	Min Duration
0	1	176
1	1	173
2	1	169
3	1	140
4	1	107
5	1	73
6	1	73
NR	1	130

3^{ème} Partie : Stress test du Fonds de réserve géré par la CMR

Chapitre I : Démarche méthodologique et scénario

de stress retenu

I. Etapes suivies pour le déroulement du processus d'élaboration des stress tests :

En s'inspirant de l'expérience des membres de l'IOPS et de l'expérience européenne (EIOPA) ainsi que de l'expérience des gestionnaires des fonds en France et de la méthodologie adoptée au secteur bancaire marocain, nous essayons d'implémenter une méthodologie robuste pour appliquer le stress test au contexte marocain et notamment la Caisse Marocaine des Retraites (CMR). Notre benchmark s'est basé principalement sur l'expérience du Pays-Bas et celle du Danemark. En effet, pour ces derniers, ils prennent comme indicateur le surplus et le compare au SCR (Solvency Capital Requirement). Cette démarche fait appel à la notion de solvabilité II, déjà exposé dans les deux chapitres précédents.

Dans notre étude, nous considérons deux indicateurs le 1^{er} c'est le surplus du portefeuille réel par rapport à un portefeuille de couverture HDP, le deuxième est la performance relative du portefeuille réel par rapport au portefeuille Benchmark. Ces deux indicateurs vont nous permettre de se renseigner sur le profil risque de la CMR et d'évaluer la qualité de la performance de leur portefeuille. Le portefeuille HDP sera construit par la méthode de Cash-Flow Matching et sera alors un portefeuille sans risque. Or le portefeuille Benchmark est issu des techniques d'ALM et présente ainsi la meilleure stratégie d'investissement. Par ailleurs, pour conclure si la CMR réussira le stress test ou pas, nous allons comparer le surplus par rapport au portefeuille HDP avec le SCR (Solvency Capital Requirement). Ce dernier représente le capital économique nécessaire pour absorber le choc provoqué par un risque majeur, comme il a été cité dans les directives de Solvabilité II.

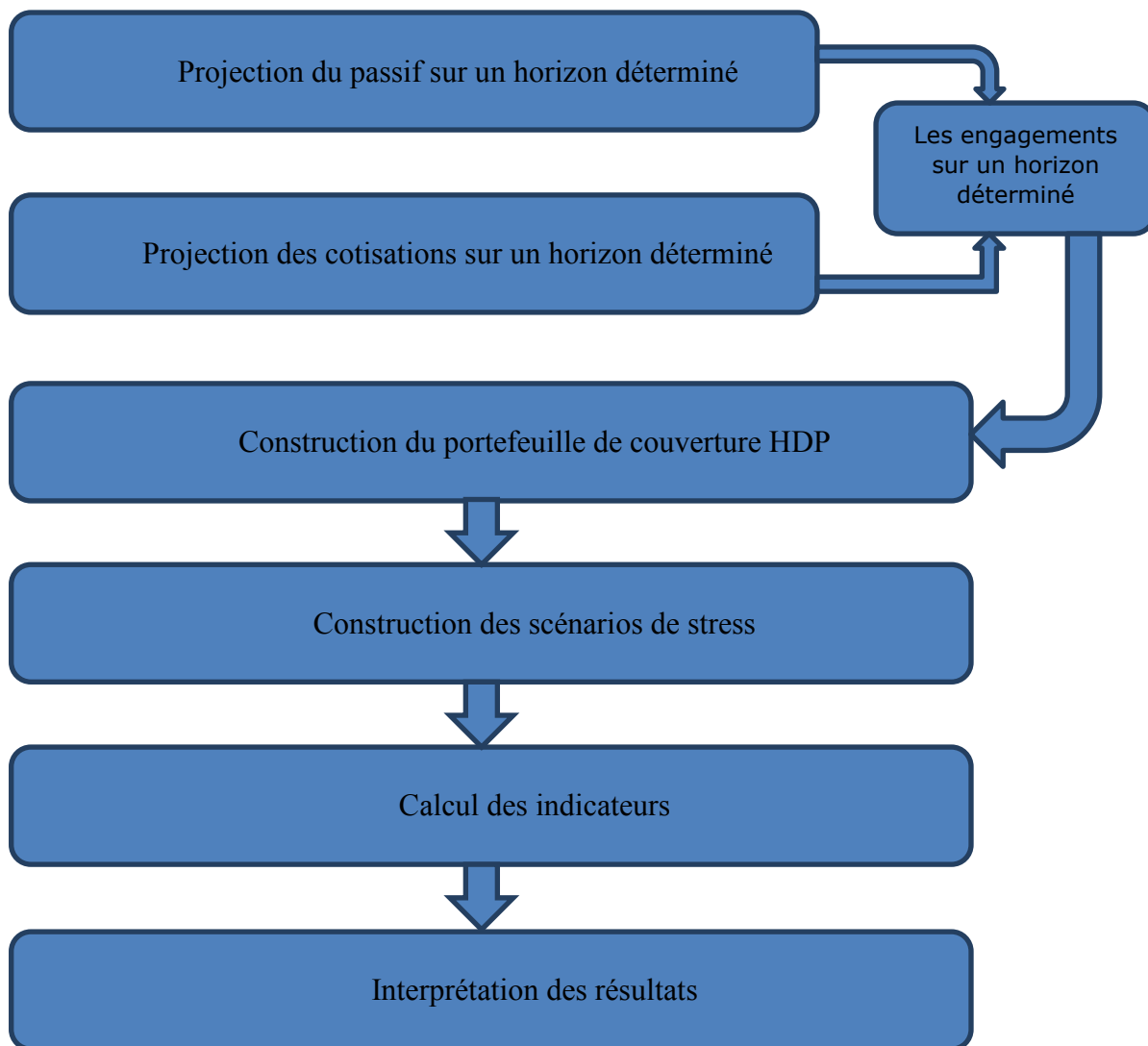


Figure 8: Méthodologie adoptée du travail

- 1^{ère} étape : Construction du portefeuille de couverture :

Nous allons construire notre portefeuille de couverture HDP à la date du 30/12/2016 par le principe de Cash-Flow Matching moyennant des obligations ZC. Ce portefeuille va produire des flux exactement adossés en maturité et en valeur aux déficits techniques de la CMR sur l'horizon. Ce portefeuille sera alors un portefeuille zéro-risque. Pour construire ce

portefeuille HDP, nous aurons besoin de la courbe ZC qui sera construite à travers la méthode Bootstrap. Cette dernière sera détaillée dans l'annexe.

Par contre, pour certaines années la différence entre cotisations et prestations sera positives vu l'impact positif de la nouvelle réforme paramétrique du régime des pensions civiles entrée en vigueur en septembre 2016 ; Ces flux positifs seront, dans ce cas, considérés comme étant un actif à la date de construction du portefeuille HDP après les avoir actualisés.

- 2^{ème} étape : Construction des scénarios :

Dans une première étape, nous allons essayer de construire des scénarios hypothétiques en se basant sur les expériences des fonds de pension à l'étranger. Il convient de noter qu'au Maroc, malheureusement, il n'existe aucune réglementation pour le secteur de prévoyance vu que les autorités de contrôle, à savoir l'AMMC et l'ACAPS, viennent de s'installer que récemment. Par contre, BAM a publié une notice qui régleme la pratique du stress test dans le secteur bancaire qu'on va prendre en considération lors de la construction du scénario de stress

En parallèle, nous allons essayer de construire des scénarios extrêmes basés sur la théorie des valeurs extrêmes pour confronter les hypothèses et résultats de notre étude. En effet, pour le risque de taux d'intérêt, on conserve un seul facteur de risque qui est le facteur de translation Ce choix n'était pas arbitraire est sera expliqué dans le prochain chapitre. Le facteur de risque action sera l'indice MASI, ce choix s'explique par le fait qu'il constitue un Benchmark de la CMR ainsi qu'un indicateur de la santé du marché financier Marocain. Cependant, la relation entre les actifs risqués et l'indice MASI sera donné à travers le modèle CAPM (Capital Asset Pricing Model) que nous avons détailler dans l'annexe.

Il faut noter que la partie OPCVM du portefeuille sera traitée de la manière suivante : les OPCVM actions seront stressés de la même manière que le portefeuille action tandis que les OPCVM obligations seront stressés de la même manière que le portefeuille obligataire.

- 3^{ème} étape : Calcul des indicateurs et interprétation des résultats :

Cette étape consiste à calculer le surplus du portefeuille réel par rapport au portefeuille Benchmark et par rapport au portefeuille HDP. Il faut noter que la valeur du portefeuille HDP est affectée seulement par les scénarios de stress sur les taux d'intérêt tandis que la valeur du portefeuille Benchmark est affectée par l'ensemble des scénarios de stress. Après avoir calculé nos indicateurs de risque, nous sommes ramenés à tirer des conclusions voir même proposer des recommandations dans le cas où nous jugerons que le portefeuille ne réussit pas le test de crise.

II. Principes retenus pour la réalisation des stress tests

II.1. Méthodes de valorisation des actifs :

Dans le cadre de notre projet, l'actif et le passif seront valorisés à leur juste valeur définie selon IFRS 13 comme le prix qui serait reçu pour la vente d'un actif ou payé pour le transfert d'un passif lors d'une transaction normale entre des intervenants du marché à la date d'évaluation

Ainsi, la valeur de marché de notre actif correspond au 31 décembre 2016, et celle de notre passif à un Best Estimate des engagements futurs

II.2. Construction de la courbe ZC :

Avant de construire notre portefeuille de couverture HDP, nous allons procéder tout d'abord à la détermination de la courbe ZC du 30/12/2016. Or, les obligations zéro-coupons ne constituent pas un marché suffisamment liquide. En effet, il est impossible de trouver pour chaque échéance de paiement des prestations, un zéro-coupon de maturité identique surtout lorsqu'on parle des maturités longues. Pour cette raison, nous utilisons la méthode Bootstrap pour déterminer la courbe ZC à notre date.

Pour ce faire, nous téléchargeons la courbe des taux de rendement publié par la BAM et qui tient en compte des opérations des marchés primaire et secondaire.

