



المندوبية السامية للتخطيط  
HAUT-COMMISSARIAT AU PLAN

<ROYAUME DU MAROC  
\*\_\*\*\_\*\_\*  
HAUT COMMISSARIAT AU PLAN  
\*\_\*\*\_\*\_\*\_\*\_\*\_\*\_\*

INSTITUT NATIONAL  
DE STATISTIQUE ET D'ECONOMIE APPLIQUEE

**INSEA**



## Projet de Fin d'Etudes

\*\*\*\*\*

**Mise en place d'un outil d'aide à la décision pour la  
gestion des emprunts obligataire**

Préparé par : *Mr Mohammed Saad ABERKANE*

Sous la direction de : *Mr Abderrahim OULIDI (INSEA)*  
*Mr Khalil HAMDOUNE (CDG)*

*Soutenu publiquement comme exigence partielle en vue de l'obtention du*

**Diplôme d' Ingénieur d'Etat**

Option : Actuariat-Finance

*Devant le jury composé de :*

- *Mr Abderrahim OULIDI (INSEA)*
- *Mr Abdelaziz CHAOUBI (INSEA)*
- *Mr Khalil HAMDOUNE (CDG)*

# Résumé

La proportion des fonds gérés par des professionnels a connu dernièrement une augmentation générale sur les marchés financiers ce qui a généré une demande accrue en matière de mesure de risque, et ceci par le biais d'outils fiables et facilement interprétables permettant d'effectuer un choix éclairé parmi les fonds proposés

Ainsi à travers ce rapport nous avons mis en place un pricer d'obligations ainsi qu'un outil qui permet la négociation des obligations pour faire une étude du risque et plus spécialement le calcul des différents indicateurs de risque. Concernant les obligations étudiées aussi nous avons proposé une solution pour se couvrir contre le risque de taux il s'agit des options de change

**Mots clés** : pricing des obligations; négociation des obligations; le risque; la VAR; instruments de couverture

## *Dédicace*

À mes très chers parents pour leurs sacrifices,  
Je vous fais part de mon profond amour et de ma grande  
gratitude pour tout ce que vous avez fait pour moi, que Dieu  
vous protège et me permette d'être celui dont vous serez toujours fiers  
À mon frère  
je te souhaite beaucoup de réussite dans tes études  
A toute ma famille  
A tout mes amis et mes amies  
A tous ceux qui m'aiment et que j'aime  
Pour tout l'amour et le soutien que vous m'avez offert je vous dis  
MERCI

## *Remerciement*

---

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier toute personne nous ayant aidés à achever à bon port le présent projet de fin des études

Nous adressons avec tout le respect et l'estime que cela se doit de requérir, nos remerciements au personnel de la CDG qui nous a été d'un grand apport pratique et chemin faisant professionnel quant à l'élaboration de notre projet de fin des études et dont la cordialité et esprit ouvert nous ont permis de nous intégrer pleinement dans les spécificités de l'équipe CDG. Sans pour autant nous sentir dépaysés

Un grand merci est adressé à mes encadrants au sein de la CDG, **M.Khaled El Hattab** et **M.Khalil Hamdoun**e pour leur aide précieuse, sans oublier de remercier **M.abdelilah** pour ses conseils et son apport envers ce projet

Mes remerciements les plus respectueux vont également à **M. Abderrahim Oulidi**, professeur à l'**INSEA** qui a accepté de m'encadrer pour ce travail. J'ai beaucoup sollicité son aide et il a toujours su répondre efficacement à mes questions.

Je remercie également **M.Abdelaziz CHAOÛBI**, professeur à l'**INSEA** qui m'a fait l'honneur de participer au jury.

## Liste des figures

|   |            |
|---|------------|
| <b>Figure 1 : Organigramme du Groupe CDG.....</b>   | <b>25</b>  |
| <b>Figure 2 : l'interface d'accueil du pricer.....</b>  | <b>48</b>  |
| <b>Figure 3 : présentation de la feuille des inputs.....</b>  | <b>48</b>  |
| <b>Figure 4 : présentation de la feuille des outputs.....</b>   | <b>49</b>  |
| <b>Figure 5 : Représentation graphique de la VaR.....</b>   | <b>70</b>  |
| <b>Figure 6 : Graphique illustrant la notion du coupon couru.....</b>                                 | <b>75</b>  |
| <b>Figure 7 : test de jarque berra.....</b>   | <b>82</b>  |
| <b>Figure 8 : Figure 8 ;test de Dickey Fuller.....</b>  | <b>83</b>  |
| <b>Figure 9 : résultats de la var historique pour les obligations.....</b>                            | <b>84</b>  |
| <b>Figure 10 : l'interface d'accueil pour la négociation des obligations.....</b>                     | <b>91</b>  |
| <b>Figure 11 : présentation des sorties de l'application pour la négociation des Obligations.....</b> | <b>92</b>  |
| <b>Figure 12 : l'interface du pricer d'options.....</b>   | <b>102</b> |

## **Liste des tableaux**

|   |    |
|---|----|
| Tableau 1 : caractéristiques des bons de trésor.....  | 17 |
| Tableau 2 : taux de référence des bons du trésor.....   | 40 |
| Tableau 3 : présentation de la maturité résiduelle et des taux moyen pondéré des<br>bons du trésor..... | 41 |
| Tableau 4 : l'interpolation linéaire pour les BDT .....   | 42 |
| Tableau 5 : la courbe des taux publiée par BAM.....   | 44 |
| Tableau 6 : Bilan des opérations.....   | 45 |
| Tableau 7 : calcul des taux zéro coupon.....  | 47 |
| Tableau 8 : les huit lignes métier retenus par Bâle.....  | 57 |
| Tableau 9 : Les coefficients de pondération selon les lignes métiers.....                               | 58 |
| Tableau 10 : matrice des pertes selon les ligne métier et les types de risque.....                      | 60 |
| Tableau 11 : les situations possibles d'exposition au risque du taux.....                               | 63 |
| Tableau 12 : Comparaison entre les différentes méthodes.....  | 74 |
| Tableau 13 : calcul de la duration concernant les BDT.....  | 78 |
| Tableau 14 : la duration en fonction du taux de rendement.....  | 78 |
| Tableau 15 : calcul du coupon couru et du prix pied de coupon pour les BDT.....                         | 80 |
| Tableau 16 : l'évolution des indicateurs du risque durant les 6 premiers mois de<br>l'année 2013.....   | 80 |
| Tableau 17 : les résultats du calcul de la var du 01/01/13 au seuil de confiance 99%.....               | 80 |
| Tableau 18 : génération des scénarios correspondants au mouvement shift.....                            | 87 |
| Tableau 19 : calcul des prix correspondants aux scénarios générés.....                                  | 87 |
| Tableau 20 : l'évolution des indicateurs du risque par rapport aux scénarios générés...88               | 88 |
| Tableau 21 : génération des scénarios correspondants au mouvement twist.....                            | 88 |
| Tableau 22 : calcul des prix correspondants aux scénarios générés.....                                  | 88 |
| Tableau 23 : l'évolution des indicateurs du risque par rapport aux scénarios générés...89               | 89 |
| Tableau 24 : l'évolution des indicateurs du risque par rapport aux scénarios générés...89               | 89 |
| Tableau 25 : calcul des prix correspondants aux scénarios générés.....                                  | 90 |
| Tableau 26 : l'évolution des indicateurs du risque par rapport aux scénarios générés...90               | 90 |

# Liste des graphes

|                  |   |           |
|------------------|---|-----------|
| <b>Graphe 1</b>  | <b>: la duration du portefeuille en fonction de la maturité.....</b>  | <b>78</b> |
| <b>Graphe 2</b>  | <b>: l'évolution de la duration et de la sensibilité durant les 6 premiers mois de l'année 2013.....</b>        | <b>81</b> |
| <b>Graphe 3</b>  | <b>: l'évolution de la convexité durant les 6 premiers mois de l'année 2013.....</b>                            | <b>81</b> |
| <b>Graphe 4</b>  | <b>: Simulation d'une translation de la courbe.....</b>   | <b>85</b> |
| <b>Graphe 5</b>  | <b>: simulation d'un pivotement de la courbe.....</b>   | <b>86</b> |
| <b>Graphe 6</b>  | <b>: simulation du mouvement du changement de courbure.....</b>   | <b>86</b> |
| <b>Graphe 7</b>  | <b>: illustration des prix de 5 obligations de maturités différentes en fonction des scénarios générés.....</b> | <b>87</b> |
| <b>Graphe 8</b>  | <b>: la sensibilité de l'option suite aux variations du sous jacent.....</b>                                    | <b>97</b> |
| <b>Graphe 9</b>  | <b>: trace de Thêta par rapport au prix du sous-jacent.....</b>   | <b>98</b> |
| <b>Graphe 10</b> | <b>: tracé de Véga par rapport au prix du sous-jacent.....</b>  | <b>99</b> |

### Liste des abréviations :

|              |   |
|--------------|---|
| <b>BAM</b>   | Bank Al Maghreb   |
| <b>BDT</b>   | Bons Du Trésor  |
| <b>BSF</b>   | bons des sociétés financières                           |
| <b>CD</b>    | Certificats de Dépôt                                    |
| <b>CDG</b>   | Caisse de Dépôt et de Gestion                           |
| <b>CDVM</b>  | Conseil Déontologique en Valeurs Mobilières             |
| <b>CF</b>    | Cash Flow   |
| <b>CT</b>    | Court Terme   |
| <b>FCP</b>   | Fonds Communs de Placement                              |
| <b>IVT</b>   | Intermédiaires en Valeurs du Trésor                     |
| <b>LN</b>    | Ligne normale   |
| <b>LP</b>    | Ligne postérieure                                       |
| <b>LT</b>    | Long Terme  |
| <b>MT</b>    | Moyen Terme   |
| <b>ONC</b>   | Offres Non Compétitives                                 |
| <b>OPCVM</b> | Organismes de Placement Collectif en Valeurs Mobilières |
| <b>REPO</b>  | Repurchase Agreement                                    |
| <b>SICAV</b> | Société d'Investissement à Capital Variable             |
| <b>TCN</b>   | les Titres de Créance Négociables                       |
| <b>TMP</b>   | Taux Moyen Pondéré                                      |
| <b>VBA</b>   | Visual Basic for Application                            |
| <b>VL</b>    | Valeur Liquidative                                      |

**Table des matières**

|  |    |
|--|----|
| Résumé.....  | 2  |
| Dédicace .....   | 3  |
| Remerciement.....  | 4  |
| Liste des figures.....   | 5  |
| Liste des tableaux.....  | 6  |
| Liste des graphes.....   | 7  |
| Liste des abréviations.....  | 8  |
| Introduction générale.....   | 13 |
| Partie préliminaire.....   | 14 |
| Chapitre 1 : description du marché des taux.....   | 15 |
| I-le marché obligataire.....   | 16 |
| 1 le marché primaire.....  | 16 |
| 2 le marché secondaire.....  | 17 |
| II- le marché marocain des produits de taux.....   | 17 |
| 1 le marché interbancaire.....   | 17 |
| 2 le marché des bons du trésor.....  | 18 |
| 3 le marché de la dette privée.....  | 19 |
| III principaux acteurs du marché financier marocain.....                                     | 19 |
| 1 la bourse de casablanca.....   | 19 |
| 2 sociétés de bourse.....  | 20 |
| 3 conseil déontologique en valeurs mobilières.....   | 20 |
| 4 dépositaire central MAROCLEAR.....   | 20 |
| Chapitre II description de l'organisme d'accueil.....  | 22 |
| I -présentation de la CDG.....   | 23 |
| 1 profil de la CDG.....  | 23 |
| 2 missions de la CDG.....  | 23 |
| 3 organigramme de la CDG.....  | 25 |
| II- présentation de la CDG capital.....  | 25 |
| 1 création de la CDG capital.....  | 25 |
| 2 les activités de CDG capital.....  | 26 |
| 2-1 la corporate finance.....  | 26 |
| 2-2 les services bancaires et financiers.....  | 26 |
| 2-3 la gestion des actifs.....   | 27 |
| 2-4 les activités du marché.....   | 28 |
| 2-5 capital investissement.....  | 29 |
| Partie I   |    |
| Chapitre 1 : principes de valorisation des emprunts obligataires .....                       | 32 |
| I-L'emprunt obligataire .....  | 33 |
| 1 définition.....  | 33 |
| 2 les bons de sociétés de financement et les certificats de dépôt à court terme.....         | 34 |
| 2-1 définition.....  | 34 |
| 2-2 les repurchases agreement repo's.....  | 34 |
| 2-3 les caractéristiques d'un emprunt obligataire.....                                       | 35 |
| II- Valorisation des titres de produit obligataire.....                                      | 36 |
| 1 Evaluation des titres de créances de maturité initiale est inférieure ou égale à 1 an..... | 36 |
| 2 Evaluation des titres de créance de maturité initiale supérieure ou égale à 1 an.....      | 36 |
| 2-1 titres de créance de maturité résiduelle inférieure à 1 an.....                          | 36 |