En millions de dirhams

Date d'échéance	Transaction	Taux moyen pondéré	Date de la valeur
13/02/2017	31,57	2,173 %	30/12/2016
06/03/2017	31,68	2,172 %	30/12/2016
25/05/2017	31,51	2,224 %	30/12/2016
17/07/2017	307,72	2,250 %	30/12/2016
15/08/2017	31,39	2,266 %	30/12/2016
18/09/2017	25,27	2,286 %	30/12/2016
15/01/2018	68,73	2,390 %	30/12/2016
16/04/2018	120,40	2,403 %	30/12/2016
14/05/2018	20,54	2,445 %	30/12/2016
02/08/2019	49,41	2,565 %	30/12/2016
21/10/2019	21,93	2,525 %	30/12/2016
28/02/2020	135,91	2,609 %	30/12/2016
03/03/2020	49,19	2,610 %	30/12/2016
05/09/2020	33,30	2,612 %	30/12/2016
16/05/2022	100,13	2,690 %	30/12/2016
15/06/2026	42,53	3,140 %	30/12/2016
16/04/2029	254,76	3,410 %	29/12/2016
06/08/2029	37,19	3,305 %	29/12/2016
05/08/2030	69,82	3,446 %	19/12/2016
04/02/2036	456,06	3,831 %	21/12/2016
19/02/2046	15,05	4,190 %	29/12/2016
Total	1 934,09		

Table 11: Le TMP pour les différentes maturités

Après avoir utilisé des transformations de base de calcul (pour plus de détails, voir l'annexe), nous utilisons une interpolation linéaire pour avoir les taux ZC pour les maturités standards.

maturité	taux ZC
1	2,39%
2	2,47%
3	2,54%
4	2,61%
5	2,68%
6	2,76%
7	2,83%
8	2,90%
9	2,97%
10	3,05%
11	3,12%
12	3,19%
13	3,26%
14	3,34%
15	3,41%
16	3,48%
17	3,55%
18	3,63%
19	3,70%
20	3,77%
21	3,84%

Table 12: Le taux zéro coupon construit

II.3. Indicateurs de suivi retenus pour l'appréciation du stress test :

L'objectif principal du Fonds de réserve de la CMR des RPC est de pouvoir honorer ses engagements jusqu'en 2027. A ce premier objectif, s'ajoute un second objectif qui concerne la meilleure utilisation des sommes qui ont été confiées à la CMR en maximisant le surplus au fil du temps. Ce surplus est égal à la différence entre l'actif net et le passif actualisé jusqu'à 2027, qui est la date d'épuisement des réserves.

Le suivi du surplus lors des stress tests permettra de s'assurer que la structure pourra honorer ses engagements même lors des situations de crise.

Par ailleurs, nous utilisons la performance relative de l'actif net par rapport au portefeuille Benchmark de la CMR. Ce deuxième indicateur va nous renseigner sur le profil risque de la CMR et d'évaluer son portefeuille réel par rapport au portefeuille issu de l'ALM.

III. Scénario pour le stress test :

III.1. Pratiques en vigueur :

Le tableau ci-dessus résume les scénarios du stress test pour le risque du marché proposés par certains régulateurs étrangers, la solvabilité II et BAM

Table 13: scénario de stress proposés par les régulateurs

	Pays-Bas	Suède	Danemark	BAM	Solvabilité II
Actions	-25% sur les marchés matures -35% sur les marchés émergents -30% sur les actions privées	-40% sur le marché Suédois -37% sur les actions étrangères	Rouge :-12% Jaune : -30%	Scénario 1 : -15% Scénario 2 : -25%	-39%
Taux d'intérêt	±100 pb sur la courbe des taux	-	Rouge : ±85 pb Jaune : ±120 pb	Scénario 1 : +50 pb en translation uniforme de la Courbe Scénario 2 : +100 pb en translation uniforme de la courbe	Le tableau cité dans la partie solvabilité II selon les maturités (pas de translation sur la courbe des taux)
Immobilier	-15%	-35%	-	-10%	-25%

D'après le tableau ci-dessus nous constatons que le range des scénarios du stress est suffisamment large et diffère d'un contexte à un autre. Par exemple, pour la classe des actions, le scénario jaune proposé par la Danemark correspond à une baisse de 12% du

marché boursier, alors qu'en Suède, le scénario de baisse de ce marché peut aller jusqu'à -40% de pertes

III.2. Théorie de valeurs extrêmes :

Dans cette section, nous allons utiliser la théorie des valeurs extrêmes pour construire des scénarios de crise pour deux séries financières à savoir la série MASI et la série du facteur de translation « fl » relatif à la courbe zéro coupon.

Afin que les résultats soient pertinents et robustes, l'historique des séries doit être relativement long. Ainsi, nous allons utiliser un historique qui s'étale du 01/01/1999 au 20/05/2017 pour la série Masi et du 01/01/2008 au 01/01/2016 pour la série du facteur de translation

Avant de commencer l'ajustement, nous allons présenter les différentes caractéristiques de ces séries à l'aide d'un tableau de statistiques descriptives de base.

Statistique de base	Rendement de Masi	Variation de facteur de translation fl
Maximum	0.0455500	0.7119000
Minimum	-0.0501700	-0.7281000
Moyenne	0.0002065	-0.0005473
Premier quartile	-0.0030510	-0.0071200
Médiane	0.0001572	0
Troisième quartile	0.0034060	0.0057400
Coefficient d'asymétrie	-0.08241846	-0.416736
Coefficient de Kurtosis	5.953648	69.44663

Table 14: les statistiques de base pour la série Masi et fl

a) Scénario pour l'indice MASI :

Pour obtenir la série des extrema, nous allons repartir la série initiale de Masi en des blocs de 21 jours. Nous rappelons que la taille des blocs doit être suffisamment grande pour pouvoir appliquer le résultat asymptotique du théorème de Fisher-Tippet.

Après avoir ajusté la série des extrema de Masi sous le logiciel Hyfran, nous allons nous appuyer sur le test de Khi-deux pour vérifier l'adéquation du modèle. Le test est le suivant :

H0 : l'échantillon provient d'une loi GEV

H1 : l'échantillon ne provient pas d'une loi GEV

Estimation des paramètres

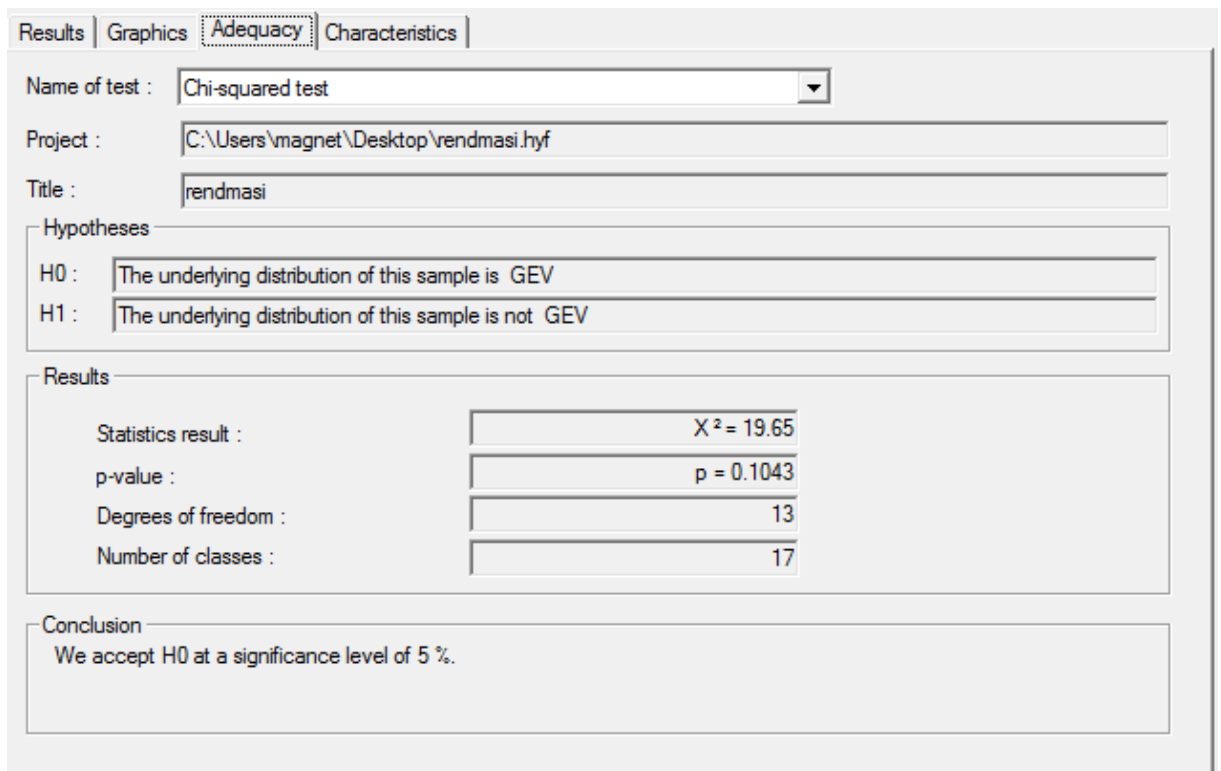
L'estimation des paramètres de la distribution GEV est faite par la méthode du Maximum de vraisemblance. Sous le logiciel Hyfran, nous obtenons les résultats suivants :

μ	0,577778
σ	0,007284
ξ	-0,013385

D'après le tableau ci-dessus, on constate que notre échantillon provient d'une distribution GEV de type Weibul car l'estimation du paramètre de forme ξ donne une valeur strictement négative.

Validation du modèle

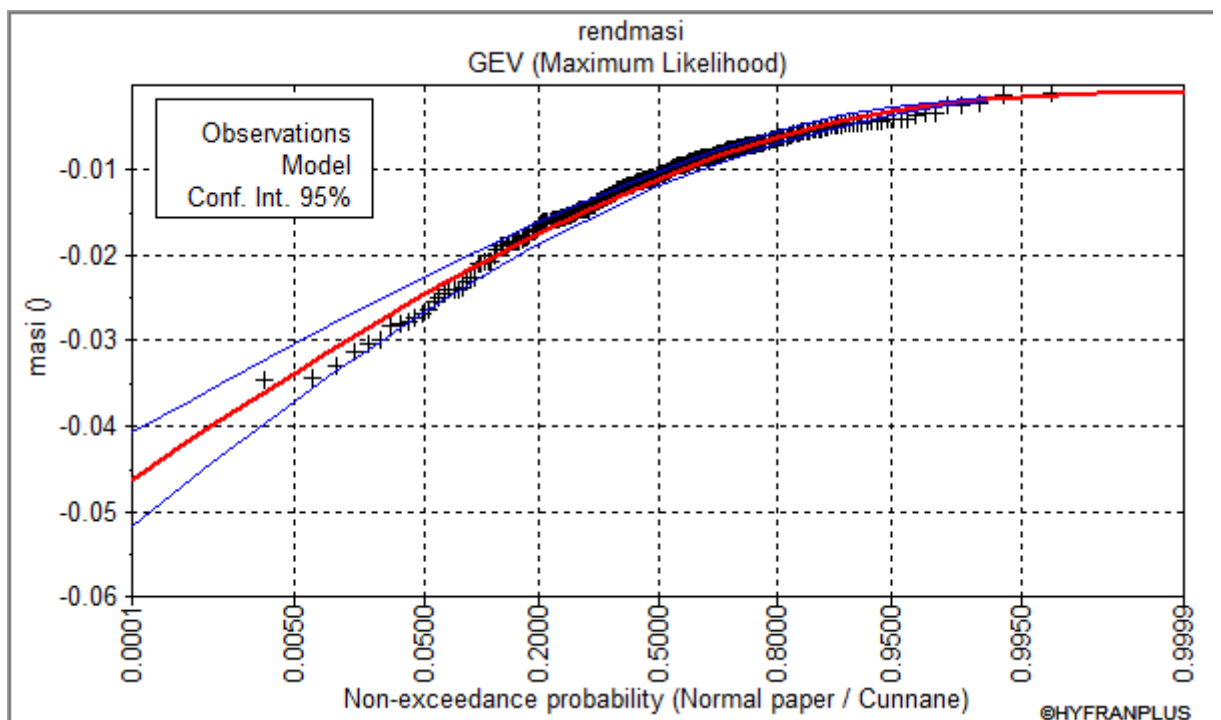
Les résultats du test sont présentés comme suit :



Le test de Khi-deux appliqué à la série des extrema de Masi permet d'accepter l'hypothèse nulle au seuil de 5% car la p-value est égale à 0.1043 supérieure à 0.05

Ainsi, nous pouvons affirmer que notre série provient d'une loi GEV

Pour mieux visualiser ce constat, nous présenterons le graphe suivant :



Nous remarquons que toutes nos observations sont comprises dans l'intervalle de confiance à 95% de la distribution estimée. Ainsi, ce graphique confirme le résultat obtenu par le test statistique de Khi-deux.

Scénarios de crise de Masi

Une fois le modèle est vérifié, nous passons à la détermination des scénarios de crise qui s'obtiennent facilement en calculant le quantile associé à un temps de retour. Hyfran permet de calculer ces quantiles pour chaque temps de retour.

T	q	XT	Standard	Confidence interval
10000.0	0.0001	-0.046255	0.0028216	-0.051786 --0.040723
2000.0	0.0005	-0.041478	0.0023739	-0.046132 --0.036824
1000.0	0.0010	-0.039291	0.0021769	-0.043558 --0.035023
200.0	0.0050	-0.033818	0.0017100	-0.037170 --0.030466
100.0	0.0100	-0.031247	0.0015053	-0.034198 --0.028296
50.0	0.0200	-0.028506	0.0012991	-0.031053 --0.025959
20.0	0.0500	-0.024544	0.0010274	-0.026558 --0.022530
10.0	0.1000	-0.021192	0.00082744	-0.022814 --0.019569
5.0	0.2000	-0.017376	0.00064264	-0.018635 --0.016116
3.3	0.3000	-0.014813	0.00054923	-0.015889 --0.013736
2.0	0.5000	-0.010979	0.00045629	-0.011874 --0.010085

Le tableau ci-dessus indique une baisse du rendement de Masi qui varie entre -4.62% et -1.09%.

Cette baisse reste peu importante et ne présente pas une vraie situation de crise pour le marché boursier marocain. Cela est expliqué par la faible volatilité de l'indice Masi au cours des dernières années, sans oublier bien évidemment les particularités du marché boursier marocain qui dispose d'une place boursière récente.

D'ailleurs, cette méthode s'avère peu compatible avec le marché marocain vu le manque et la qualité des données historiques. En effet, pour avoir des résultats plus pertinents, il faut au moins un historique de 60 ans.

b) Scénario pour la courbe des taux :

1. Analyse de la courbe zéro-coupons :

En analysant l'historique des taux ZC, nous allons essayer d'expliquer les facteurs qui sont à l'origine de la déformation de la courbe ZC.

Tout d'abord, nous analysons la matrice de corrélation de la courbe des taux sur un historique de 6 ans.

On constate que plus l'écart de maturité entre les taux est grand, plus la corrélation est faible. La matrice de corrélation ci-dessus est alors différente de l'unité. Il va falloir alors de déterminer un nombre fini de facteurs de risque à l'origine de la déformation de la courbe des taux ZC. Pour cette raison, on utilise l'Analyse en Composante Principales (ACP).

Matrices anti-images

		13S actuariel	26S actuariel	52 S Actuariel	2A	5A	10A	15A	20A	30A
Covariance anti-images	13S actuariel	,015	-,007	,000	,001	,001	,000	,001	-,005	,016
	26S actuariel	-,007	,007	-,003	,001	-,001	,000	,000	,000	-,004
	52 S Actuariel	,000	-,003	,006	-,005	,002	,001	-1,202E-005	-,003	,001
	2A	,001	,001	-,005	,009	-,006	-,005	,001	,010	-,006
	5A	,001	-,001	,002	-,006	,143	-,013	,007	,003	,035
	10A	,000	,000	,001	-,005	-,013	,017	-,018	-,003	,021
	15A	,001	,000	-1,202E-005	,001	,007	-,018	,031	-,030	-,029
	20A	-,005	,000	-,003	,010	,003	-,003	-,030	,237	-,134
	30A	,016	-,004	,001	-,006	,035	,021	-,029	-,134	,542

Les coefficients de corrélations partielles sont tous proche de zéro ce qui implique la présence d'interrelations transitant par toutes les variables de l'analyse.

Indice KMO et test de Bartlett

Mesure de précision de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin.		,875
Test de sphéricité de Bartlett	Khi-deux approximé	51836,108
	ddl	36
	Signification de Bartlett	,000

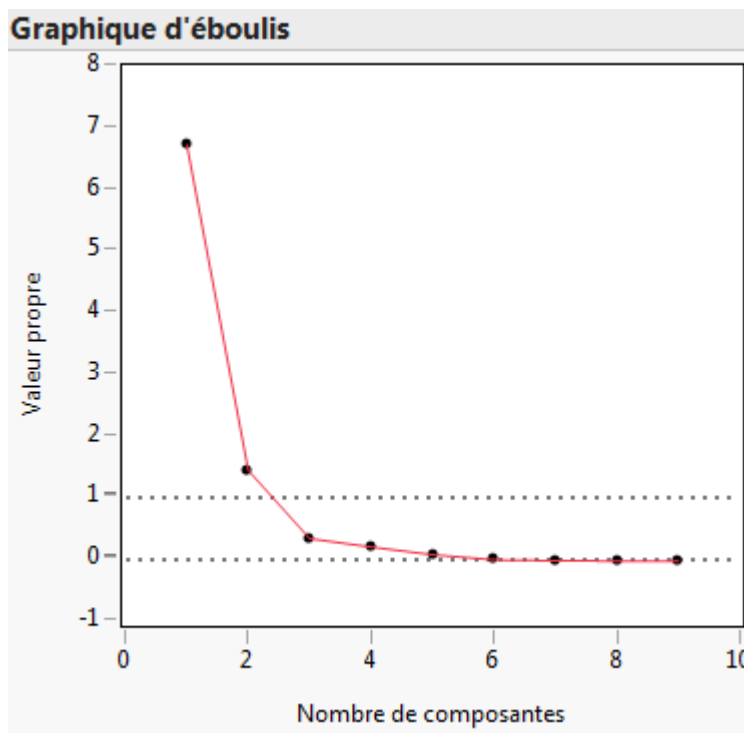
Le coefficient KMO est proche de 1 c'est-à-dire que les variables sont faiblement corrélées deux à deux et donc d'après ce coefficient on doit poursuivre l'ACP

De même, le test de sphéricité de Bartlett, qui cherche à indiquer si les variables sont corrélées entre elles, rejette l'hypothèse nulle. Cette dernière avance que la matrice des

corrélations est égale à l'unité. En effet, la sphéricité implique un nuage de points qui se dilate dans tous les sens et donc les points sont représentés par une sphère.

Globalement, tous ses indices nous indiquent la nécessité de poursuivre l'ACP afin de réduire la dimension de travail. En appliquant cette méthode à notre historique de courbes des taux, nous obtiendrons les résultats suivants :

Valeurs propres						
Numéro	Valeur propre		Pourcentage cumulé			
	Valeur	Pourcentage	20	40	60	80
1	6,7630	75,144	[Bar chart showing 75.144%]			75,144
2	1,4772	16,413	[Bar chart showing 91.557%]			91,557
3	0,3699	4,110	[Bar chart showing 95.667%]			95,667
4	0,2344	2,605	[Bar chart showing 98.272%]			98,272
5	0,1080	1,200	[Bar chart showing 99.472%]			99,472
6	0,0267	0,297	[Bar chart showing 99.769%]			99,769
7	0,0116	0,129	[Bar chart showing 99.898%]			99,898
8	0,0058	0,064	[Bar chart showing 99.962%]			99,962
9	0,0034	0,038	[Bar chart showing 100.000%]			100,000



Les trois premiers facteurs de l'ACP expliquent plus de 95% de l'inertie des données. En effet, le premier facteur à lui seul arrive à expliquer 75.14 % de la variabilité. Par conséquent, ces trois facteurs sont très suffisants pour rendre compte de l'information contenue dans les variations des courbes des taux.

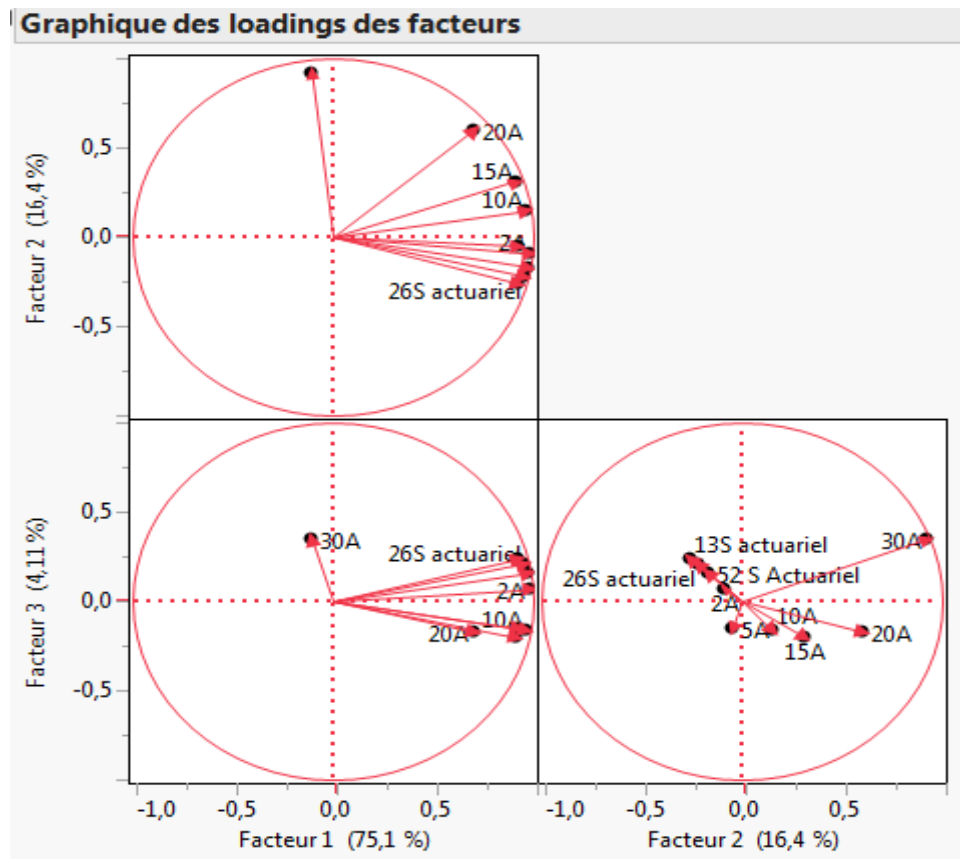
Afin d'avoir une explication économique des facteurs obtenus, nous nous appuyons sur les loadings.