|   |    |
|---|----|
| 2-2 titres de créance de maturité résiduelle supérieure à 1 an .....                        | 37 |
| 2-3 Titres de créances à taux fixe remboursables in fine émis par des émetteurs privés..... | 37 |
| Chapitre 2 : méthodes de reconstitution de la courbe des taux.....                          | 38 |
| I-La courbe des taux et les principales méthodes pour la reconstituer .....                 | 39 |
| 1-Généralités.....  | 39 |
| 2-Construction par terme des taux d'intérêt .....   | 39 |
| 2-1 méthode de l'interpolation linéaire .....   | 40 |
| 2-2principe d'interpolation.....  | 41 |
| II-Méthodes de reconstitution de la courbe zéro coupon.....                                 | 43 |
| 1-Taux zéro coupon /taux de rendement actuariel.....  | 43 |
| 2-Méthodes de calcul des taux zéro coupon.....  | 45 |
| 2-1Calcul sur le court terme.....   | 45 |
| 2-2Calcul sur le long terme (méthode de bootstrap).....                                     | 45 |
| III-Techniques de valorisation à base de VBA excel.....                                     | 47 |
| 1-Réalisation d'un pricer des obligations sur excel.....                                    | 47 |
| 1-1bases de données .....   | 47 |
| 1-2implémentation du pricer.....  | 48 |
| Partie II   |    |
| Chapitre 1 étude théorique du risque.....   | 51 |
| I-catégories des risques.....   | 52 |
| 1- définition du risque du marché.....  | 52 |
| 1-1 approche standard.....  | 53 |
| 1-2 approches internes.....   | 53 |
| 1-2-1 normes générales.....   | 53 |
| 1-2-2 exigences qualitatives.....   | 54 |
| 1-2-3 exigences quantitatives.....  | 54 |
| 1-2-4facteurs du risque.....  | 55 |
| 2- étude du risque opérationnel.....  | 55 |
| 2-1 définition du risque opérationnel.....  | 55 |
| 2-2 approches de mesure du risque opérationnel.....   | 57 |
| 2-2-1 les approches forfaitaires.....   | 57 |
| 2-2-1-1 l'indicateur de base.....   | 57 |
| 2-2-1-2 l'approche standard.....  | 57 |
| 2-2-1-3 approche standard alternative.....  | 58 |
| 2-2-2 les approches avancées.....   | 59 |
| 2-2-2-1 approche IMA.....   | 59 |
| 2-2-2-2 approche LDA.....   | 60 |
| 2-2-2-3l'approche scorecards.....   | 62 |
| 3- le risque de contrepartie.....   | 62 |
| 4- le risque de taux.....   | 63 |
| 5- le risque de liquidité.....  | 63 |
| 6- le risque de change.....   | 64 |
| II-les outils de mesure de risque.....  | 64 |
| 1 les outils de mesure de risque.....   | 64 |
| 1-1définition de la duration.....   | 64 |
| 1-2 la duration d'un portefeuille.....  | 65 |
| 1-3 les limites de la duration.....   | 66 |
| 2 la sensibilité.....   | 66 |

|  |    |
|--|----|
| 2-1 définition de la sensibilité.....  | 66 |
| 2-2 la sensibilité d'un portefeuille.....  | 67 |
| 3 la convexité.....  | 67 |
| 3-1 définition.....  | 67 |
| 3-2 formulation.....   | 67 |
| 3-3 la convexité d'un portefeuille obligataire.....  | 68 |
| 4 la value at risque (LA VAR).....   | 70 |
| 4-1 un rapide historique.....  | 70 |
| 4-2 value at risque :définition avantages et inconvénients.....  | 70 |
| 4-2-1 définition.....  | 70 |
| 4-2-2 avantages et inconvénients.....  | 71 |
| 4-3 méthodes de calcul de la VAR.....  | 71 |
| 4-3-1 l'analyse par la méthode historique.....   | 71 |
| 4-3-2 la méthode variance-covariance.....  | 72 |
| 4-3-3 la simulation de Monte-Carlo.....  | 73 |
| 4-3-4 comparaison entre les différentes méthodes.....  | 74 |
| 5 la notion du coupon.....   | 74 |
| 5-1 coupon couru.....  | 74 |
| 5-2 prix pied coupon.....  | 75 |
| Chapitre2 application des méthodes de mesure de risque au portefeuille obligataire de la CDG.....                        | 76 |
| I-calcul des indicateurs du risque.....  | 77 |
| 1- la duration.....  | 77 |
| 1-1 l'influence de la maturité.....  | 78 |
| 1-2 l'influence du taux de rendement actuariel.....  | 78 |
| 2- la sensibilité et la convexité.....   | 79 |
| 3- prix pied coupon et coupon couru.....   | 79 |
| 4- évolution des indicateurs du risque durant les 6 premiers mois de l'année 2013.....                                   | 80 |
| II-application de la VAR historique au portefeuille obligataire de la CDG.....   | 81 |
| 1-test de la normalité des rendements.....   | 83 |
| 2-test de stationnarité.....   | 83 |
| 3-démarche de calcul de la VAR historique.....   | 83 |
| 4-les résultats de calcul.....   | 84 |
| III-effets des mouvements de la courbe des taux sur les différentes caractéristiques des obligations.....                | 85 |
| 1-présentation des mouvements de la courbe des taux.....   | 85 |
| 1-1simulation du facteur de niveau shift.....  | 85 |
| 1-2simulation du facteur de niveau twist.....  | 85 |
| 1-3simulation du mouvement de courbure.....  | 86 |
| 2-analyse des effets des mouvements de la courbe des taux sur les prix et les indicateurs de risque des obligations..... | 86 |
| 2-1 effet de mouvement shift.....  | 86 |
| 2-2 effet de mouvement twist.....  | 88 |
| 2-3 effet de mouvement butterfly (courbure).....   | 89 |
| 3-négociation des obligations.....   | 91 |
| 3-1 description de l'interface réalisé sous vba excel.....   | 91 |
| 3-1-1 problématique.....   | 91 |
| 3-1-2 description de l'interface réalisé.....  | 91 |
| 3-1-3 la perturbation du taux interpolé.....   | 92 |
| 3-1-4 la perturbation du spread.....   | 92 |



Table des matières

|   |     |
|---|-----|
| Chapitre III étude des instruments de couverture : cas des options de change.....     | 93  |
| I- généralités.....   | 94  |
| 1- définition.....  | 94  |
| 2- éléments constitutifs d'un contrat d'option.....                                   | 94  |
| 3- avantages d'une option.....  | 95  |
| 4- contraintes.....   | 95  |
| II- présentation du modèle de black and scholes pour la valorisation des options..... | 96  |
| 1- cas d'une option qui ne verse pas de dividende.....                                | 96  |
| 1-1 le calcul des geeks.....  | 96  |
| 1-1-1 le delta.....   | 96  |
| 1-1-2 gamma.....  | 97  |
| 1-1-3 théta.....  | 98  |
| 1-1-4 véga.....   | 99  |
| 1-1-5 Rhô.....  | 100 |
| 2 extension aux modèles de garman kohlaghan et merton.....                            | 100 |
| 2-1 proposition de garman kohlaghan.....  | 100 |
| 2-2 proposition de merton.....  | 101 |
| 3 élaboration d'un pricer d'options sur obligations.....                              | 101 |
| 3-1 l'interface du pricer.....  | 101 |
| 3-2 interprétation des résultats.....   | 102 |
| Conclusion.....   | 103 |
| Annexes.....  | 104 |
| Bibliographie.....  | 111 |

# Introduction

## générale

Il est indéniable que les métamorphoses structurelles subies par la sphère financière, et ce, durant les trois décades précédentes, ont largement empesé les multiples disciplines émanant de ce domaine, notamment celles en ligature avec la gestion de portefeuilles. Cette dernière est devenue, pour les dirigeants des plates formes professionnelles contemporaines, un moyen très en vogue ,et assez prisé en vue d'une quête perpétuelle des richesses financières susceptibles d'augmenter leur potentiel compétitif ,et en parallèle étoffer leur capacité d'autofinancement .Par ailleurs ,le volet relatif à la gestion de portefeuille s'est converti actuellement en un vrai champ de mêlée ,au niveau duquel ,les deux mots qui retentissent le plus sont :concurrence et professionnalisme

Par conséquent les différents résultats enregistrés par les portefeuilles en circulation sur le marché sont de plus en plus jaugés, contrôlés et comparés. C'est la raison pour laquelle les investisseurs et les analystes financiers les plus expérimentés s'intéressent plutôt à adopter une stratégie adéquate pour la gestion des fonds

C'est dans cette perspective que la CDG a lancé le projet du risque management pour mieux mesurer et contrôler tout type de risque auquel est exposé son portefeuille ,que ce soit le risque du marché ,le risque opérationnel , ....

C'est dans le cadre du risque du marché que nous avons conduit ce projet de fin d'études intitulé « élaboration d'un outil d'aide à la décision pour la gestion du portefeuille obligataire » l'accent sera mis sur l'élaboration d'un outil d'aide à la décision pour la valorisation de tout type d'obligation ainsi que le calcul des différents indicateurs du risque que ce soit la duration, la convexité, la VAR ...

La première partie de ce rapport sera consacrée à la valorisation du portefeuille obligataire de la CDG alors le premier chapitre traitera les méthodes utilisés pour la valorisation des obligations, dans le deuxième chapitre nous allons présenter les méthodes de reconstitution de la courbe des taux ainsi que la présentation du pricer utilisé pour la valorisation

La deuxième partie quant à elle, s'étalera sur trois chapitres : le premier mettra le point sur la présentation théorique des différents types de risque ainsi que les méthodes et les indicateurs utilisés afin de les mesurer .

Le deuxième chapitre entamera un partie pratique afin de présenter et analyser les différents résultats obtenus pour la mesure des indicateurs du risque du portefeuille ainsi que l'effet des mouvements de la courbe des taux sur ces derniers .le troisième chapitre sera consacré à la présentation des instruments de couverture contre le risque du taux et plus spécialement les options de change afin de se couvrir contre les fluctuations des taux

# Partie préliminaire

Cette partie va nous définir le cadre dans lequel nous allons effectuer le projet, de comprendre les règles de gestion au sein de la CDG ainsi que les départements de la division de Gestion de Portefeuille aussi on va donner une idée générale sur le marché des taux ainsi que sur le marché obligataire

# Chapitre I

## Description du marché des taux

Dans ce chapitre nous allons décrire le marché des produits de taux ainsi que les principaux acteurs du marché financier marocain

## Chapitre 1 Marché des produits des taux

Le système financier marocain a connu des réformes radicales depuis le début des années 90 autour de nombreux axes notamment le décloisonnement des marchés de capitaux par la transformation des relations entretenues entre les différents éléments constitutifs du système financier, la libéralisation des opérations financières et la réforme du cadre réglementaire des banques et du marché financier

Les réformes entreprises ont permis de doter le système financier national de tous les compartiments de marché : marché monétaire, marché financier et marché de change ..... ;ou est traitée une variété de produits financiers tels les bons du trésor ,les titres de créance négociables, les actions ,les obligations ...,à travers les sociétés de bourse ,les sociétés de gestion ,les IVT....

Le champ de la finance englobe des marchés aux fonctions diversifiées certains de ces marchés assument un rôle de financement .ils constituent des marchés de capitaux ,c'est-à-dire des lieux de rencontre entre des agents ayant des besoins de financement et d'autres disposant des fonds excédentaires ,et l'échange se fait dès lors en contrepartie d'une rémunération appropriée :c'est le rôle que tiennent le marché financier pour des financements à long terme et le marché monétaire pour des financements à court terme

### I Marché obligataire

Le marché obligataire correspond au compartiment du marché financier ou s'échangent les titres de créances à court, moyen et long terme. Le fonctionnement de ce marché repose sur l'activité de deux compartiments dont les fonctions sont différentes et complémentaires : le marché primaire qui gère la création des titres financiers et le marché boursier ou marché secondaire qui gère l'échange des titres

#### I-1 Marché primaire

Le marché primaire des BDT est le marché du neuf, il permet au trésor d'émettre des bons pour le remboursement de ses arrières mais également pour les besoins de fonctionnement. Il recherche le plus souvent des ressources à court terme pour couvrir sa trésorerie dans ce cas il émet des bons à court terme.

A partir de 1989, les émissions sont faites par le biais de la technique d'adjudication dite « à la hollandaise », qui a remplacé l'émission à taux administrés, cette technique consiste à répartir les bons du trésor en fonction des taux d'intérêt offerts par les soumissionnaires.

Réservé jusqu'à 1995 aux seules personnes morales résidentes, ce marché a été ouvert, depuis, à tous les agents économiques.

Les bons du trésor émis par adjudication présentent les caractéristiques suivantes :

|                 |                                    |
|-----------------|------------------------------------|
| Montant nominal | 100000 DH                          |
| Maturité        | Court terme : 13,26 et 52 semaines |
|                 | Moyen terme : 2 et 5 ans           |
|                 | Long terme : 10, 15, 20 et 30 ans  |

|                |   |
|----------------|---|
| Taux d'intérêt | Fixe  |
| Remboursement  | Court terme : Principal+ intérêts réglés à l'échéance<br>Moyen et long terme : Intérêts payés annuellement, principal remboursé à l'échéance « infine » |
| Souscripteurs  | Toute personne physique ou morale, résidente ou non résidente   |
| Fiscalité      | Régime fiscale des titres à revenus fixes :<br>-20% non libératoire de l'IS et de l'IGR<br>-30% libératoire de l'IGR                                    |

**Tableau 1 : caractéristiques des bons de trésor**

La réforme de 1995 a introduit la technique d'émission par assimilation qui consiste à émettre des nouvelles obligations présentant les mêmes caractéristiques d'un bon du trésor déjà émis. Ces nouveaux titres sont inscrits sur la ligne du titre et permettent d'en augmenter la liquidité.