Matrice des composantes^a

	Composante		
	1	2	3
13S actuariel	,924	-,260	,237
26S actuariel	,948	-,217	,211
52 S Actuariel	,970	-,166	,156
2A	,985	-,093	,065
5A	,923	-,049	-,154
10A	,961	,146	-,159
15A	,907	,314	-,202
20A	,699	,599	-,170
30A	-,107	,919	,349

Méthode d'extraction : Analyse en composantes principales.

a. 3 composantes extraites.



Pour le 1^{er} facteur, nous constatons que les loadings des différentes maturités sont positifs à part celui de la maturité du 30 ans, ce qui fait qu'une augmentation de ce facteur implique une augmentation des taux des différentes maturités avec le même niveau de variation et donc un déplacement vers le haut de la courbe des taux. Nous pouvons alors appeler ce facteur : un facteur de translation.

Pour le 2^{eme} facteur, les loadings des maturités courtes et moyennes ont un signe différent de ceux du long terme, ce qui fait que ce facteur implique un effet de pente. En effet, une variation à la hausse des taux court et moyen terme donne une variation à la baisse des taux long terme et donc ce facteur induit un effet d'aplatissement ou de pentification de la courbe des taux.

Pour le 3^{eme} facteur, les loadings des maturités de court et long terme ont un signe différent de ceux du moyen terme, ce qui fait que ce facteur implique un effet de courbure pour la courbe des taux (butterfly effect).

Dans notre étude, nous ne conservons que le facteur de translation sur lequel nous allons appliquer la théorie des valeurs extrêmes vu que les scénarios du stress des taux d'intérêt vu dans la partie précédente n'utilisent que des scénarios portant sur le facteur de translation.

2. Scénario extrême par TVE :

Dans une première phase, nous avons essayé de modéliser le facteur de translation obtenu par l'ACP à travers les modèles à seuil. Malheureusement, le modèle ne s'adapte pas aux données. En revanche la modèle GEV s'adapte très bien à notre contexte.

Dans notre projet, nous avons utilisé le logiciel HyfranPlus. Ce dernier nous a permis d'estimer les paramètres et de trouver la baisse/la hausse extrême associé à chaque temps de retour (cette notion est expliqué en détail dans l'annexe).

Concernant la série des variations du facteur de translation f_1 , nous considérons un historique allant de 01/01/2008 jusqu'à 01/01/2014. Comme pour la série des extrema de MASI, nous allons répartir la série initiale de f_1 en des blocs de 21 jours.

A la baisse

Après avoir ajusté la série des extrema de f_1 sous le logiciel Hyfran, nous procéderons au test de Khi-deux pour vérifier l'adéquation du modèle. Le test est le suivant :

H_0 : l'échantillon provient d'une loi GEV

H_1 : l'échantillon ne provient pas d'une loi GEV

Estimation des paramètres

L'estimation des paramètres de la distribution GEV est faite par la méthode du Maximum de vraisemblance. Sous le logiciel Hyfran, nous obtenons les résultats suivants :

μ	0,939728
σ	0,039158
ξ	-0,048541

Le tableau ci-dessus indique que notre échantillon provient d'une distribution GEV de type Weibul car l'estimation du paramètre de forme ξ nous donne une valeur strictement négative.

Validation du modèle

Les résultats du test sont présentés comme suit :

Results | Graphics | Adequacy | Characteristics

Name of test : Chi-squared test

Project : C:\Users\magnet\Desktop\fact1.hyf

Title : fact1

Hypotheses

H0 : The underlying distribution of this sample is GEV

H1 : The underlying distribution of this sample is not GEV

Results

Statistics result :	X ² = 13.79
p-value :	p = 0.0875
Degrees of freedom :	8
Number of classes :	12

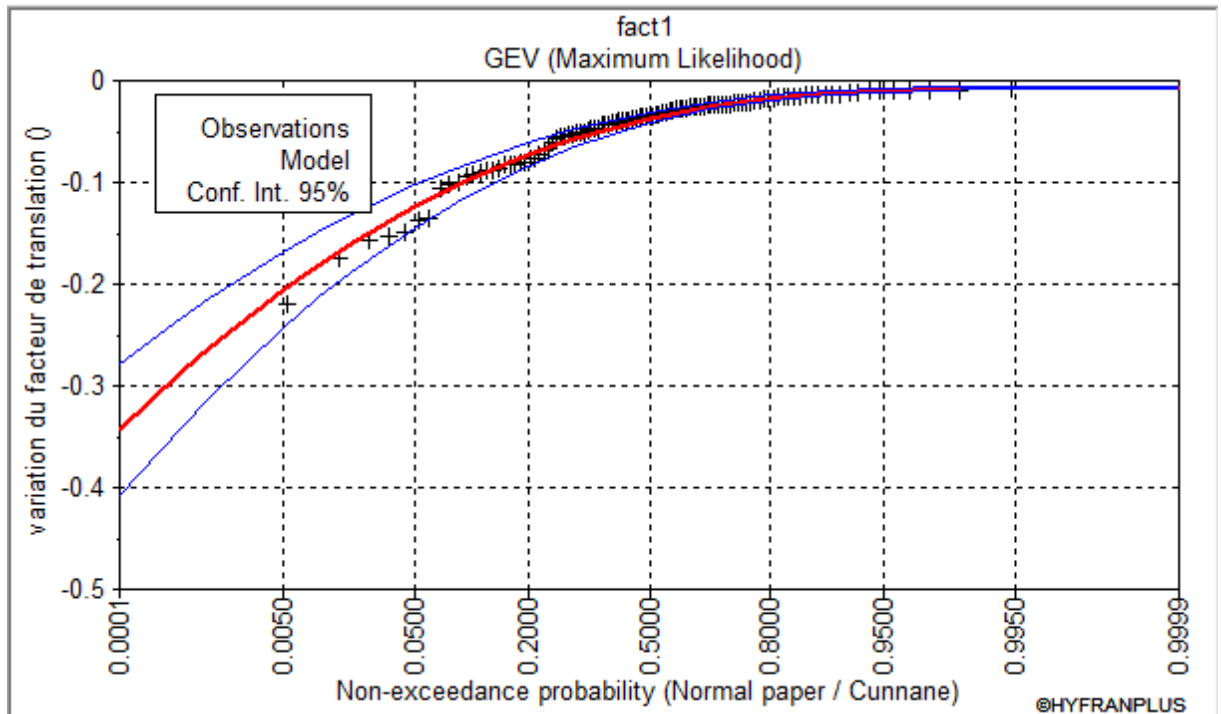
Conclusion

We accept H0 at a significance level of 5 %.

Le résultat du test de Khi-deux indique une P-value égale à 0.0875 qui est supérieure à 0.05

Ainsi, nous pouvons conclure que notre série provient effectivement d'une loi GEV

En outre, Hyfran permet de visualiser la série des extrema dans un intervalle de confiance de 95% par rapport à la distribution estimée. Nous présenterons ainsi le graphe suivant :



Nous remarquons que la majorité des observations sont comprises dans l'intervalle de confiance, ce qui permet de renforcer le résultat obtenu par le test statistique de Khi-deux.

Scénarios de crise à la baisse de la variation du facteur de translation

Comme précédemment, après avoir vérifié l'adéquation du modèle, nous passons au calcul du quantile associé à la notion du temps de retour. Hyfran permet de calculer ces quantiles pour chaque temps de retour.

T	q	XT	Standard	Confidence interval
10000.0	0.0001	-0.34260	0.033099	-0.40748 --0.27771
2000.0	0.0005	-0.28716	0.027327	-0.34073 --0.23358
1000.0	0.0010	-0.26307	0.024842	-0.31177 --0.21437
200.0	0.0050	-0.20654	0.019074	-0.24394 --0.16915
100.0	0.0100	-0.18189	0.016592	-0.21442 --0.14937
50.0	0.0200	-0.15702	0.014113	-0.18469 --0.12935
20.0	0.0500	-0.12372	0.010841	-0.14497 --0.10246
10.0	0.1000	-0.098116	0.0083740	-0.11453 --0.081700
5.0	0.2000	-0.072040	0.0059226	-0.083651 --0.060430
3.3	0.3000	-0.056483	0.0045033	-0.065311 --0.047654
2.0	0.5000	-0.036400	0.0027523	-0.041795 --0.031004
1.5000	0.6667	-0.024712	0.0018107	-0.028261 --0.021162

Le tableau des résultats affiche une baisse allant de 9.8 à 26.3 points de base de la courbe des taux en translation uniforme pour un temps de retour allant de 10 ans à 1000 ans.

Il est important de noter que les résultats obtenus ne fournissent qu'un ordre de grandeur, et c'est au régulateur de choisir le bon scénario de stress

A la hausse

Nous construisons notre série des extrema à partir de la série initiale du facteur de translation en prenant le maximum de chaque bloc, une fois la série est construite, nous procédons à l'ajustement de la série selon la loi GEV.

Après avoir ajusté la série des extrema de f_1 sous le logiciel Hyfran, nous procéderons au test de Khi-deux pour vérifier l'adéquation du modèle. Le test est le suivant :

H_0 : l'échantillon provient d'une loi GEV

H_1 : l'échantillon ne provient pas d'une loi GEV

Estimation des paramètres

Sous le logiciel Hyfran, nous obtenons les résultats suivants concernant l'estimation des paramètres :

μ	-0,790344
σ	0,024645
ξ	0,028979

Nous constatons que la valeur estimée de ξ est égale à 0.0289 qui strictement positive, ainsi, notre distribution GEV est de type Fréchet qui confirme le fait que notre série est à queue épaisse.

Validation du modèle

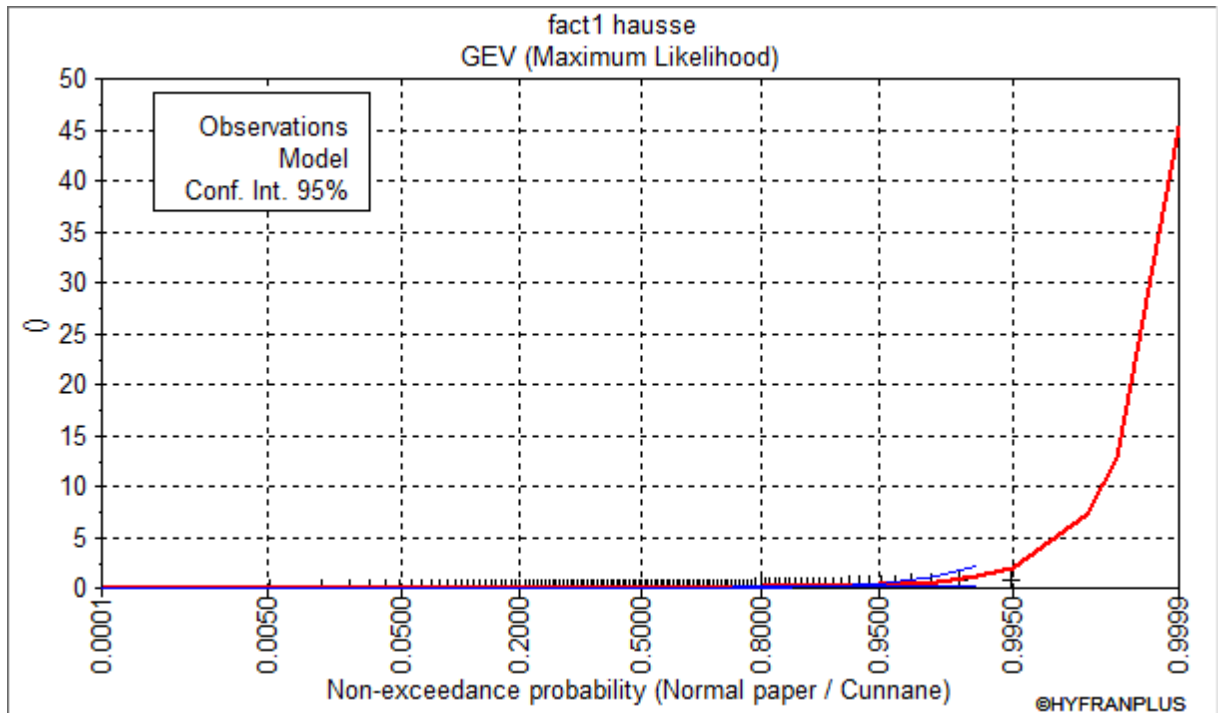
Les résultats du test sont présentés comme suit :

Results	Graphics	Adequacy	Characteristics
Name of test : <input type="text" value="Chi-squared test"/>			
Project : <input type="text"/>			
Title : <input type="text" value="fact1 hausse"/>			
Hypotheses			
H0 : <input type="text" value="The underlying distribution of this sample is GEV"/>			
H1 : <input type="text" value="The underlying distribution of this sample is not GEV"/>			
Results			
Statistics result :	<input type="text" value="X<sup>2</sup> = 9.07"/>		
p-value :	<input type="text" value="p = 0.4309"/>		
Degrees of freedom :	<input type="text" value="9"/>		
Number of classes :	<input type="text" value="13"/>		
Conclusion			
<input type="text" value="We accept H0 at a significance level of 5 %."/>			

Le résultat du test de Khi-deux indique une P-value égale à 0.4309 largement supérieure à 0.05

Ainsi, l'hypothèse nulle du test est acceptée et nous pouvons conclure que notre série provient effectivement d'une loi GEV.

Confirmons ce résultat en visualisant le graphe suivant :



Nous remarquons que toutes nos observations sont comprises dans l'intervalle de confiance à 95% de la distribution GEV estimée.

Scénarios de crise de la variation du facteur de translation

Comme précédemment, après avoir vérifié l'adéquation du modèle, nous passons au calcul du quantile associé à la notion du temps de retour. Hyfran permet de calculer ces quantiles pour chaque temps de retour.

T	q	XT	Standard	Confidence interval
10000.0	0.9999	45.213	39.606	N/D
2000.0	0.9995	12.668	8.9871	N/D
1000.0	0.9990	7.3224	4.6724	N/D
200.0	0.9950	2.0474	0.97102	N/D
100.0	0.9900	1.1805	0.47818	0.24311 - 2.1180
50.0	0.9800	0.67893	0.22898	0.23003 - 1.1278
20.0	0.9500	0.32395	0.081411	0.16435 - 0.48355
10.0	0.9000	0.18244	0.034867	0.11409 - 0.25080
5.0	0.8000	0.099835	0.013858	0.072668 - 0.12700
3.0	0.6667	0.061443	0.0067189	0.048271 - 0.074614
2.0	0.5000	0.039457	0.0037216	0.032161 - 0.046752
1.4286	0.3000	0.024724	0.0021705	0.020469 - 0.028979

Le tableau de résultat affiche une hausse allant de 18 à 118 points de base de la courbe des taux en translation uniforme pour un temps de retour allant de 10 ans à 100 ans.

III.3 Scénario retenu pour le stress test :

Après avoir vu les différents scénarii proposés par les superviseurs des Fonds de pensions étrangers ainsi que le scénario proposé au niveau national pour le secteur bancaire par BAM et ceux issus de la théorie des valeurs extrêmes. Nous retenons le scénario de stress suivant :

Table 15: scénario de stress retenu

	Scénario CMR
Actions	-25%
Obligations	+100 bp
OPCVMs actions	-25%
OPCVMs obligataire	+100 bp
Immobilier	-20%

Pour voir l'impact du choc boursier sur la partie actions, nous utilisons le β du portefeuille actions (voir annexe : CAPM). Par contre, pour le portefeuille obligataire et le portefeuille des OPCVMs obligataires, nous utilisons la notion de sensibilité (qui est définie comme étant la variation en pourcentage de la valeur d'une obligation sur une variation des taux). En ayant, la variation des taux sous le scénario de stress et la sensibilité du fonds obligataire, nous pourrions induire la variation de la valeur du Fonds.

Dans le chapitre suivant, nous allons construire le portefeuille de couverture pour pouvoir par la suite mesurer l'impact du scénario du stress sur la résilience du portefeuille de la CMR.

Chapitre 2 : Construction du portefeuille de

couverture

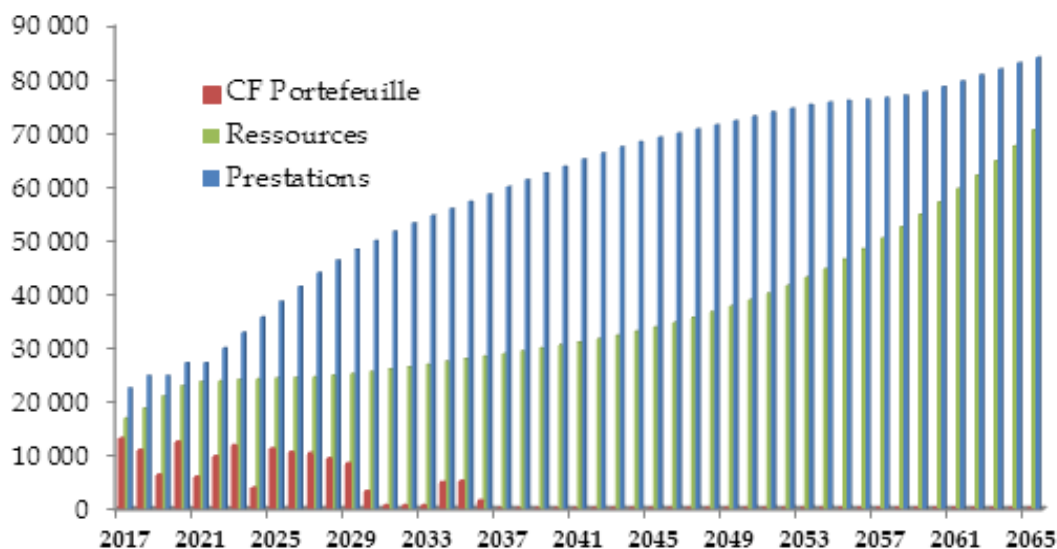
Nous visons dans cette partie, à construire le portefeuille d'immunisation à travers le principe de cash-flow matching. Ce portefeuille 'zéro-risque' va nous servir dans le prochain chapitre pour calculer le surplus du portefeuille du RPC par rapport à ce portefeuille de couverture HDP. Pour ce faire, nous allons d'abord analyser les flux du passif et d'actif du RPC sur un horizon de 50ans. Par la suite, nous allons donner la composition du portefeuille HDP qui va immuniser les engagements du RPC sur un horizon déterminé.

I. Analyse de l'actif/passif du RPC :

Sur un horizon de projection de 50 années, les ressources du régime, constituées des cotisations et contributions, passeraient de **16,9 Mrd DH** sur l'année 2017 à **70,4 Mrd DH** en 2065, soit un taux de croissance annuel moyen (TCAM) de **2,95%**.

De leur côté, les prestations évolueraient suivant un TCAM de **2,73%**, passant de **22,5 Mrd DH** à **84 Mrd DH** sur le même intervalle temporel.

Le premier GAP négatif apparaîtra en **2024** et la date d'épuisement du Fonds de Réserve ressortirait en 2028.



Dans ces conditions, le ratio de couverture globale ressort à 68,8% en 2016. Il est en amélioration par rapport à la situation d'avant l'entrée en vigueur de la réforme paramétrique. Le déficit actuariel qui en découlé s'élève à près de 320 Milliards de dirhams.