### I-2 Marché secondaire :

Il s'agit du lieu d'échange de la dette souveraine, c'est-à-dire où s'échangent les bons du trésor déjà émis par voie d'adjudication, toutefois il faut distinguer :

- ❖ Le marché des transactions temporaires (REPO), qui représentent 95% du volume global des transactions, c'est un marché parallèle à l'interbancaire, en plus des banques, tous les autres investisseurs ayant un besoin ou un excédent de cash peuvent intervenir sur ce compartiment ; sur ce marché la loi de l'offre et la demande fixe les prix (Taux).
- ❖ Le marché des transactions fermes : qui reflète réellement le dynamisme du marché secondaire des bons du trésor (5% du volume global). Ce marché souffre de l'absence des règles minimales en matière d'affichage des cotations avec des spreads (écarts) reflétant le niveau de marché et qui sont peu appliqués par les IVT, en outre les taux de transactions fermes ne sont pas régulièrement publiés.

## II Marché marocain des produits des taux

### II-1 Marché interbancaire

A l'instar des autres marchés, le marché interbancaire ou le marché monétaire est le fruit de la rencontre entre une offre et une demande. Le produit échangé au niveau de ce marché est la liquidité, quant au prix appliqué c'est bien le taux d'intérêt

En effet, la quasi-totalité des opérations sur ce marché sont des opérations de prêts et d'emprunts. Ces opérations sont relatives à de courtes périodes (du jour au trimestre). Sur le marché interbancaire, l'offre et la demande sont assurés par les banques de dépôt. Ce marché permet aux banques de dépôt de gérer leur excès et leur manque de liquidité

Ce marché a trois principales fonctions

#### 1 Redistribution de la liquidité

Il s'agit de la gestion des déficits et des excédents de liquidité. En effet, lorsqu'une banque octroie des crédits, elle crée de la monnaie dont une partie sera captée par les autres banques sous forme de dépôt. Sur une période donnée, certaines banques auront des besoins de

liquidité ,tandis que d'autres auront des excès de liquidité .Puisque les fonds déposés à Bank al Maghreb sont faiblement rémunérés, les banques ayant des excès de liquidité préfèrent prêter leur surliquidité aux banques en besoin moyennant un taux .Ce taux est le taux interbancaire .la moyenne des taux des différentes opérations effectuées sur le marché interbancaire donne le taux moyen pondéré(TMP)

## 2 Ajustement de trésorerie entre les banques

En tant qu'intermédiaires financiers, les banques sont exposées à un certain nombre de risques dont le risque de taux, le risque de change et le risque de liquidité. Afin de faire face à ces risques, les banque peuvent procéder à des échanges, souvent temporaire, d'actifs

Par exemple, si une banque « A » octroie un crédit à long terme de montant 1000DH qu'elle financé par un dépôt à court terme de 1000DH ,elle peut chercher ,sur le marché interbancaire ,une banque « B » en situation inverse :c'est-à-dire que la banque « B » un crédit sur le court terme avec un dépôt de long terme d'un de ses clients .Face au risque de taux à court terme ,ces deux banques subissent des risques inverses par rapport à une variation de taux à court terme .Ainsi elles peuvent ,par une opération d'échange, annuler le risque

## 3- Régulation de la liquidité

Afin de préserver l'équilibre du marché, Bank Al Maghreb intervient à travers la régulation du niveau de liquidité, notamment sur la réserve obligatoire et le taux directeur, taux auquel les banques peuvent emprunter à la banque centrale

Ce taux influence l'ensemble des taux appliqués par les établissements de crédit. En effet, lorsque Bank Al Maghreb veut injecter de la liquidité sur le marché, elle peut baisser le taux directeur en rendant de ce fait intéressant le cout de refinancement à la banque centrale

## II-2 Marché des Bons Du Trésor

Les Bons Du Trésor (BDT) sont des valeurs émises par le Trésor pour couvrir son besoin de financement. On distingue entre quatre catégories des bons du trésor (BDT):

### 1 Les BDT émis par voie d'adjudication

Ce sont des bons émis par le Trésor par voie d'appel d'offre selon la technique dite à la hollandaise ou à prix demandé. Les soumissionnaires, personnes morales résidentes ou non résidentes, présentent plusieurs offres à des prix différents pour un ou plusieurs types de maturités concernés par l'adjudication.

Sur la base du montant global de l'émission, chaque soumissionnaire est servi au prix qu'il a offert, dès lors que celui-ci est supérieur ou égal au prix limite retenu par le Trésor. Les bons du Trésor sont inscrits en compte courant de titres auprès du Dépositaire Central (Maroclear) au nom du dépositaire des établissements dont les offres ont été retenues.

Ces bons sont émis pour des échéances à (13, 26 et 52 semaines, 2 ans, 5 ans, 10 ans, 15 ans, 20 ans et 30 ans), mais peuvent également être émis pour les maturités à très court terme (entre 7 jours et 45 jours).

D'autre part, ces bons peuvent être émis par assimilation sur des émissions antérieures. Il est possible d'assimiler une nouvelle émission à des émissions ultérieures présentant les mêmes caractéristiques (même date d'émission, même date de jouissance, même date d'échéance, même taux). Les émissions consécutives ont donc la même échéance et portent intérêt au même taux que la tranche d'emprunts à laquelle elles sont rattachées.

L'assimilation d'emprunts a pour avantage majeur l'augmentation de la liquidité et donc la négociabilité de ces emprunts sur le marché secondaire.

## **2 Les BDT émis à guichet ouvert :**

Ce sont des émissions du Trésor, à guichet ouvert, réservés aux personnes physiques. Elles ont une échéance de six mois et une valeur nominale unitaire de 1000 DH. Le taux de rémunération de ces bons est déterminé pour chaque trimestre sur la base du taux moyen pondéré des bons à 26 semaines souscrits par adjudication au cours du trimestre précédent majoré de 25 points de base.

## **3 Les BDT réservés aux banques et émis dans le cadre de la réglementation relative aux emplois obligatoires des banques :**

Ce sont des bons émis par le Trésor dont le produit est destiné au financement des programmes socio-économiques notamment l'habitat économique.

Les banques sont tenues de conserver cette catégorie de bons dans leur portefeuille à hauteur de 1% de leurs exigibilités telles que définies par Bank-Al-Maghrib.

Depuis avril 2004, leur taux de rémunération annuel est égal au taux moyen pondéré des bons du Trésor à 52 semaines émis par voie d'adjudication au cours de l'année précédente majoré de 25 points de base. Les intérêts relatifs à ces bons sont payables à la souscription.

## **4 Les BDT émis à 5 ans concernant les comptes convertibles à terme :**

La souscription à ces bons est réservée aux personnes physiques et morales résidentes habituellement à l'étranger et possédant dans une banque inscrite au Maroc des disponibilités en dirhams non transférables au regard de la réglementation des changes. Ces bons ont une valeur nominale unitaire de 1000 DH et sont émis au pair.

## **II.3 Marché de la dette privée**

Il s'agit du compartiment du marché monétaire où s'échangent les titres de créance négociables (TCN) émis par les organismes privés, il est ouvert à tous les opérateurs économiques.

En effet, jusqu'en 1983, le marché monétaire se limitait aux opérations entre les établissements financiers qui y équilibrent leurs trésoreries. Depuis cette année, il s'est progressivement développé après son élargissement aux émissions du trésor. A partir de 1988, et parallèlement à l'introduction de la technique des adjudications, le marché a été ouvert à l'ensemble des institutions financières, puis en 1993 aux entreprises publiques et privées et en fin en 1995, aux personnes physiques ainsi qu'aux non résidents. L'élargissement du marché monétaire s'est par ailleurs poursuivi la même année avec la possibilité donnée aux établissements de crédits et aux entreprises de procéder à des émissions de titres de créances négociables auprès de l'ensemble des agents économiques.

Les TCN sont, en fait, des titres émis sous forme de billets à échéance, représentant un droit de créance. On distingue les certificats de dépôt (CD) émis par les banques, les billets de trésorerie émis par les entreprises, et enfin les bons des sociétés de financement (BSF).

## **III Principaux acteurs du marché financier marocain**

### **III 1 bourse de Casablanca**

La création de la bourse de Casablanca remonte à 1929. à cette époque, elle portait le nom d'office de compensation des valeurs mobilières

En 80 années d'existence, l'institution a connu d'importantes réformes. La première, en 1948, a attribué à la bourse de Casablanca la personnalité morale. La seconde, en 1967, a permis de réorganiser, juridiquement et techniquement, et de la définir comme un établissement public. Ensuite, en 1993, la promulgation d'un ensemble de textes de loi portant réforme du marché financier, a doté la bourse de Casablanca du cadre réglementaire et technique nécessaire à son

émergence .Et enfin ,la bourse de Casablanca a connu, en avril 2009,le passage effectif au mode gouvernance avec conseil d'Administration et Direction Générale

Depuis, le marché boursier marocain a connu plusieurs évolutions et un bon essor avec l'introduction en bourse de plusieurs sociétés de grandes renommées et qui ont permis à la place de Casablanca de connaître un renouveau et un dynamisme considérable

La bourse de Casablanca est par la suite une société anonyme à conseil d'Administration .Placée sous la tutelle du Ministère de l'Economie et des finances, elle exerce dans le cadre d'un cahier des charges et obéit à des règles définies dans un règlement général.

Sa mission consiste à assurer le fonctionnement, le développement et la promotion du marché boursier marocain à travers :la surveillance et le pilotage de la séance de cotation ,la publication et la diffusion des informations de marché ,l'assistance des émetteurs dans la cotation de leurs valeurs et dans l'exécution de leurs opérations financières ,l'intervention lors du dénouement des transactions conclues entre les différents intervenants ,et enfin la garantie des mouvements en cas de défaillance d'un intermédiaire

### III-2 Sociétés de bourses

Aujourd'hui au nombre de 175, agréées par le ministère des finances et de la privatisation, les sociétés de bourse détiennent le monopole du courtage sur le marché boursier. Elles ont pour objet, outre l'exécution des transactions sur les valeurs mobilières, la garde des titres, la gestion des portefeuilles de valeurs mobilières en vertu d'un mandat, le conseil à la clientèle et l'animation du marché des valeurs mobilières inscrites à la cote

Les sociétés de bourse participent également au placement des titres émis par les personnes morales faisant appel public à l'épargne et assistent ces dernières à la préparation des documents d'information destinés au public

### III-3 Conseil déontologique en valeurs mobilières CDVM

Le CDVM est un établissement public qui jouit de la personnalité morale et de l'autonomie financière, En tant qu'autorité du marché, il a pour vocation de :

Protéger l'épargne investie en valeurs mobilières ou tout autre placement réalisé par appel public à l'épargne

Veiller à m'information des investisseurs en valeurs mobilières en s'assurant que les personnes morales, qui font appel public à l'épargne, établissent et diffusent toutes les informations légales et réglementaires exigées

Assurer le bon fonctionnement du marché des valeurs mobilières en veillant à sa transparence ,son intégrité et sa sécurité ;et garantir le respect des diverses dispositions légales et réglementaires régissant le marché financier

### III-4 Dépositaire central-Maroclear

MAROCLEAR est le dépositaire central des titres au Maroc. Il s'est vu confier depuis le démarrage de ses activités en 1997 la responsabilité de :

Conserver les comptes titres de ses affiliés et assurer leur circulation et leur administration

Centraliser la conservation des titres dans des comptes courants ouverts exclusivement aux noms des professionnels tels que les banques, les sociétés de bourse et les émetteurs. (Maroclear n'entretient aucune relation avec le grand public)

Simplifier l'exercice des droits attachés aux titres.



A cet égard, MAROCLEAR est gestionnaire du système de règlement /Livraison qui permet de dénouer toutes les transactions réalisées sur les valeurs admises aux opérations du dépositaire central

Ce dépositaire central est placé sous l'autorité du ministère des finances qui approuve ses statuts et son règlement général et peut demander l'audit de son activité à tout moment. MAROCLEAR est également soumis au control du conseil déontologique des valeurs mobilières (CDVM)

En poursuivant son développement à un rythme soutenu, MAROCLEAR a progressivement étoffé ses services et a réussi à se positionner au cœur de l'industrie des valeurs mobilières au Maroc en tant qu'infrastructure de post marché au service de l'ensemble des professionnels

## Chapitre II

# Description de l'organisme d'accueil

Dans ce chapitre nous allons  
décrire l'organisme d'accueil

## Chapitre 2 - : Présentation du cadre du travail

### I- PRESENTATION DE LA CDG :

#### I.1 Profil de la CDG :

La Caisse de Dépôt et de Gestion (CDG) est une institution financière, créée sous forme d'un établissement public en 1959 et qui a pour rôle central de recevoir, conserver et gérer des ressources d'épargne qui, de par leur nature ou leur origine, requièrent une protection spéciale.