II. Fixation de l'horizon de projection et construction du portefeuille de couverture :

Nous fixons l'horizon de notre étude à l'année 2027. Comme nous avons la projection du passif sur cet horizon, nous allons procéder à la construction du portefeuille de couverture HDP en se basant sur des obligations ZC. Pour trouver le nombre d'obligations nécessaires pour couvrir le passif de chaque année, nous avons supposé que le prix des obligations est de 100 000 DH. En même temps, nous avons utilisé le fait que le prix d'une obligation est égal à la somme de ses cash-flows actualisés. Nous obtenons ainsi les résultats suivants :

Maturité	nombre d'obligations	pondération
1	54	5,69%
2	57	6,01%
3	35	3,69%
4	39	4,09%
5	31	3,29%
6	51	5,41%
7	72	7,58%
8	91	9,60%
9	110	11,55%
10	125	13,14%
11	138	14,50%
12	147	15,46%
Total	951	100,00%

Table 16: nombre obligations et pondération par maturité

Après avoir construit notre portefeuille de couverture HDP, nous calculons sa valeur de marché en 30/12/2016, nous obtenons le résultat suivant :

déficit technique	déficit technique actualisé en valeur absolue	pourcentage du déficit	maturité	taux ZC par pb	taux ZC
- 5 540 000 000,00	5 415 804 185,92	6,87%	1	2,29	2,29%
- 6 000 000 000,00	5 722 232 588,11	7,26%	2	2,40	2,40%
- 3 780 000 000,00	3 506 564 905,99	4,45%	3	2,53	2,53%
- 4 310 000 000,00	3 877 959 641,52	4,92%	4	2,68	2,68%
- 3 570 000 000,00	3 106 299 786,91	3,94%	5	2,82	2,82%
- 6 060 000 000,00	5 077 272 473,28	6,44%	6	2,99	2,99%
- 8 770 000 000,00	7 087 321 022,66	8,99%	7	3,09	3,09%
- 11 480 000 000,00	8 924 381 282,59	11,32%	8	3,20	3,20%
- 14 300 000 000,00	10 669 844 274,29	13,54%	9	3,31	3,31%
- 16 880 000 000,00	12 150 254 215,63	15,41%	10	3,34	3,34%
- 19 340 000 000,00	13 291 986 289,55	16,86%	11	3,47	3,47%
valeur du portefeuille HDP	78 829 920 666,45				

Figure 9: valeur de marché du portefeuille HDP

CHAPITRE 3 : Stress test appliqué au RPC

Dans cette partie, nous allons appliquer le stress test au portefeuille de la CMR en s'intéressant plus particulièrement au risque de marché. Dans une première étape, nous allons calculer le SCR (Solvency Capital Requirement) pour l'immobilier, l'obligataire, l'action, le risque spread et le risque de concentration. Par la suite, nous procéderons au calcul du surplus sous le scénario du stress et nous terminerons avec le calcul de la performance relative par rapport au portefeuille Benchmark.

I. Calcul du SCR :

Dans cette partie, nous allons calculer le SCR qui représente le capital économique nécessaire pour absorber le choc provoqué par une variation extrême des taux d'intérêt, d'action, d'immobilier, de spread et de concentration.

Pour calculer le SCR pour chaque classe de risque, nous sommes ramenés à calculer la variation de la valeur d'actif net par rapport à l'état initiale. Pour cette fin, nous avons calculé la valeur du portefeuille HDP sous un scénario stressé UP et un autre stressé DOWN. Les deux figures ci-dessous montrent la valeur du portefeuille d'immobilisation sous les deux scénarii.

	déficit technique stressé UP actualisé en valeur absolue	pourcentage du déficit	maturité	taux ZC par pb	taux ZC stressé UP
	5 363 372 819,55	6,80%	1	2,29	3,29%
	5 612 084 546,17	7,12%	2	2,40	3,40%
	3 405 937 412,60	4,32%	3	2,53	3,53%
	3 730 491 896,89	4,73%	4	2,68	3,68%
	2 959 556 237,01	3,75%	5	2,82	3,82%
	4 791 285 396,34	6,08%	6	2,99	3,99%
	6 624 221 391,29	8,40%	7	3,09	4,09%
	8 261 772 558,94	10,48%	8	3,20	4,20%
	9 783 738 490,84	12,41%	9	3,31	4,31%
	11 034 752 462,13	14,00%	10	3,34	4,34%
	11 957 500 254,71	15,17%	11	3,47	4,47%
valeur du portefeuille HDP stressé U'P	73 524 713 466,47	93,27%			

Figure 10: valeur HDP sous le scénario stressé UP

	déficit technique stressé DOWN actualisé en valeur absolue	pourcentage du déficit	maturité	taux ZC par pb	taux ZC stressé down
	5 469 270 791,78	6,94%	1	2,29	1,29%
	5 835 655 545,16	7,40%	2	2,40	1,40%
	3 611 195 776,13	4,58%	3	2,53	1,53%
	4 032 786 753,47	5,12%	4	2,68	1,68%
	3 261 861 667,77	4,14%	5	2,82	1,82%
	5 383 374 149,17	6,83%	6	2,99	1,99%
	7 587 792 372,57	9,63%	7	3,09	2,09%
	9 647 377 013,28	12,24%	8	3,20	2,20%
	11 646 021 366,25	14,77%	9	3,31	2,31%
	13 391 055 461,48	16,99%	10	3,34	2,34%
	14 790 594 399,19	18,76%	11	3,47	2,47%
valeur du portefeuille HDP stressé DOWN	84 656 985 296,24	107,39%			

Figure 11: valeur du HDP sous le scénario stressé DOWN

Or, le SCR obligatoire représente la valeur maximale de la variation d'actif net pour le scénario stressé de hausse, celui de la baisse et le 0. Alors que pour les autres classes de risque, le SCR est la valeur maximale de la variation d'actif net sous le scénario stressé retenu pour cette catégorie et le 0. Nous obtenons ainsi les résultats suivants :

Risque	Encours	UP		Down		NAV Stressé UP	NAV Stressé Down	Delta NAV UP	DELTA NAV DOWN		
		Moins Value	Moins Value	Moins Value	Moins Value						
Obligation	68 995 644 944,68	-	3 488 041 093,86	-	3 878 007 773,36	15 804 730 406,05	11 561 595 971,38	2 041 973 945,68	-	2 201 160 488,99	
OPCVM OBLIGATAIRE	12 002 904 182,14	-	413 978 069,37	-	413 978 069,37	18 878 793 430,54	8 097 566 267,39	5 116 036 970,17	-	5 665 190 192,98	
SPREAD	2 255 868 136,20	-	120 720 520,57	-	120 720 520,57	13 642 035 939,80	13 642 035 939,80	-	120 720 520,57	-	120 720 520,57
ACTION	11 854 754 264,80	-	3 111 872 994,51	-	3 111 872 994,51	10 650 883 465,86	10 650 883 465,86	-	3 111 872 994,51	-	3 111 872 994,51
OPCVM ACTION	1 666 197 776,24	-	501 133 541,24	-	501 133 541,24	13 251 622 919,13	13 251 622 919,13	-	501 133 541,24	-	501 133 541,24
Immobilier	381 385 358,00	-	95 346 339,50	-	95 346 339,50	13 667 410 120,87	13 667 410 120,87	-	95 346 339,50	-	95 346 339,50
Concentration	6 045 532 490,59	-	277 241 759,84	-	277 241 759,84	13 485 514 700,53	13 485 514 700,53	-	277 241 759,84	-	277 241 759,84
Total	94 900 886 525,86	-	8 008 334 318,88	-	185 670 687,08						
LHP	81 138 130 065,49	-	5 530 015 039,54	-	6 079 168 262,35						
Surplus	13 762 756 460,37										

Figure 12: Delta-NAV-par-catégorie-de-risque

Pour calculer le SCR du risque de marché, nous utilisons la matrice de corrélation issue du QIS5, nous obtenons ainsi le résultat suivant :

	OBLIGATION	ACTION	IMMOBILIER	SPREAD	Concentration
OBLIGATION	1	0,5	0,5	0,5	0
ACTION	0,5	1	0,75	0,75	0
IMMOBILIER	0,5	0,75	1	0,5	0
SPREAD	0,5	0,75	0,5	1	0
Concentration	0	0	0	0	1
		SCR	10 311 989 986,69		

Figure 13: SCR marché

Il faut mentionner que nous avons agrégé les SCR selon la nature, par exemple le SCR des OPCVMs obligataires nous l'avons additionné au SCR obligation et celui des OPCMS actions au SCR action.

II. Impact du stress test sur le surplus :

Après avoir calculé le capital économique qui permettra d'absorber le choc du risque de marché que nous avons retenu. Nous procéderons au calcul du surplus du portefeuille réel de la CMR afin de trancher sur la robustesse du portefeuille et sa résilience aux événements extrêmes du marché.

SCR	9 835 048 220,49		
surplus stressé up	13 367 838 740,51	surplus stressé down	10 429 571 916,70
valeur HDP stressé up	73 524 713 466,47	valeur HDP stressé down	84 656 985 296,24
scr/surplus-initial	61,20%	scr/surplus-initial	61,20%

Figure 14: 1er indicateur de stress

Après avoir effectué les calculs, nous constatons que le SCR représente 61.20% du surplus du portefeuille réel de la CMR. Nous concluons alors que le portefeuille du RPC est résilient à la situation de crise retenue.

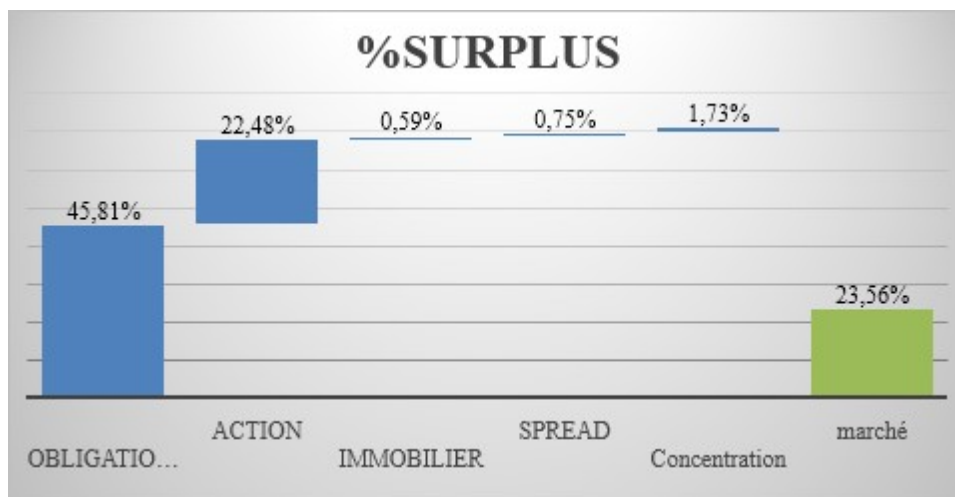


Figure 15: pourcentage SCRi par rapport au surplus initial

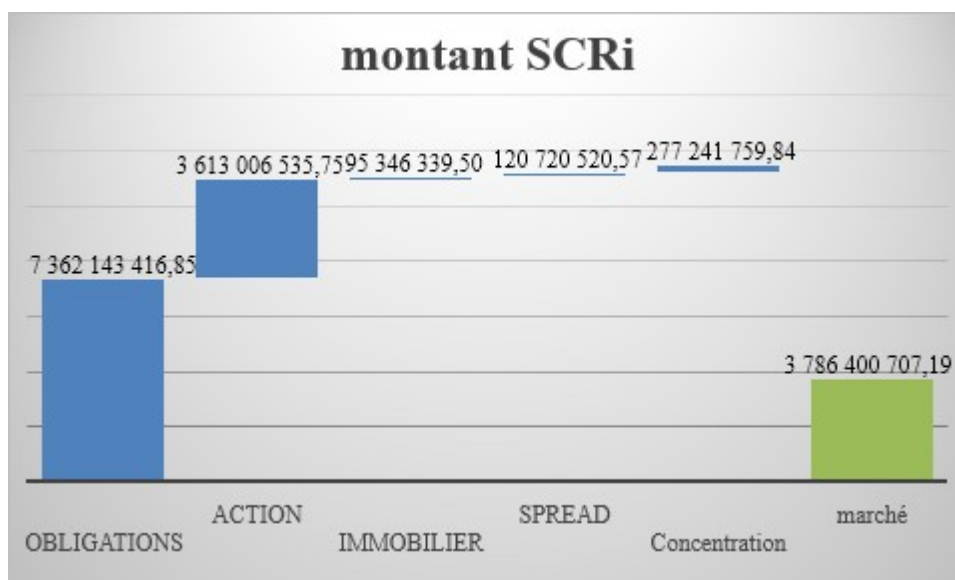


Figure 16: montant SCRi

Le graphe ci-dessus présente le pourcentage du SCR pour chaque catégorie de risque de marché par rapport au surplus initial. Nous remarquons que le SCR obligations à lui seul représente plus de 45% du surplus alors que le SCR actions représente environ 22% du surplus. Cela est dû au fait que la CMR investit plus dans la partie obligataire pour des raisons de sécurité. Par contre, le SCR marché consomme 23.56% du surplus initial. A Priori, nous concluons que le RPC géré par la CMR pourra honorer ses engagements lors de la situation de crise choisie et donc réussi le stress test.