La CDG centralise l'équivalent de 35% du stock de l'épargne institutionnelle et totalise près de 100 milliards de dirhams en actifs sous gestion. Elle est le principal investisseur en valeurs du Trésor avec 50% environ des actifs sous gestion.

Outre son rôle de leader sur le marché obligataire primaire, la CDG assure 18% du marché secondaire des bons du Trésor et détient près de 5% de la capitalisation boursière. Acteur central du processus de transformation de l'épargne, la CDG agit également en tant que principal investisseur institutionnel.

Ainsi, et en plus de ses investissements directs, elle intervient activement dans l'économie nationale par l'intermédiaire de ses filiales et organismes gérés avec lesquels elle constitue un groupe important dont l'activité s'étend à différents secteurs.

De par sa vocation, son poids financier et la nature de ses interventions, le groupe Caisse de Dépôt et de Gestion constitue aujourd'hui un véritable agent de développement, et joue un rôle majeur en matière de dynamisation, d'animation et de développement des marchés.

#### I.2 Missions de la CDG:

A l'horizon 2010, le groupe CDG aspire à devenir un acteur de référence à l'échelle nationale, sur tous les domaines (immobilier, tourisme, finance, prévoyance).

Il ambitionne également d'être un catalyseur des investissements dans le long terme en développant une expertise et un savoir-faire permettant de contribuer à la réalisation de grands projets territoriaux structurants et à la venue à maturité des marchés financiers.

La vision stratégique du groupe CDG comporte :

- La recherche de performances financières maximales dans la gestion des avoirs de ses clients.
- Un rôle de premier plan dans la venue à maturité des marchés financiers.
- Un positionnement central dans la réforme des retraites.
- Un rôle d'excellence pour le développement d'opérations d'aménagement urbain et territorial.



- Une recherche de rentabilité maximale dans le cadre de ses missions de financement de projets.

La CDG est considérée aujourd'hui comme le principal centralisateur de l'épargne nationale avec des dépôts institutionnels (CNSS, CEN, Fonds du travail...) et des dépôts facultatifs (Filiales du groupe CDG, fondation Mohammed VI, Fondation des œuvres sociales des FAR ...)

La mission originelle de la CDG a ainsi évolué pour comprendre, outre la protection des fonds déposés, la recherche de performance financière dans la gestion des avoirs financiers de ses clients.

La CDG a été désignée comme un établissement dépositaire et gestionnaire des fonds issus de l'Assurance Maladie Obligatoire. Désormais, c'est une logique de partenariat mutuellement bénéfique qui régit la relation qu'entretient la CDG avec ses principaux déposants.

Par ailleurs et depuis sa création, la CDG a été un puissant vecteur du lancement, de la promotion et de l'animation du marché financier marocain.

Aujourd'hui, le groupe reste un des principaux market-maker de la place puisqu'il détient une part de près de 32% sur le marché primaire des bons du trésor, de 18% sur le marché secondaire des bons du trésor et détient près de 5% de la capitalisation boursière.

Les portefeuilles obligataires et actions de la CDG ont atteint en 2007 respectivement près de 32 milliards et 9,2 milliards de dirhams.

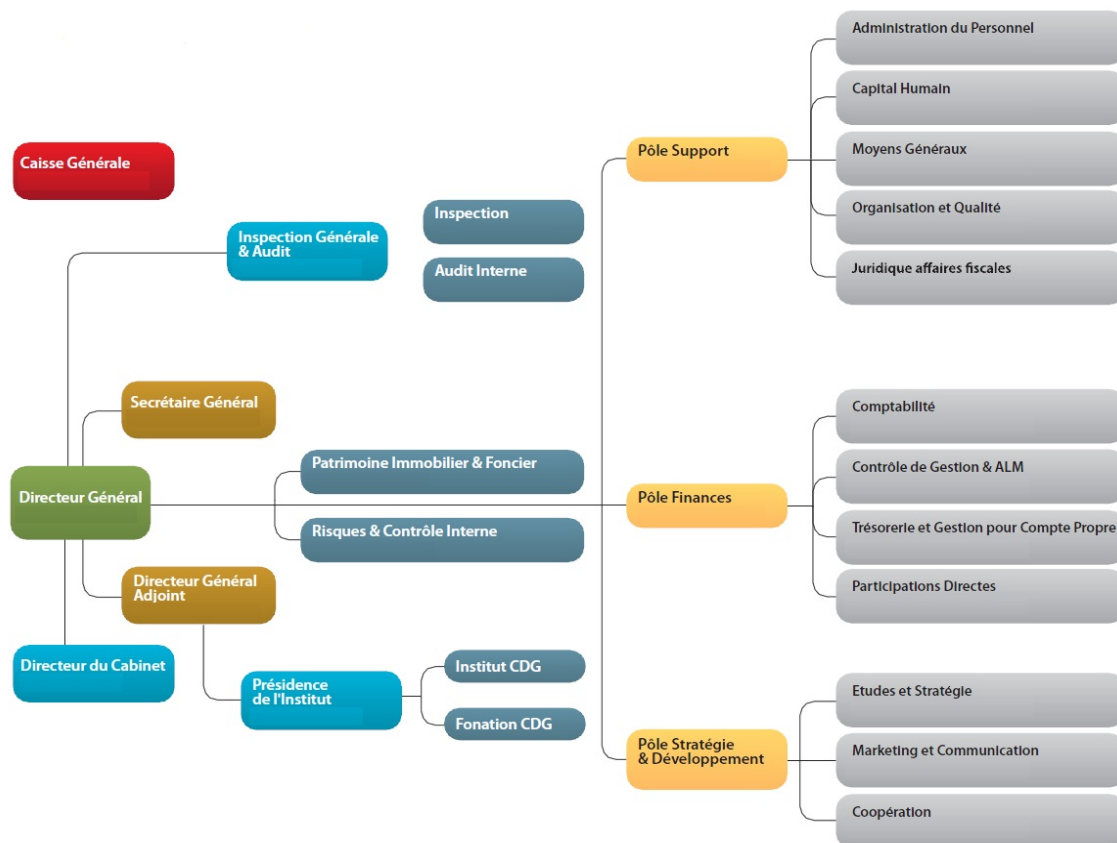
Les valeurs du Groupe CDG ont été choisies après une large consultation auprès du personnel de la Caisse de Dépôt et de Gestion : près de 1 000 personnes, réunies dans des workshops, ont participé à la définition des quatre valeurs du Groupe : Innovation, Synergie, Performance et Citoyenneté.

Pour que ces valeurs ne restent pas des vœux pieux, un séminaire «Valeurs et Management» a ensuite été organisé afin de déterminer des plans d'action opérationnels pour l'adhésion de chacun à ces valeurs et leur mise en œuvre dans la stratégie du Groupe CDG.

Ainsi, ces valeurs constituent désormais, un référentiel quotidien pour le Groupe CDG et ses collaborateurs, qui s'engagent à en faire une source permanente de progrès.

### **I.3 Organigramme de la CDG :**

La structure organisationnelle de CDG capital est représentée sur l'organigramme suivant :



**Figure 1 : Organigramme du Groupe CDG**

Le pôle où nous avons été affectés est le pôle Finances. Ce dernier est en charge du pilotage financier du Groupe CDG, du pilotage des participations directes, de la tenue de la comptabilité CDG, de la production des comptes consolidés du Groupe et de la gestion de la trésorerie et du compte propre CDG.

Notre projet a été réalisé en collaboration avec la direction de gestion de la trésorerie et du compte propre. Celle-ci est chargée de la gestion, du suivi, et du pilotage du portefeuille des participations directes de la CDG, ainsi que de la gestion du portefeuille des avances et des prêts.

## **II- PRESENTATION DE CDG CAPITAL :**

### **II-1 La création de CDG Capital :**

CDG Capital est la banque d'affaires du groupe CDG. Elle a été créée en mars 2006 en tant que société anonyme et a été détenue à 100% par la CDG.

Dans le cadre de la restructuration de la CDG, la création de CDG Capital vise à clarifier les missions du groupe et à améliorer sa gouvernance vis-à-vis des pouvoirs publics. Tout cela en optimisant la capacité d'intervention de la CDG comme instrument de développement du royaume et en améliorant la lisibilité de ses actions et de son bilan.

Elle se doit de clarifier son rôle et la nature de ses interventions vis-à-vis du public, afin de confronter une image appropriée à son positionnement dans le contexte économique et financier marocain.

La CDG vise à améliorer sa gestion interne en précisant les champs d'activités de chacune de ses entités du groupe tout en favorisant les synergies, en établissant des règles de fonctionnement communes efficaces et en mettant en place des modes de gestion adaptés à la vocation de chacune de ces entités.

Les objectifs principaux de la création de CDG Capital étaient d'une part de séparer les activités financières des autres activités opérationnelles et d'autre part, de différencier les rôles d'opérateur et d'investisseur financier

## II-2 Les activités de CDG Capital :

Aujourd'hui, les activités de CDG Capital se décomposent en 5 métiers: la corporate finance, les services bancaires et financiers, la gestion d'actifs, les activités de marchés et le capital investissement.

### II.2.1 La corporate finance:

La Corporate finance ou finance d'entreprise est le domaine d'activité du service responsable des décisions et opérations financières, outils financiers et équilibres financiers des entreprises pour le compte des apporteurs de capitaux.

La finance d'entreprise a pour objet d'optimiser et d'assurer la rentabilité des apports des apporteurs de capitaux. Ceci a pour but d'attirer les capitaux propres après l'activité de l'entreprise, la solvabilité pour permettre le recours aux emprunts utilisés pour l'activité de l'entreprise ainsi que la liquidité de la trésorerie de l'entreprise afin de faire face à leurs engagements de paiement à court terme lors de l'activité de l'entreprise. Elle est donc amenée à gérer les outils financiers (emprunt, immobilisation financière, et autres outils d'engagement et d'actifs financiers).

Les métiers de la Corporate Finance regroupent notamment les opérations d'origination, les opérations de conseil en fusions-acquisitions, ainsi que le montage de financements structurés et de projets complexes.

### II.2.2 Les services bancaires et financiers:

En tant que banque d'investissement de référence sur le marché marocain, CDG Capital offre à ses clients institutionnels, Corporate ou particuliers, des services bancaires et financiers de très haut niveau.

#### 1- Les services bancaires :

Les services bancaires de CDG Capital permettent à chaque client d'optimiser la gestion de ses comptes et de sa trésorerie. Moyens de paiements, tenue de comptes, gestion de trésorerie ou encore opérations de placement et de financement, les services proposés sont dispensés dans de meilleures conditions par des experts dont la connaissance pointue de chaque dossier permet un conseil à haute valeur ajoutée et la construction d'une relation solide et durable.

## **2- Les services financiers :**

Les services financiers proposés par CDG Capital couvrent toute la gamme des offres les mieux adaptées aux besoins de chaque segment de clientèle. Conservation d'actifs, gestion et contrôle dépositaire des OPCVM et services aux émetteurs sont gérés par des professionnels reconnus, qui mettent leur rigueur et leur connaissance des subtilités du marché au service de la rentabilité de leurs clients.

Il y a également un service offert pour d'autres investisseurs du marché et qui est l'un des acteurs de référence incontesté Custody. Il consiste à gérer, pour le compte de ces investisseurs, toutes les opérations post-marché liées à leurs portefeuilles de titres.

### **II-2-3 La gestion d'actifs :**

La gestion d'actifs financiers est une activité qui consiste à gérer les capitaux confiés sous des contraintes réglementaires tout en appliquant des politiques d'investissements définies, pour en tirer le meilleur rendement possible en fonction du risque choisi.

On distingue deux types de gestion d'actifs :

- **La gestion sous mandat** qui passe par un contrat entre la société de gestion et le client. Le mandat de gestion ne s'adresse qu'à un seul client, mais le gestionnaire peut inclure des produits de gestion collective dans son mandat. Les actifs gérés sous mandat sont principalement constitués des portefeuilles des organismes gérés qui sont la Caisse Nationale de Retraite et d'Assurance (CNRA) et le Régime Collectif d'Assurance et de Retraite (RCAR), ainsi que quelques portefeuilles de fonds spécifiques.

- **La gestion collective** propose des OPCVM (Organismes de Placements Collectifs en Valeurs Mobilières) qui sont des produits destinés à de nombreux porteurs qui en achètent des parts comme les SICAV (Sociétés d'Investissements à Capital Variable) et les FCP (Fonds Communs de Placements). La société filiale de CDG Capital, qui s'occupe de la gestion collective est la CD2G créée le 18 mai 1997. Celle-ci est spécialisée dans les marchés financiers s'appuyant sur l'expertise et le soutien du groupe CDG. Elle propose aux investisseurs sa connaissance du marché et met à leur service des outils performants d'analyse et de contrôle de risques. Cette compétence et cette expertise se concrétisent par une offre de produits ouverts sous diverses formes et destinés aux grands investisseurs. En effet, la gamme de CD2G compte 8 OPCVM et couvre toute la palette des horizons à investissement. Produits actions, diversifiés, obligataires, obligataires court terme ou monétaires, ils sont adaptés aux besoins des différents clients, investisseurs institutionnels ou entreprises, et leur offrent un accès privilégié à tous les marchés marocains.

Les professionnels chargés de la gestion d'actifs sont souvent spécialistes d'un type de produit financier (Sicav, actions, obligations...) ou d'un marché.

On distingue donc quatre types de produits. Tout d'abord la gestion d'actions où l'argent est principalement investi en actions boursières. Ensuite la gestion de produits de taux tels que les produits obligataires et monétaires. Puis la gestion diversifiée qui a pour but de rechercher une optimisation de la diversification du portefeuille, investissant dans différentes



catégories d'actifs, sur différents secteurs d'activité et différentes zones géographiques. Et enfin, la gestion alternative qui se divise principalement en deux types de gestion ; la private equity et les gestions de type spéculatif (hedge funds).

#### II-2-4 Activités de marchés :

Les activités de marchés de CDG capital sont nombreuses et attirent une vaste clientèle au niveau national et international. Elles sont organisées en plusieurs desk notamment dans la salle de marché et aussi grâce aux intermédiations boursières de sa filiale SAFABOURSE. Elles englobent une large gamme de produits et services pour les classes d'actifs tels que les actions et obligations en direct, les produits de taux et les produits de change, les produits structurés, la syndication ...etc.

##### 4-1 Salle de marché :

Cette salle de marchés possède plusieurs activités, notamment le marché des bons du trésor, le marché monétaire, le marché de la dette privée et le marché actions.

###### ✓ Marché des Bons du Trésor :

Cette activité de la salle des marchés a principalement pour objectif, en tant qu'Intermédiaire en Valeurs du Trésor, d'accompagner le Trésor dans son recours au marché de la dette intérieure, en assurant une participation régulière au niveau du marché primaire des Bons du Trésor, et de contribuer en tant que Market Maker à la liquidité du marché secondaire de la dette publique et privée.

###### ✓ Marché Monétaire :

Le Desk Monétaire finance quotidiennement le levier des différents desks de la salle (obligataire, action, sales et change) et les crédits accordés à la clientèle. Il opère également le placement des dépôts de la clientèle déposés au niveau de la banque.

###### ✓ Marché de la Dette Privée :

Cette activité concerne l'activité de placement de la dette privée obligataire où les taux d'intérêt sont la jonction des mondes réels et monétaire.

###### ✓ Marché Actions :

Cette activité consiste à faire du Trading pour le compte propre de CDG Capital dans l'objectif d'optimiser le rendement lié à cette activité.

##### 4-2 Intermédiation boursière : SAFABOURSE

SAFABOURSE qui est une filiale à 100 % de CDG capital, est une société de bourse créée en 1995 qui s'occupe essentiellement des intermédiations boursières.

Les trois principales activités de SAFABOURSE sont l'activité intermédiation, le custody et la gestion privée.

## II-2-5 Capital investissement :

### 1 Accès Capital Atlantique SA :

Accès Capital Atlantique SA (ACASA), acquise à 100% par CDG Capital en fin d'année 2007, est une société de gestion de fonds d'investissements ayant pour but d'investir en fonds propres et quasi fonds propres dans des entreprises marocaines non cotées.

Actuellement, elle assure la gestion de quatre fonds d'investissement sur trois lignes métiers :

- Activité Développement : Le Fonds Accès Capital Atlantique Maroc (ACAMSA), d'une taille de 180 millions de dhs ainsi que Le Fonds CapMezzanine, créé en décembre 2007, d'une taille cible de 500 millions de dhs.

- Activité Amorçage : Le Fonds Sindibad SA (FSSA), d'une taille de 48 millions de dhs.

- Activité Carbone : Le Fonds Capital Carbone Maroc (FCCM), créé en juillet 2006 et d'une taille cible de 300 millions de dhs.

### 2 Les fonds sous gestion :

#### ✓ Fonds ACAMSA :

Créée en 2001, la société ACAMSA est dédiée au financement des entreprises marocaines innovantes et à fort potentiel de développement. Elle regroupe autour de la CDG d'autres institutionnels de premier rang tels qu'AXA Assurance, CNIA Assurance, MAMDA/MCMA et Wafa Assurance.

#### ✓ Fonds Cap Mezzanine :

Le Fonds « CAP Mezzanine » créé en décembre 2007 propose une offre de financement mixte regroupant l'investissement en capital développement (equity) et en dette mezzanine. Il a pour vocation d'investir dans des petites et moyennes entreprises de droit marocain et d'accompagner ces entrepreneurs dans leurs projets de développement et de transmission. Les secteurs cibles du fonds sont essentiellement les industries métallurgiques mécaniques et électroniques, l'agro-industrie, l'agroalimentaire, la pêche, les services et nouvelles technologies de l'information et de télécommunication, ainsi que la distribution spécialisée.

#### ✓ Fonds Sindibad :

Créé en 2002 et doté d'une taille de 48 millions de dirhams, le Fonds Sindibad est le premier fonds d'amorçage au Maroc destiné aux sociétés marocaines innovantes, en création ou de moins de deux ans d'existence, opérant dans les domaines des sciences de l'ingénierie, des sciences de la vie et des nouvelles technologies de l'information et de la communication.

En 2007, la gestion du Fonds Sindibad a été transférée à la société ACASA, et à ce titre, un contrat de gestion a été signé entre les deux parties en novembre 2007. Au 31 décembre 2007, le Fonds Sindibad a investi un montant global de 13,5 millions de dirhams dans sept participations à savoir : Atlas Eden, Lead Design, Protenia, SN2B, RXR Protect, Ecotechno et Devocean.

✓ Fonds Capital Carbone Maroc :

Créé par la CDG, le FCCM est le premier fonds africain francophone dédié à la finance carbone. Son objectif est de promouvoir et de participer au développement de projets marocains se rattachant à la mise en œuvre du Protocole de Kyoto sur les changements climatiques et entrant dans le cadre du Mécanisme pour un développement Propre (MDP).

L'intervention du fonds se fait à travers deux activités : une activité d'achat de crédits carbone générés par les projets MDP et une activité de financement mezzanine de ces projets.

La création juridique du fonds a eu lieu en janvier 2007 avec un capital initial de 5 millions de dhs libéré à moitié. La taille cible du Fonds est de 300 millions de dhs avec un premier closing de 100 millions de dhs

# Partie I

Cette première partie sera consacrée à la valorisation du portefeuille obligataire de la CDG alors dans le premier chapitre nous allons donner un aperçu sur les produits obligataires ainsi que les différentes méthodes pour les valoriser dans le deuxième chapitre nous allons aborder la notion de la courbe des taux et les principaux méthodes pour la reconstituer aussi on va présenter un pricer qui permet l'exploitation des données ainsi que la valorisation du portefeuille

# Chapitre I

## Principes de valorisation des

### emprunts obligataires

Dans ce chapitre nous allons donner une description des produits obligataires ainsi que les principes de valorisation de ces derniers

# **Chapitre 1**      **Principes de valorisation des** **emprunts obligataires**

Les produits de taux ou produits de type obligataire concernent tous ceux dont les revenus et la valorisation dépendent d'un taux et qui fluctuent donc en fonction de la courbe des taux de marché c'est une créance détenue par une partie prêteuse sur une partie emprunteuse. Une obligation est un titre de créances émis par les émetteurs publics ou privés et non un titre de propriété comme c'est le cas pour les actions. La différence entre les emprunts bancaires et les obligations réside dans le caractère négociable de ces dernières.

Au Maroc les émissions d'emprunts obligataires sont réservées à l'état aux entreprises publiques ou semi publiques autorisées ou garanties par l'état et au niveau des entreprises et au niveau des entreprises privées aux seules sociétés anonymes ayant deux années d'existence et un capital entièrement libéré

## **I. L'emprunt obligataire** **1 définition**

L'emprunt obligataire est un Contrat par lequel une personne morale : Etat, entreprise publique ou privée reçoit en prêt une certaine somme d'argent de la part des souscripteurs des titres obligataires qu'elle a émis. Ces titres donnent le droit aux titulaires d'être remboursés à une échéance dans des conditions fixées dans le contrat et de percevoir des intérêts appelés coupon rémunérateurs de leur prêt.

Les bons de trésor sont des emprunts obligataires émis par l'Etat marocain pour couvrir son besoin de financement et rembourser sa dette publique

Une obligation est une part d'un emprunt émis par une entreprise, une entité du secteur public ou l'État (l'émetteur).

À cet égard, le porteur d'une obligation reçoit généralement un intérêt versé périodiquement et calculé en fonction de la valeur nominale du titre (le « coupon »).

À l'échéance, le montant nominal est en principe remboursé au porteur. Toutefois, avant l'échéance, la valeur de marché des obligations peut fluctuer et s'éloigner de la valeur de remboursement à l'échéance. D'autres modes de calcul de la valeur de remboursement peuvent être fixés contractuellement.

Vous pouvez acheter des obligations auprès d'un intermédiaire agréé (comme votre banquier ou votre conseiller financier), soit :

- lors de leur émission,
- directement sur les marchés boursiers.

## 2 Les bons de société de financement et les certificats de dépôts à court terme

### 2-1 définition

Ce sont des obligations émises respectivement par les sociétés de financement et par les établissements financiers pour des maturités allant de sept jours à sept ans même si l'éventail de choix en termes de maturité reste relativement large les risques de contrepartie liés à la qualité de l'émetteur conditionnent la liquidité de ces titres et leur niveau d'attractivité en tant qu'instruments de placement trésorerie. Le choix d'une bonne signature s'avère dans ce cas indispensable pour se prémunir contre tout risque de défaillance, de liquidité ou d'un retard en matière de remboursement du capital et des coupons

### 2-2 Les repurchases agreements REPO's

Une opération de REPO est un contrat conclu sur une période fixée à l'avance entre deux contreparties à travers lequel le prêteur du cash achète de chez l'emprunteur du cash des lignes obligataires (en général des bons du trésor) avec un engagement de l'acheteur (le prêteur du cash) de rétrocéder à l'échéance du contrat les lignes acquises. Concomitamment, l'emprunteur du cash s'engage à restituer le cash emprunté par l'acquisition de ses titres cédés initialement

Le prêt/emprunt du cash se fait moyennant un taux d'intérêt négocié entre les deux contreparties (couramment appelé taux REPO)

À l'échéance du contrat, le prêteur du cash cédera les titres achetés initialement au prix d'achat initial augmenté des intérêts de la période du contrat. Ces intérêts représentent le produit financier généré par le placeur de la trésorerie

Simultanément, l'emprunteur du cash rachètera les titres vendus initialement au prix de vente initial diminué des mêmes intérêts de la période du contrat. Ces intérêts représentent le coût de financement du demandeur du cash.

$$P_c = P_a * \left(1 + \frac{d * r}{360}\right)$$

Avec  $P_c$  le prix de cession

$P_a$  prix d'acquisition à la date de réalisation de l'opération REPO ce prix est évalué à la valeur marché des titres

$d$  durée du contrat

$r$  taux repo

$P_c - P_a$  intérêts de la période

Les taux REPO négociés par les opérateurs dépendent de la situation du marché monétaire notamment en termes de degré de liquidité de ce marché. Les taux REPO sont, par conséquent indexés et fortement corrélés aux taux interbancaires. Leur évolution résulte donc des mécanismes de l'offre et de la demande de la monnaie qui, à leur tour sont régulés par les instruments de la politique monétaire sur laquelle veille BANK AL MAGHRIB ; en conséquence, le gestionnaire de trésorerie devrait être attentif à ce qui se passe sur ce marché

Il est à noter, que les opérations de REPO sont les instruments de placement de la trésorerie par excellence. En témoigne la part de ces opérations dans le volume des transactions passées sur le marché obligataire marocain, qui a représenté systématiquement sur les cinq dernières années un peu plus de 95% des transactions obligataires.

L'attrait de ces opérations se justifie par la simplicité du montage financier qui offre un produit garantissant à la fois la liquidité et la sécurité absolue.

### Avantages et inconvénients du placement obligataire

L'avantage du placement en obligation est la sécurité du placement en effet le rendement est garanti et la mise de fonds est assurée d'être récupérée à l'échéance

Cependant il existe certains risques ainsi si l'émetteur est en faillite il ne pourra pas ni payer les intérêts ni rembourser les obligations c'est ce qu'on appelle le risque de signature mais ce risque peut être évité en choisissant des obligations sûres comme les obligations d'Etat ou de sociétés renommées le revers de la médaille est la faiblesse des taux alors offerts. Aussi il y'a le risque de taux lorsque les taux d'intérêt augmentent le cours des obligations anciennes baisse puisque les obligations nouvellement émises sont plus attractives inversement lorsque les taux d'intérêt diminuent le cours des obligations anciennes augmente car leurs rendements sont supérieurs à ceux des nouvelles obligations

Enfin il y'a le risque de perte en capital lorsqu'à la fois les taux d'intérêts augmentent et le titulaire d'obligations décide de les céder en effet ces obligations ne prendront pas toujours preneurs mais dans le cas où les taux d'intérêts baissent le titulaire d'obligations peut s'attendre à réaliser des plus-values s'il vend les obligations avant leurs échéance

#### Avantages

Rendement garanti

Mise de fonds assurée d'être récupérée à l'échéance

En cas de diminution des taux d'intérêts, possibilité de réaliser des gains en cas de vente des obligations avant leur échéance

#### Inconvénients

Risque de signature

Risque de taux

Risque de perte de capital si les obligations ne sont pas conservées jusqu'à l'échéance

### 2-3 les caractéristiques d'un emprunt obligataire

Les éléments caractérisant ce type d'emprunt sont :

- **Date d'émission** : Date effective de la souscription et de la libération du titre. C'est aussi la date à partir de laquelle les intérêts commencent à courir.