Conclusion

Au cours de ce stage, nous avons pu aborder la question du stress test appliqué au portefeuille du RPC (régime des pensions civiles) géré par la CMR : une problématique qui s'avère très importante vu qu'elle est récente au niveau mondial et au niveau national pour l'absence d'une réglementation de la pratique du stress test pour les fonds de pensions et pour les assurances.

Dans un premier lieu, nous nous sommes intéressés à l'univers d'investissement de la CMR en exposant les différents risques inhérents à ses activités et en présentant la notion de L'ERM qui reste une technique de management destinée à aider les entreprises à gérer les risques auxquels elles doivent faire face.

La deuxième partie du projet a été consacrée à l'examen et l'analyse des différentes pratiques internationales : nous nous sommes focalisés sur le modèle Néerlandais et le modèle Danois, qui représentent un référentiel mondial vu qu'ils ont pu instaurer ces tests pour leurs fonds de pension. Nous avons présenté aussi la réforme Solvabilité II qui constituait la base de notre travail.

Dans la troisième et dernière partie, nous avons présentés la démarche adoptée pour notre travail, puis nous avons établi scénarios de crise plausibles. En effet, nous avons eu recours à la théorie des valeurs extrêmes pour modéliser et concevoir un scénario de crise. Finalement, nous avons implémenté le stress test pour le cas de notre fond de réserve en calculant les différents indicateurs.

Cette expérience a été en tout point très bénéfique, puisque nous étions confrontés aux exigences de la vie professionnelle, avec la nécessité de travailler dans l'urgence, avec des obligations en termes de résultats et de qualité du travail.

ANNEXE I : Méthode Bootstrap

Les prêts monétaires sont remboursés en même temps que les intérêts à la date d'échéance. Or, les taux monétaires ont une base de calcul de 360 jours (maturité inférieure à un an). Le calcul des taux ZC, dans ce cas, se fait à travers une simple conversion de base de calcul via la formule suivante :

$$R_a = \left(1 + \frac{r_m * n}{360}\right)^{\frac{365}{n}} - 1$$

Avec : R_a = taux ZC actuariel

R_m =taux monétaire

N = nombre de jours exacts de placement

Par ailleurs, le calcul des taux ZC associés aux maturités supérieures à un an peut se faire à travers une méthode itérative.

Cette méthode repose sur le fait que le taux de placement d'un instrument de maturité 1 an est le taux ZC vu qu'il ne génère aucun flux d'intérêt intermédiaire et le calcul des taux ZC d'un instrument de maturité n supérieurs à un an se base sur la formule suivante :

$$P = \frac{C_1}{(1+ZC_1)} + \frac{C_2}{(1+ZC_2)^2} + \dots + \frac{Nominal+C_n}{(1+ZC_n)^n}$$

Or notre but est de calculer le taux équivalent aux maturités pleines et non pas aux maturités correspondantes aux dates de tombées de flux. Par contre, les obligations émises et disponibles sur le marché, en général, n'ont pas des maturités pleines (1 an, 2 ans ...), donc on est ramené à faire une interpolation linéaire des taux ZC obtenus à partir des courbes de référence publiés quotidiennement par la BKAM.

En effet, si on connaît les taux ZC de maturité t_1 et t_2 , et on veut obtenir le taux ZC correspondant à t où $t_1 < t < t_2$, On utilise la formule suivante :

$$R(0, t) = \frac{(t_2 - t)R(0, t_1) + (t - t_1)R(0, t_2)}{(t_2 - t_1)}$$

ANNEXE 2: GEV

(Generalized Extrem value)

SECTION THÉORIQUE

On considère n variables aléatoires X_1, \dots, X_n iid (indépendantes et de même loi de distribution F)

Afin d'ordonner ces variables aléatoires par ordre croissant de grandeur, on définit $X_{i,n}$ la statistique d'ordre qui dénote la $i^{\text{ème}}$ variable aléatoire d'une série ordonnée de n v.a.

$$\text{Nous avons donc : } X_{1,n} \leq X_{2,n} \leq \dots \leq X_{n,n}$$

La théorie des valeurs extrêmes s'intéresse à la modélisation de la plus petite statistique d'ordre $X_{(1),n}$ et de la plus grande statistique d'ordre $X_{n,n}$

$$X_{1,n} = \min(X_1, \dots, X_n)$$

$$X_{n,n} = \max(X_1, \dots, X_n)$$

Notons que les statistiques d'ordres ne sont pas forcément indépendants même si les X_i sont i.i.d.

L'expression de la fonction de répartition de $X_{i,n}$ est donnée par :

$$F_{i,n} = P(X_{i,n} \leq x) = \sum_{j=i}^n \binom{n}{j} [F(x)]^j [1 - F(x)]^{n-j}$$

Et la fonction de répartition sera alors

$$f_{i,n}(x) = \frac{n!}{(i-1)! (n-i)!} [F(x)]^{i-1} [1 - F(x)]^{n-i} f(x)$$

Où f la fonction de densité des X_i .

Ainsi, pour les statistiques d'ordre extrêmes, on obtient :

$$F_{1,n} = 1 - [1 - F(x)]^n \quad \text{Avec } f_{1,n} = n[1 - F(x)]^{n-1}f(x)$$

$$F_{n,n} = [F(x)]^n \quad \text{Avec } f_{n,n} = n[F(x)]^{n-1}f(x)$$

Quant à la fonction de répartition F , elle n'est pas connue en général, et notre intérêt est d'étudier les événements rares à très faible probabilité qui se produisent près de l'extrémité du support de F . C'est la raison pour laquelle on s'intéresse à la distribution asymptotique ($n \rightarrow \infty$)

Théorème limite de Fisher-Tippet- Gnedenko

Un des résultats fondamentaux de la T.V.E. est le théorème Fisher-Tippet-Gnedenko qui permet de caractériser la fonction de répartition des extrêmes. Il s'énonce comme suit :

Supposons n variables aléatoires X_1, \dots, X_n indépendantes et identiquement distribuées de fonction de répartition F . S'il existe des constantes a_n et b_n et une distribution limite non dégénérée G telles que :

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P\left(\frac{F_{n,n} - b_n}{a_n} \leq x\right) = G(x)$$

Alors la distribution limite G appartient à l'un des trois types suivants :

$$\checkmark \text{ Fréchet: } \quad G(x) = \Phi_\alpha(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 0 \\ \exp(-x^{-\alpha}) & x > 0 \end{cases}$$

$$\checkmark \text{ Gumbel: } \quad G(x) = \Lambda(x) = \exp(-e^{-x}) \quad x \in \mathbb{R}$$

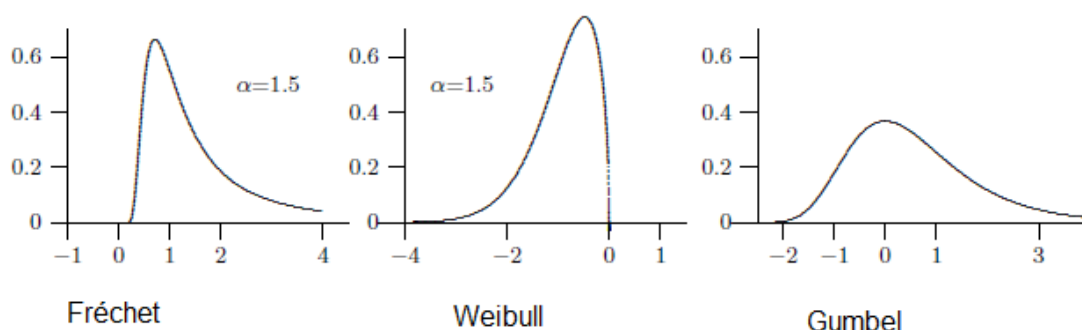
$$\checkmark \text{ Weibull: } \quad G(x) = \Psi_\alpha(x) = \begin{cases} \exp(-(-x)^\alpha) & x \leq 0 \\ 1 & x > 0 \end{cases}$$

Les fonctions de densités sont données par:

$$\checkmark \text{ Fréchet: } g(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 0 \\ \alpha x^{-1+\alpha} \exp(-x^{-\alpha}) & x > 0 \end{cases}$$

$$\checkmark \text{ Gumbel: } g(x) = \exp(-x - e^{-x}) \quad x \in \mathbb{R}$$

$$\checkmark \text{ Weibull: } g(x) = \begin{cases} \alpha(-x)^{\alpha-1} \exp(-(-x)^\alpha) & x \leq 0 \\ 0 & x > 0 \end{cases}$$



Notons que la distribution de Fréchet correspond bien à des distributions à queue épaisse. Tandis que la distribution de Gumbel caractérise les distributions à queue mince. Enfin, la distribution de Weibull est la distribution qui caractérise celles à support fini.

$$\text{Posons } w(F) = \sup\{x \mid F(x) < 1\}$$

Alors l'ensemble des conditions nécessaires et suffisantes pour que la distribution $F \in D(G)$ lorsque G est l'une des trois distributions extrêmes sont :

$$\Lambda \quad : \quad \exists \gamma(t) > 0 \text{ tq } \lim_{t \rightarrow w(F)} \frac{1 - F(t + x\gamma(t))}{1 - F(t)} = \exp(-x)$$

$$\Phi_\alpha \quad : \quad w(F) = \infty \text{ et } \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1 - F(tx)}{1 - F(t)} = x^{-\alpha}, \quad x > 0$$

$$\Psi_\alpha : \quad w(F) < \infty \text{ et } \lim_{t \rightarrow 0} \frac{1 - F(w(F) - tx)}{1 - F(w(F) - t)} = x^\alpha, \quad x > 0$$

Ces trois types de distribution peuvent être caractérisés par une distribution unique notée GEV (μ, σ, ξ) (**Generalized Extreme Value distribution**) telle que :

$$G(x) = \exp\left(-\left[1 + \xi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right]^{-\frac{1}{\xi}}\right)$$

Avec :

- μ : paramètre de position.
- ξ : paramètre de forme.
- σ : paramètre de dispersion.