- **Date de jouissance** : Les dates d'anniversaires de cette date de jouissance coïncident avec le jour de versement des intérêts et/ou du principal sur les bons du Trésor

- **Date d'échéance** : Jour où doit être éteinte une dette par le paiement du principal et des intérêts.

- **Taux nominal** : Ce taux est nommé également « taux facial ». Il s'agit du taux d'intérêt qui sera appliqué au nominal pour calculer les intérêts.

- **Maturité initiale** : C'est la durée séparant la date d'émission et la date d'échéance.

**Maturité résiduelle** : c'est la date séparant la date de liquidation et la date d'échéance

- **Nominal** : Le montant unitaire de chaque titre composant un emprunt. La valeur nominale d'un titre est aussi sa valeur de remboursement à l'échéance, elle est appelée aussi « valeur faciale ».

- **Modalités d'amortissement** : Amortissement in fine qui consiste à rembourser le principal à l'échéance du prêt. Notons qu'une obligation à taux fixe peut aussi être amortissable.

- **Périodicité de paiement des coupons** : Généralement annuelle. Cependant une obligation à taux fixe peut avoir des coupons trimestriels ou semestriels.

- **Les emprunts atypiques**: Généralement toutes les périodes sur lesquelles courent les coupons sont d'égale durée, le plus souvent l'année. Toutefois, certains emprunts peuvent comporter une ou deux périodes dont la durée n'est pas égale à celle des périodes courantes. Ces emprunts sont nommés emprunts atypiques et les coupons correspondants, coupons atypiques.

## II Valorisation des titres de produits obligataires

L'analyse des résultats de la gestion de portefeuille est une étape incontournable, l'investisseur s'interroge sur la performance réalisée par le portefeuille pendant une durée de temps déterminée. Dans le cadre de cette interrogation, nous avons réalisé un processus de calcul des prix des différentes classes d'actifs qui composent le portefeuille en question, qui nous permettra d'évaluer la qualité de gestion. Il s'agit d'un Pricer autonome pour le calcul des prix et des différentes caractéristiques des lignes tels que les coupons, les flux, ainsi que toutes les différents outils de mesure du risque

Toutefois, il faut signaler que le processus de pricing change d'une classe d'actif à une autre. Pour cela dans cette partie du rapport nous allons décrire le processus de calcul au niveau de chaque ligne.

L'évaluation des titres de créance émis ou garantis par l'état à coupon annuel et à taux fixe remboursable « in fine » est régie par la circulaire de BAM

### 1 Evaluation des titres de créances de maturité initiale est inférieure ou égale à 1 an

Le prix des titres de créances à taux fixe dont la maturité initiale est inférieure ou égale à 365 jours est calculé de la manière suivante :

$$P = N \times \frac{1 + T_f \frac{M_i}{360}}{1 + T_r \frac{M_r}{360}}$$

Ou :

P : le prix du titre, en DH ;

N : le nominal, en DH ;

M<sub>i</sub> : la maturité initiale, en jours ;

M<sub>r</sub> : maturité résiduelle, en jours ;

TF : le taux facial ;

Tr : le taux de rendement, simple.

### 2 Evaluation des titres de créance de maturité initiale supérieure à 1 an

#### 2-1 Titres de créances de maturité résiduelle inférieure à 1 an

Le prix des titres de créances à taux fixe dont la maturité initiale est supérieure à 1an

Et dont la maturité résiduelle est inférieure ou égale à 365 jours, est calculé de la manière suivante :

$$P = N \times \frac{1 + T_f}{1 + T_r \frac{M_r}{360}}$$

### **2-2 Titres de créances de maturité résiduelle supérieure à 1 an :**

Le prix des titres de créances à taux fixe dont les maturités initiales et résiduelles sont supérieures à 365 jours, est calculé de la manière suivante :

$$P = \frac{1}{\frac{(1 + T_r)^{n_j}}{A}} \sum_{i=1}^N \frac{F_i}{(1 + T_r)^{i-1}}$$

Où :

$P$  : prix du titre ;

$T_r$  : le taux de rendement au moment de l'évaluation, tel que défini par l'article 6 de la présente circulaire ;

$F_i$  : flux monétaire à la date  $i$  (coupon ou coupon plus nominal) ;

$N$  : Nombre de coupons à venir ;

$n_j$  : Nombre de jours restant à courir jusqu'à la date du prochain coupon ;

$A$  : égale à 366 jours si l'année en cours est une année bissextile ou 365 sinon ; Plus précisément, cette dernière formule s'écrit différemment suivant que la ligne à évaluer est normale ou postérieure

### **2-3 Titres de créances à taux fixe remboursables in fine émis par des émetteurs privés :**

L'évaluation des titres de créances à taux fixe émis par des émetteurs privés s'effectue de la même manière que celle des titres émis par des émetteurs publics, à la seule différence de l'ajout d'une prime de risque aux taux des Bons du Trésor utilisés pour l'évaluation. Ainsi les formules restent les mêmes, avec :  $T_r$  est remplacé par  $(TA + p)$

Où :

$TA$  : le taux d'actualisation au moment de l'évaluation, utilisé pour la valorisation des titres émis par l'Etat.

$p$  : la prime de risque au moment de l'évaluation

# Chapitre II

## Méthodes de reconstitution de

## la courbe des taux

Dans ce chapitre nous allons présenter deux méthodes pour la reconstitution de la courbe des taux il s'agit de la méthode de l'interpolation linéaire et de la méthode de bootstrapping pour la reconstitution de la courbe des taux zéro coupon aussi nous allons terminer le chapitre par une description du pricer utilisé pour la valorisation du portefeuille obligataire étudié

## Chapitre 2                      les méthodes de reconstitution de la courbe des taux

### I La courbe des taux et les principales méthodes pour la reconstituer

#### I généralités

La structure par terme des taux d'intérêt (ou courbe des taux ou encore gamme des taux) est la fonction qui à une date donnée et pour chaque maturité en abscisse indique le niveau du taux d'intérêt associé en ordonnée

#### La multitude de courbe des taux

A une date donnée et dans un pays ou une zone économique une unifiée il existe une multitude de courbe de taux

On distingue les courbes de marché et les courbes implicites

Les courbes de marché sont construites directement à partir des cotations de marché d'instruments comme les swaps et les obligations

**Exemple :** la courbe des taux de rendement à maturité : elle est construite à partir des taux de rendement des obligations

La courbe des taux de rendement des swaps elle est construite à partir des taux de swaps

Les courbes implicites sont dérivées indirectement à partir des cotations de marché d'instruments comme les obligations et les swaps

- Exemple : la courbe des taux zéro coupon
  - La courbe des taux forward
  - La courbe des taux forwards instantanés
  - La courbe des taux de rendement au pair

#### Remarque

On distingue les courbes de taux selon l'émetteur le secteur auquel il appartient et son niveau de rating

### 2 Construction par terme des taux d'intérêt

La connaissance de la courbe des taux est indispensable pour les professionnels de marché pour différents raisons

- Evaluer les produits de taux délivrant des flux futurs à finalité de couverture
- Détecter les produits sous ou sur évalués sur le marché pour tenter d'en tirer profit
- Calculer d'autres courbes implicites comme par exemple la courbe des taux forward
- Mettre en place des modèles stochastiques de déformation de celle-ci dans le temps afin entre autres d'évaluer les options cachées des produits financiers

La reconstitution de cette courbe est nécessaire pour cela plusieurs méthodes se présentent parmi eux on peut citer l'interpolation linéaire

### Interpolation de la courbe des taux

Il existe plusieurs méthodes permettant d'interpoler de trouver à une date donnée le taux correspondant pour différentes maturités de la courbe des taux dans les lignes qui suivent nous allons présenter la méthode d'interpolation linéaire avec laquelle nous avons construit la structure par terme des taux d'intérêt

#### 2-1 Méthode d'interpolation linéaire

Le fait d'effectuer une interpolation linéaire entre deux points de la courbe d'une fonction consiste à supposer qu'entre ces deux points la fonction peut être remplacée par une fonction affine. Dans ce cas nous construisons une courbe d'interpolation qui est une succession de segments.

Dans notre cas nous connaissons le taux zéro coupon  $Z_i$  de maturité  $t_i$  et le taux zéro coupon  $Z_j$  de maturité  $t_j$ . Nous souhaitons interpoler le taux  $Z_k$  de maturité  $t_k$  avec  $t_k \in [t_i ; t_j]$

Nous calculons alors le taux  $Z_k$  par la formule suivante :

$$Z_k = \frac{(t_j - t_k) * Z_i + (t_k - t_i) * Z_j}{t_j - t_i}$$

Pour effectuer l'interpolation linéaire on doit faire appel à la feuille contenant les différentes caractéristiques relatives aux titres qu'on veut valoriser (feuille « input BDT ») et le résultat de l'interpolation linéaire est obtenu dans la feuille « output BDT »

Voici un extrait de la courbe des taux téléchargée à partir du site de BAM

#### **TAUX DE REFERENCE DU MARCHE SECONDAIRE DES BONS DU TRESOR (Courbe des taux)**

Date : 20/05/2013

En millions de dirhams

| Echéance   | Transactions | Taux moyen pondéré | Date de valeur |
|------------|--------------|--------------------|----------------|
| 02/06/2013 | 2 046.56     | 3,918%             | 20/05/2013     |
| 29/07/2013 | 50.12        | 3,930%             | 20/05/2013     |
| 11/11/2013 | 50.05        | 4,110%             | 20/05/2013     |
| 18/11/2013 | 25.00        | 4,150%             | 20/05/2013     |
| 17/03/2014 | 29.54        | 4,215%             | 20/05/2013     |
| 05/05/2014 | 127.59       | 4,250%             | 20/05/2013     |
| 18/05/2014 | 28.36        | 4,260%             | 20/05/2013     |
| 16/11/2014 | 353.40       | 4,460%             | 20/05/2013     |
| 03/11/2015 | 1 516.96     | 4,747%             | 20/05/2013     |
| 17/07/2017 | 49.99        | 4,900%             | 16/05/2013     |
| 16/04/2018 | 24.00        | 4,980%             | 16/05/2013     |
| 28/02/2020 | 150.66       | 5,171%             | 16/05/2013     |
| 19/04/2021 | 75.62        | 5,330%             | 13/05/2013     |
| 03/05/2030 | 346.08       | 5,159%             | 06/02/2013     |
| 04/12/2036 | 12.48        | 4,681%             | 18/04/2013     |
| Total      | 4886.41      |                    |                |

**Tableau 2 : taux de référence des bons du trésor**

Une fois le téléchargement de la courbe des taux est effectué on passe au calcul des maturités et on obtient les résultats suivants :

| date de valeur | maturité résiduelle | taux   |
|----------------|---------------------|--------|
| 20/05/2013     | 13                  | 3,918% |
| 20/05/2013     | 70                  | 3,930% |

|            |      |        |
|------------|------|--------|
| 20/05/2013 | 175  | 4,110% |
| 20/05/2013 | 182  | 4,150% |
| 20/05/2013 | 301  | 4,215% |
| 20/05/2013 | 350  | 4,250% |
| 20/05/2013 | 363  | 4,260% |
| 20/05/2013 | 545  | 4,460% |
| 20/05/2013 | 897  | 4,747% |
| 16/05/2013 | 1523 | 4,900% |
| 16/05/2013 | 1796 | 4,980% |
| 16/05/2013 | 2479 | 5,171% |
| 13/05/2013 | 2898 | 5,330% |
| 06/02/2013 | 6295 | 5,159% |
| 18/04/2013 | 8631 | 4,681% |

**Tableau 3 : présentation de la maturité résiduelle et des taux moyen pondéré des bons du trésor**

Avec

Maturité résiduelle = date d'échéance – date de valeur

L'étape suivante des calculs consiste à passer des taux monétaires aux taux actuariel et ce via la formule suivante :

$$t_a = \left( \left( 1 + t_m \times \frac{n}{360} \right)^{\frac{365}{n}} \right) - 1$$

$n$  : la maturité du titre

$t_m$  : le taux monétaire

$t_a$  : le taux actuariel

### 2-2 Principe d'interpolation :

La fonction tendance est employée dans l'objectif de retourner le taux actuariel correspondant aux maturités pleines et ce, à partir des taux des maturités résiduelles. Le principe donc consiste à pouvoir déterminer l'intervalle de maturités résiduelles où chaque maturité pleine est incluse, puis de déterminer les taux correspondant aux bornes de ces intervalles. Ainsi la fonction tendance fournit à base de cette information le taux actuariel désiré.