Le support de G est : $\Delta = \{x \mid 1 + \xi\sigma^{-1}(x - \mu) > 0\}$

Nous avons alors les correspondances suivantes :

- ✓ Fréchet $\xi = \alpha^{-1} > 0$
- ✓ Weibull $\xi = -\alpha^{-1} < 0$
- ✓ Gumbel $\xi \rightarrow 0$

Domaine d'attraction

On dit qu'une distribution F appartient au max-domaine d'attraction d'une distribution non dégénérée G, et on note $F \in MDA(G)$, si la distribution du maximum normalisé converge vers G, c'est-à-dire s'il existe des constantes $a_n > 0$ et $b_n \in R$ telles que :

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P\left[\frac{F_{n,n} - b_n}{a_n} \leq x\right] = G(x) \quad \forall x \in R$$

Ainsi, pour les distributions extrêmes vues dans le paragraphe précédent on trouve :

- ✓ $MDP(\Lambda)$: Exponentielle, Gaussienne, Gamma, Log-normal, etc.
- ✓ $MDP(\Phi_\alpha)$: Cauchy, Pareto, etc.
- ✓ $MDP(\Psi_\alpha)$: Uniforme, Beta, etc.

Coefficients de normalisation d'une distribution :

Soit F une distribution de fonction densité f . On définit la fonction réciproque de hasard h associée à F par $h(x) = \frac{1-F(x)}{f(x)}$ pour $x \in]x_i, x_f[$ où x_i et x_f représentent respectivement les points initial et final de F

Le résultat suivant permet de trouver les éventuels coefficients de normalisation en se basant sur la fonction de hasard d'une distribution :

Si pour une distribution F il existe une distribution extrême G telle que F MDA(G) alors les constantes de normalisation a_n et b_n sont données par :

$$B_n = F^{-1}\left(1 - \frac{1}{n}\right) \text{ Et } a_n = h(b_n)$$

Remarques

La plupart des séries financières sont à queue épaisse qui caractérise la distribution de Fréchet

La modélisation issue du théorème Fisher-Tippet, suppose que l'échantillon de maxima suive exactement une loi GEV.

Estimation des paramètres :

Afin d'estimer les paramètres de la distribution GEV, plusieurs méthodes ont été proposées. On peut citer par exemple la méthode des moindres carrés, les méthodes d'estimation de l'indice de queue (de type Hill ou Pickands), la méthode des moments ou encore la méthode du Maximum de Vraisemblance qui reste la plus populaire et la plus efficace sous certaines conditions.

Soit θ le vecteur des paramètres. Nous avons :

$$\theta = \begin{bmatrix} \mu \\ \sigma \\ \xi \end{bmatrix}$$

On suppose un échantillon de données X_1, \dots, X_N de taille N que l'on divise en K blocs de taille n . $N = K * n$ avec $(K, n) \in \mathbb{N}^2$

On pose $X_k^+ = \max_{1+(k-1)n \leq t \leq kn} X_k$ qui désigne le maximum du bloc $k \in \{1, \dots, K\}$.

L'expression de la vraisemblance de l'observation k est donnée par :

$$L(X_k^+; \theta) = \frac{1}{\sigma} \left[1 + \xi \left(\frac{X_k^+ - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-\left(\frac{1+\xi}{\xi}\right)} \exp \left(- \left[1 + \xi \left(\frac{X_k^+ - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-\left(\frac{1}{\xi}\right)} \right)$$

Le log de la vraisemblance est alors :

$$l(X_k^+; \theta) = -\ln(\sigma) - \left(\frac{1+\xi}{\xi} \right) \ln \left(1 + \xi \left(\frac{X_k^+ - \mu}{\sigma} \right) \right) - \left[1 + \xi \left(\frac{X_k^+ - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-\left(\frac{1}{\xi}\right)}$$

Ainsi, l'estimateur du maximum de vraisemblance $\hat{\theta}_{ML} = \operatorname{argmax}_{\theta \in \Theta} \sum_{k=1}^K l(X_k^+; \theta)$

Avec Θ l'espace des paramètres.

Estimation de quantile

L'estimateur de quantile extrême est donné par :

$$\hat{x}_p^{GEV} = \begin{cases} \hat{\mu} - \frac{\hat{\sigma}}{\hat{\xi}} [1 - (-\ln(p_t))^{-\hat{\xi}}] & \text{si } \hat{\xi} \neq 0 \\ \hat{\mu} - \hat{\sigma} \ln(-\ln(p_t)) & \text{si } \hat{\xi} = 0 \end{cases}$$

La période de retour

Supposons maintenant que nous disposions d'un quantile x_{p_T} et que nous désirions estimer la période de retour T , associée à la probabilité d'excès au delà de x_{p_T} .

Cette période s'interprète comme une moyenne d'unités de temps séparant un événement de grandeur donnée x_{p_T} d'un second événement d'une grandeur égale ou supérieure.

Ainsi, estimer une période de retour T d'un quantile x_{p_T} revient à estimer l'ordre de ce quantile $\hat{p}_T = 1 - \frac{1}{\hat{T}}$.

Pour la loi GEV :

$$\hat{T}^{GEV} = \frac{1}{1 - G_{\hat{\mu}, \hat{\sigma}, \hat{\xi}}} \quad \forall \hat{\xi} \in R$$

Notons bien que la taille du bloc dans la littérature financière classique n'a pas une dimension standard. En effet il faut que s soit de taille suffisamment importante pour que la condition asymptotique vue précédemment soit considérée. On prend on général $s = 21$, soit un mois boursier, ou $s = 254$, soit un an.

ANNEXE 3: CAPM (Capital Asset Pricing Model)

Le modèle d'évaluation des actifs financiers MEDAF (en anglais CAPM) a été développé dans les années 60 par Sharpe, Treynor, Lintner et Mossin et basé sur des études de Markowitz . Ce modèle avance que la relation entre risque et rentabilité espérée est croissante linéairement. Le MEDAF est le modèle le plus célèbre et le plus utilisé malgré des attaques continues de nature tant théorique qu'empirique.

1-Présentation du modèle :

1.1- Cadre générale du modèle :

Avant de présenter la formule de base du MEDAF, il est nécessaire de présenter le socle théorique sur lequel se base cette théorie. En effet, Ce modèle suppose que le taux sans risque est le même pour l'emprunt et le prêt, ce qui est peu réaliste surtout pour un investisseur privé. De plus, il repose sur d'autres hypothèses tirées principalement des travaux de Markowitz, parmi ces hypothèses on trouve :

- il n'y a pas de coûts de transactions ou de taxes
- la vente à découvert ou l'achat d'un titre n'a aucune incidence sur son prix
- les investisseurs sont avertis au risque et rationnels
- tous les investisseurs ont le même horizon d'investissement
- les investisseurs contrôlent le risque de leur portefeuille par la diversification
- le marché est entièrement libre et tous les actifs peuvent y être échangés.
- les investisseurs peuvent emprunter et prêter des montants illimités au taux sans risque
- toutes les informations sur le marché sont disponibles pour tous les investisseurs

- la concurrence sur les marchés est parfaite et non faussée
- tous les actifs financiers peuvent être divisés en actifs de plus petite taille

Sous ces hypothèses, tous les investisseurs déterminent la même frontière efficiente régulière, le même portefeuille tangent ayant le ratio de Sharpe le plus élevé. Ils détiennent tous des actifs risqués dans les mêmes proportions.

MEDAF simplifie la réalité en postulant que les fluctuations des cours d'une action cotée sur un marché sont dues à l'influence du marché en général et à des causes purement spécifiques à chacune des sociétés considérées. A l'équilibre du marché, tous les titres offerts sont détenus, ce qui implique que le portefeuille tangent est le portefeuille du marché.

1.2- Principe du MEDAF :

A l'équilibre du marché, le taux de rentabilité d'un actif est donné par l'équation suivante :

$$E (R_{it}) = R_F + \beta_i * (E (R_M) - R_F)$$

En effet, le point de départ du MEDAF est le modèle du marché qui avance que :

$$R_{it} = \alpha_i + \beta_i * R_{Mt} + e_{it}$$

En passant à l'espérance, on obtient :

$$E (R_{it}) = \alpha_i + \beta_i * E (R_{Mt})$$

Soit :

$$\alpha_i = E(R_{it}) - \beta_i * E(R_{Mt})$$

Donc:

$$E(R_{it}) = E(R_{it}) - \beta_i * E(R_{Mt}) + \beta_i * E(R_{Mt})$$

Or, on a:

$$R_{it} = R_F + \beta_i * (E(R_M) - R_F) + e_{it}$$

En combinant les deux dernières équations, on obtient le modèle CAPM

RÉFÉRENCE

- **Stress Testing and Scenario Analysis of Pension Plans- IOPS 2014**
- **Stress tests EIOPA 2016 : situation domestique et analyses comparatives avec l'échantillon européen**
- **Pensions Europe Position Paper on EIOPA's IORP Stress Test 2015**
- **Consultation publique : Guide relatif à l'utilisation de Stress-tests dans le cadre de la gestion des risques au sein des sociétés de gestion de portefeuille**
- **IMF Working Paper: Stress testing of financial system**
- **Maximum Loss for Measurement of Market Risk, GEROLD STUDER.**
- **Solvency Tests for Pension Funds: An International Analysis with a Standard Model of a Solvency Test for Swiss Pension Funds.**
- **NORME DE GESTION DES RISQUES POUR LA SOLVABILITE DE L'ASSUREUR, IAIS Octobre 2008.**
- **Handbook of Solvency of Actuaries and Risk Managers: Theory and Practice, by Arne Sandstorm.**
- **Solvency Tests for Pension Funds: DISSERTATION of the University of St. Gallen, Graduate School of Business Administration, Economics, Law and Social Sciences (HSG) to obtain the title of Doctor Oeconomiae**

- **Solvency Models, Assessment and Regulation by Arne Sandström.**
- **Statistiques des valeurs extrêmes dans le cas de lois discrètes Anis Borchani.**
- **Utilisation de la théorie des valeurs extrêmes dans le contexte solvabilité 2 Frédéric PLANCHET.**
- **Embrechts, P, Klüppelberg, C. and Mikosch, T. Modelling extremal events: for insurance and finance Springer, 33, 2011.**
- **Constructing a Liability Hedging Portfolio, Amir Farahani & Ming Yan.**
- **Rethinking Pension Liabilities and Asset Allocation A pension crisis looms. Ronald J. Ryan and Frank J. Fabozzi.**