***Voici un résumé du processus de calcul du tableau Excel élaboré :***

Cette feuille fonctionne en faisant appel aux caractéristiques des lignes de la feuille input BDT (date d'échéance, date d'émission, taux facial, maturité....) tout en utilisant les différentes fonctions programmées par Excel

| BDT                  |      |      |         |         |            |                |                |              |
|----------------------|------|------|---------|---------|------------|----------------|----------------|--------------|
| maturité en question | BI   | BS   | TBI     | TBS     | taux inter | taux actuariel | taux monétaire | taux utilisé |
| 16                   | 14   | 28   | 0,039   | 0,0385  | 0,03892857 | 0,040223029    | 0,038928571    | 0,038928571  |
| 81                   | 81   | 101  | 0,039   | 0,0395  | 0,039      | 0,040154423    | 0,039          | 0,039        |
| 81                   | 81   | 101  | 0,039   | 0,0395  | 0,039      | 0,040154423    | 0,039          | 0,039        |
| 186                  | 140  | 364  | 0,0405  | 0,0423  | 0,04086964 | 0,041858195    | 0,040869643    | 0,040869643  |
| 291                  | 140  | 364  | 0,0405  | 0,0423  | 0,04171339 | 0,042472566    | 0,041713393    | 0,041713393  |
| 310                  | 140  | 364  | 0,0405  | 0,0423  | 0,04186607 | 0,042581976    | 0,041866071    | 0,041866071  |
| 403                  | 364  | 1070 | 0,0423  | 0,04648 | 0,04299702 | 0,04299702     | 0,042501743    | 0,04299702   |
| 487                  | 364  | 1070 | 0,0423  | 0,04648 | 0,04326541 | 0,043265414    | 0,042978379    | 0,043265414  |
| 599                  | 364  | 1070 | 0,0423  | 0,04648 | 0,04370228 | 0,043702279    | 0,043704332    | 0,043702279  |
| 750                  | 364  | 1070 | 0,0423  | 0,04648 | 0,04443051 | 0,04443051     | 0,044849555    | 0,04443051   |
| 2773                 | 2756 | 2833 | 0,0495  | 0,05148 | 0,04993714 | 0,049937143    | 0,058167128    | 0,049937143  |
| 1439                 | 1070 | 1477 | 0,04648 | 0,0477  | 0,04758609 | 0,047586093    | 0,050322482    | 0,047586093  |
| 1689                 | 1477 | 1902 | 0,0477  | 0,0483  | 0,04799929 | 0,047999294    | 0,051639825    | 0,047999294  |
| -53                  | #N/A | #N/A | #N/A    | #N/A    | 0,039      | 0,040452402    | 0,039          | 0,039        |
| 94                   | 81   | 101  | 0,039   | 0,0395  | 0,039325   | 0,040465146    | 0,039325       | 0,039325     |
| 1934                 | 1902 | 2195 | 0,0483  | 0,04924 | 0,04840266 | 0,048402662    | 0,052977851    | 0,048402662  |
| 2166                 | 1902 | 2195 | 0,0483  | 0,04924 | 0,04914696 | 0,049146962    | 0,05474397     | 0,049146962  |
| 401                  | 364  | 1070 | 0,0423  | 0,04648 | 0,04299126 | 0,042991258    | 0,042491097    | 0,042991258  |
| 2227                 | 2195 | 2314 | 0,04924 | 0,0495  | 0,04930992 | 0,049309916    | 0,055179844    | 0,049309916  |
| 4054                 | 2940 | 5628 | 0,0495  | 0,057   | 0,05260826 | 0,052608259    | 0,068138384    | 0,052608259  |
| 471                  | 364  | 1070 | 0,0423  | 0,04648 | 0,04321034 | 0,043210338    | 0,042883136    | 0,043210338  |
| 520                  | 364  | 1070 | 0,0423  | 0,04648 | 0,04338483 | 0,043384834    | 0,043181476    | 0,043384834  |
| 2346                 | 2314 | 2756 | 0,0495  | 0,05115 | 0,04961946 | 0,049619457    | 0,056033165    | 0,049619457  |
| 2423                 | 2314 | 2756 | 0,0495  | 0,05115 | 0,0499069  | 0,0499069      | 0,056708074    | 0,0499069    |
| 702                  | 364  | 1070 | 0,0423  | 0,04648 | 0,04418196 | 0,044181962    | 0,044464542    | 0,044181962  |
| 2556                 | 2314 | 2756 | 0,0495  | 0,05115 | 0,05040339 | 0,050403394    | 0,057898448    | 0,050403394  |

**Tableau 4 : l'interpolation linéaire pour les BDT**

A partir du tableau de la courbe des taux téléchargé du site de la BAM on effectue les calculs et les transformations suivantes :

**Au niveau de la colonne borne inf :**

Cette colonne permet de déterminer la borne inférieure de l'intervalle où on cherche à inclure la maturité pleine en question. Pour ce faire j'ai utilisé la fonction Excel « recherche V » qui permet de déterminer la borne inférieure de la maturité en question tout en se référant à la courbe des taux téléchargée sur le site de BAM.

**Au niveau de la colonne borne sup.**

Au biais du même principe que celui de la colonne borne inf. cette colonne nous fournit la borne supérieure de l'intervalle visé et ce, grâce à un petit changement au niveau de la fonction recherche V tout en changeant l'indice de recherche par une fonction recherche qui permet de chercher l'indice de la borne inférieure en l'ajoutant 1

A ce stade l'intervalle en maturités résiduelles est déterminé, il reste donc de préciser l'intervalle des taux correspondants pour pouvoir donc déduire le taux ciblé par le biais de la fonction tendance. C'est l'objet des colonnes suivantes.

### ***Au niveau de la colonne taux inf.***

Cette colonne sert tout simplement à retourner le taux actuariel correspondant à la borne inférieure prédéterminée. Pour ce faire j'ai eu recours à la fonction « rechercheV » et à la fonction « SI » de EXCEL.

### ***Au niveau de la colonne taux sup***

De la même façon que pour la colonne précédente, la fonction recherche H fournit le taux actuariel correspondant à la borne supérieure achevant ainsi la détermination de l'intervalle des taux cherché.

A ce stade, toutes les informations nécessaires pour l'usage de la fonction tendance sont disponibles ; il ne reste que l'exploiter pour calculer le taux actuariel des maturités pleines.

### ***Au niveau de la colonne taux interpolé :***

C'est ici qu'intervient la fonction tendance, à base des deux intervalles définis auparavant la fonction retourne alors le taux actuariel ou bien le taux monétaire suivant que la maturité soit supérieure ou bien inférieure à 365 jours sauf dans le cas où la borne inférieure est inférieure à 365 et la borne supérieure est supérieure à 365 on obtient un taux actuariel .

### ***Au niveau de la colonne taux utilisés:***

A ce stade le taux retrouvé correspond à la maturité calculée auparavant et on obtient un taux monétaire si la maturité est inférieure à 365 jours et un taux actuariel si la maturité est supérieure à 365 jours même dans le cas où la borne inférieure est inférieure à 365 et la borne supérieure est supérieure à 365 .

Alors le retour aux taux monétaires pour établir finalement la courbe des taux ciblé.

se fait via la relation suivante :

$$t_m = \left( (1 + t_a)^{\left(\frac{n}{360}\right)} - 1 \right) \times \frac{360}{n}$$

$n$  : la maturité du titre

$t_m$  : le taux monétaire

$t_a$  : le taux actuariel

## **II Méthodes de reconstitution de la courbe zéro coupon**

### **1 Taux zéro coupon /taux de rendement actuariel**

Afin de calculer la valeur de la plupart des instruments financiers il est nécessaire de connaître la somme des montants actualisés aujourd'hui des flux générés par ceux-ci .ces actualisations se font à l'aide des taux zéro coupon

« Un produit financier dit « zéro-coupon » est un instrument qui ne comporte aucun détachement de coupon et ne donne lieu qu'à un flux initial (prix d'achat) et un flux final de remboursement N (nominal) .le taux de rendement actuariel de cet instrument est son taux zéro-coupon

De façon plus formelle un zéro-coupon d'échéance T ou (obligation zéro coupon) est un contrat qui garantit à son détenteur le paiement d'une seule unité monétaire à la date T sans coupon intermédiaires.

Son prix à la date  $t$  est noté  $B(t,T)$ . on a  $B(T,T)=1$

Nous l'appellerons également facteur d'actualisation ou « discount factor »(DF)

A partir des prix zéro coupon nous pourrions déduire le prix de nombreux taux d'intérêt en temps discret et en temps continu (en particulier les taux « in fine » précomptés et actuariels). nous travaillerons de la manière suivante :

En temps discret le taux actuariel à la date  $t$  (ou « taux zéro coupon ») d'échéance  $T$  noté  $r(t,T)$  est défini par :

$$B(t,T) = \frac{1}{(1+r(t,T))^{T-t}}$$

Ainsi la courbe des taux zéro coupon est la représentation graphique des taux actuariels  $r(t,T)$  en fonction de  $T$  pour un  $t$  donné (ou en fonction de  $T-t$ ). la courbe de taux peut s'obtenir quelle que soit la courbe des prix pour l'obligation zéro coupon elle s'appelle également « structure par terme des taux d'intérêts »

L'écriture en temps continu d'une obligation ZC devient :  $B(t,T) = e^{-r(t,T)(T-t)}$

Le taux implicite à ce prix d'obligation est  $r(t,T) = \frac{-\ln(B(t,T))}{T-t}$ , appelé également « rendement à échéance » Nous le noterons aussi  $y(t,T)$  ou  $y(t,T-t)$ . ainsi, pour  $t$  fixé et  $T$  variable

### Homogénéisation et interpolation de la courbe des taux

Afin de construire la courbe des taux zéro-coupon nous avons utilisé les données de taux de bons de trésor fournis par BAM

Voici un extrait de la courbe des taux publiée par BAM

| <i>la courbe des taux</i> |                           |                 |                 |                            |
|---------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|
| <i>date d'échéance</i>    | <i>date de jouissance</i> | <i>maturité</i> | <i>les taux</i> | <i>les taux actuariels</i> |
| 15/04/2013                | 01/04/2013                | 14              | 0,039           | 0,040302682                |
| 29/04/2013                | 01/04/2013                | 28              | 0,0385          | 0,03974594                 |
| 06/05/2013                | 01/04/2013                | 35              | 0,0402          | 0,041517612                |
| 17/06/2013                | 28/03/2013                | 81              | 0,039           | 0,040154423                |
| 11/07/2013                | 01/04/2013                | 101             | 0,0395          | 0,040632112                |
| 19/08/2013                | 01/04/2013                | 140             | 0,0405          | 0,041583851                |
| 17/03/2014                | 18/03/2013                | 364             | 0,0423          | 0,042889985                |
| 06/03/2016                | 01/04/2013                | 1070            | 0,04648         | 0,04648                    |
| 17/04/2017                | 01/04/2013                | 1477            | 0,0477          | 0,0477                     |
| 16/06/2018                | 01/04/2013                | 1902            | 0,0483          | 0,0483                     |
| 05/04/2019                | 01/04/2013                | 2195            | 0,04924         | 0,04924                    |
| 02/08/2019                | 01/04/2013                | 2314            | 0,0495          | 0,0495                     |
| 17/10/2020                | 01/04/2013                | 2756            | 0,05115         | 0,05115                    |
| 02/01/2021                | 01/04/2013                | 2833            | 0,05148         | 0,05148                    |
| 19/04/2021                | 01/04/2013                | 2940            | 0,0516          | 0,0516                     |
| 14/08/2028                | 18/03/2013                | 5628            | 0,057           | 0,057                      |
| 03/05/2030                | 06/02/2013                | 6295            | 0,05159         | 0,05159                    |
| 04/12/2036                | 30/08/2012                | 8862            | 0,04634         | 0,04634                    |

**Tableau 5 : la courbe des taux publiée par BAM**

Il faudrait noter que pour les maturités inférieures à 365 jours les taux publiés par BAM sont des taux monétaires. Tandis que pour les taux de maturités supérieures à 365 jours les taux sont des taux actuariels.

Nous voulons une courbe homogène c'est-à-dire même base de calcul ce qui justifie la transformation des taux présentés dans le tableau précédent en des taux actuariels

## 2 Méthode de calcul des taux zéro-coupon

### 2-1 calcul sur le court terme

Sur le court terme les instruments sont également de type zéro coupon en effet sur le moins d'un an le remboursement du capital intervient en même temps que le paiement des intérêts on a donc bien 2 flux le problème se situe uniquement au niveau de la conversion du taux monétaire en base actuarielle :

$$t_a = \left( \left( 1 + t_m \times \frac{n}{360} \right)^{\frac{365}{n}} \right) - 1$$

Avec  $n$  : la maturité du titre

$t_m$  : Le taux monétaire

$t_a$  : Le taux actuariel

### 2-2 Méthode de calcul des taux du zéro coupon sur le long terme (méthode de bootstrap)

À partir du moment où l'on raisonne sur le plus d'un an on se retrouve confronté au fait qu'interviennent généralement des règlements intermédiaires d'intérêts (détachement des coupons) généralement annuels

La méthode analytique itérative peut résoudre ce problème

Nous allons donc utiliser une méthode itérative. On suppose que l'on dispose de  $N$  instruments actuariels indicés par  $n$  ( $1 \leq n \leq N$ ). Il s'agit, par exemple, de  $N$  obligations.

L'instrument  $n$  détache des coupons annuels  $C_n$  fixes pendant  $n$  années. Notre objectif est de calculer les  $N$  taux zéro-coupon  $r_n$  et les  $N$  facteurs d'actualisation  $\rho_n$  associés aux maturités 1, 2, ...,  $N$ .

Le taux zéro-coupon d'une obligation de maturité un an et distribuant un coupon  $C_1$  au bout d'un an est égal au taux de ce placement puisque celui-ci est déjà un zéro-coupon, on a donc :

$$r_1 = C_1$$

Le taux zéro-coupon d'un instrument de maturité 2 ans distribuant un coupon  $C_2$  annuellement se calcule en procédant aux deux opérations suivantes : prêt d'un montant unitaire sur 2 ans et emprunt d'un montant  $\frac{C_2}{1+r_1}$  au taux  $r_1$  sur un an.

#### Le bilan des opérations est :

| Date        | Emprunt             | Prêt    | Total                   |
|-------------|---------------------|---------|-------------------------|
| Aujourd'hui | $\frac{C_2}{1+r_1}$ | -1      | $\frac{C_2}{1+r_1} - 1$ |
| 1 an        | $-C_2$              | $C_2$   | 0                       |
| 2 ans       | 0                   | $1+C_2$ | $1+C_2$                 |

**Tableau 6 : Bilan des opérations**

On en déduit le taux zéro-coupon  $r_2$  en écrivant qu'en l'absence d'opportunité d'arbitrage, la somme actualisée aujourd'hui des flux de la colonne « total » est nulle :

$$\frac{C_2}{1+r_1} - 1 + \frac{1+C_2}{(1+r_2)^2} = 0 \Leftrightarrow r_2 = \left( \frac{1+C_2}{1 - \frac{C_2}{1+r_1}} \right)^{\frac{1}{2}} - 1$$

On procède ainsi par itérations successives pour les années suivantes en utilisant chaque fois les taux zéro-coupon déterminés précédemment.

On peut généraliser la formule précédente à l'ordre  $n$  (en faisant une démonstration par récurrence sur  $n$ ) :

$$r_n = \left( \frac{1+C_n}{1 - C_n \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{(1+r_i)^i}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

**Calcul des taux des maturités pleines :**

Par maturité pleine on veut dire la durée de vie d'un produit financier à l'origine de l'émission à savoir 13 SEM ; 26 ; 52 ; 2 ans, 5ans, 10 ans 15ans, 20 ans, 25 ans, 30 ans.

Pour Ce faire un tableau Excel a été élaboré assurant pratiquement tous les calculs nécessaires pour aboutir aux taux des maturités pleines à base de ceux des maturités résiduelles est ce, grâce à la fonction « Tendence » qui, en précisant l'intervalle ou est contenu chaque maturité pleine et les taux correspondant, retourne le taux de rendement de la maturité pleine en question.

Voici un extrait des taux zéro coupon calculés à partir d'une courbe des taux pour les maturités pleines :

| <b>la courbe des taux zéro coupon</b> |                            |                         |
|---------------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>maturité en jours</b>              | <b>taux actuariels/mon</b> | <b>taux zéro coupon</b> |
| 14                                    | 0,041                      | 0,042411042             |
| 91                                    | 0,04125                    | 0,04248405              |
| 182                                   | 0,0428375                  | 0,043905371             |
| 273                                   | 0,04356875                 | 0,044418021             |
| 364                                   | 0,044918001                | 0,044918001             |
| 365                                   | 0,044917381                | 0,044917381             |
| 730                                   | 0,044690935                | 0,044685876             |
| 1095                                  | 0,044554939                | 0,044545429             |
| 1460                                  | 0,045649042                | 0,045719073             |
| 1825                                  | 0,046191294                | 0,046300673             |
| 2190                                  | 0,047223959                | 0,047448002             |

|      |             |             |
|------|-------------|-------------|
| 2555 | 0,048399661 | 0,048784156 |
| 2920 | 0,049762217 | 0,050376297 |
| 3285 | 0,051124774 | 0,05201027  |
| 3650 | 0,05248733  | 0,053693257 |
| 4015 | 0,053849887 | 0,055432967 |
| 4380 | 0,055212443 | 0,057238035 |
| 4745 | 0,056575    | 0,059118398 |
| 5110 | 0,057937557 | 0,061085731 |
| 5475 | 0,059300113 | 0,063153973 |
| 5840 | 0,06066267  | 0,065340026 |
| 6205 | 0,062025226 | 0,067664694 |
| 6570 | 0,063387783 | 0,07015402  |
| 6935 | 0,064750339 | 0,072841188 |
| 7300 | 0,066112896 | 0,075769384 |
| 7665 | 0,067475452 | 0,078996182 |
| 8030 | 0,068838009 | 0,08260061  |
| 8395 | 0,070200566 | 0,08669508  |
| 8760 | 0,071563122 | 0,091446812 |

**Tableau 7 : calcul des taux zéro coupon**

### **III Techniques de valorisation à base VBA Excel**

La situation du portefeuille obligataire est arrêtée quotidiennement sous forme d'un tableau Excel qui regroupe l'ensemble des titres et leurs différentes caractéristique (type d'émetteur, code valeur, date d'émission, date de jouissance, date d'échéance, maturité initiale, taux facial, prime de risque à l'émission, date de valeur, nominal unitaire initial, quantité, nominal global, valeur d'acquisition, dépositaire).

Le strict minimum pour le calcul du prix d'une obligation nécessite 6 données : (date d'émission, date d'échéance, taux facial, nominal, taux de rendement, date de liquidation) à condition d'intégrer le calcul des autres données dans le code VBA.

#### **1-REALISATION D'UN PRICER DES OBLIGATIONS SUR EXCEL :**

##### **1-1-BASE DE DONNEES :**

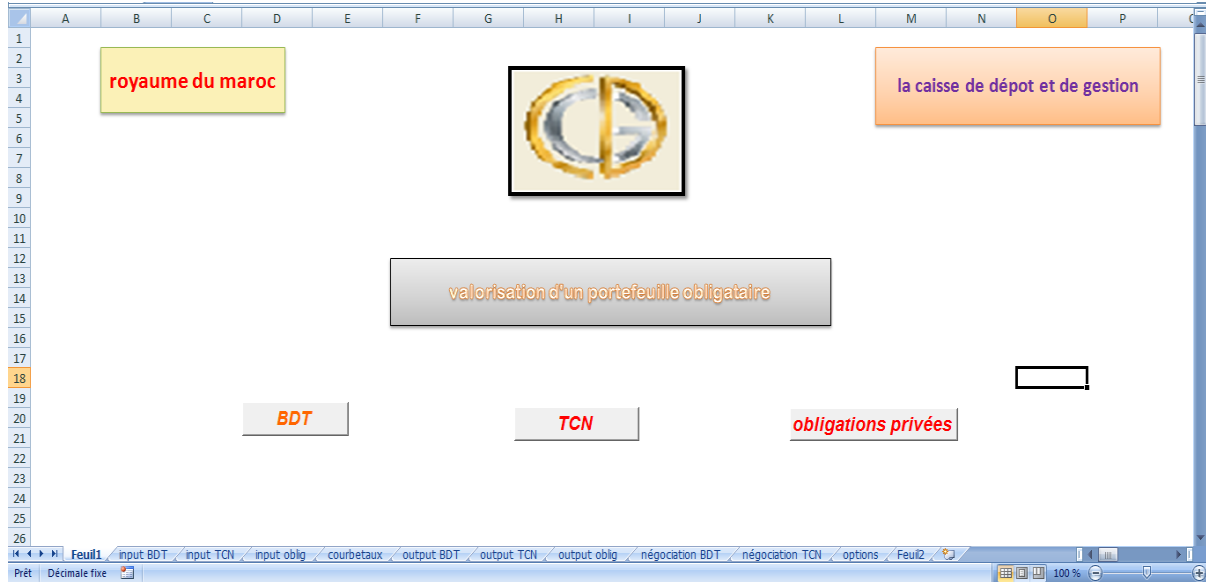
La valorisation des obligations fut effectuée sur un portefeuille obligataire du dépositaire central MAROCLEAR contenant toutes les caractéristiques nécessaires au pricing. Alors le portefeuille valorisé est subdivisé en trois catégories les bons du trésor, les titres de créances négociables et les obligations privées

Les principes applicables Pour calculer les prix de ces types d'obligations sont les mêmes la seule différence c'est que l'actualisation des prix des bons du trésor se fait à travers un taux interpolé à partir de la courbe des taux alors que dans le cas des titres de créance négociable on ajoute à ce taux un spread qui représente le risque du marché par contre dans le cas des obligations privées l'actualisation des flux se fait à partir d'une courbe zéro coupon

## 1-2-IMPLEMENTATION DU « PRICER » :

Après avoir étalé les formules nécessaires pour évaluer le prix des différentes obligations, l'étape suivante est d'automatiser ses formules en utilisant l'outil VBA.(voir annexe 2)

Lorsqu'on ouvre le classeur qui contient les bases de données l'interface d'accueil se présente comme suit :



**Figure 2 : l'interface d'accueil du pricer**

On remarque qu'il existe trois boutons chacun représente un type d'obligations qu'on peut valoriser si par exemple on clique sur le bouton « BDT » on se ramène vers la feuille « input BDT » qui contient toutes les caractéristiques relatives à chaque BDT du portefeuille la feuille se présente comme suit :

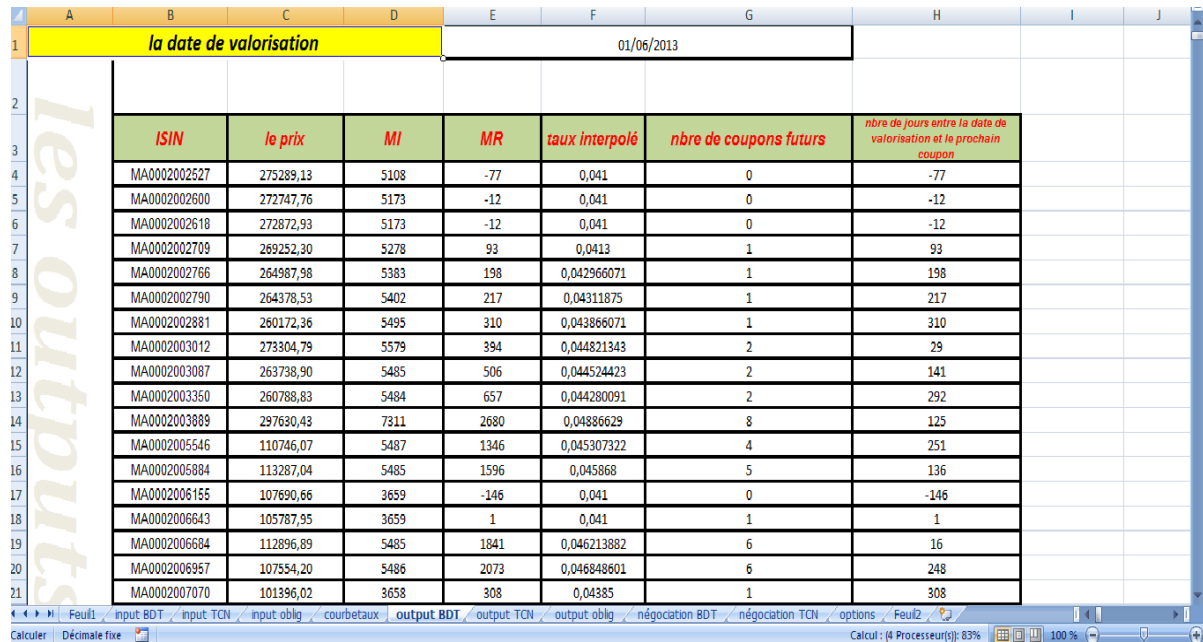
| date de valorisation |                                  |              |            |       |            |                 | pricing    |   |      |             |                |                   |
|----------------------|----------------------------------|--------------|------------|-------|------------|-----------------|------------|---|------|-------------|----------------|-------------------|
| Type valeur          | Libellé                          | ISIN         | Mnémonique | Forme | Qté litres | Valeur nominale | Emetteur   | Nom   | TAUX | Périodicité | Type d'intérêt | Date de jouissanc |
| BDT                  | BDT du 16/03/1998 9.15% a 15 ans | MA0002002527 | BA253      | VON   | 40         | 250000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 9.15 | A           | Fixe           | 22/03/1999        |
| BDT                  | BDT du 18/05/1998 8.95% a 15 ans | MA0002002600 | BA261      | VON   | 120        | 250000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 8.95 | A           | Fixe           | 22/03/1999        |
| BDT                  | BDT du 18/05/1998 9% a 15 ans    | MA0002002618 | BA262      | VON   | 440        | 250000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 9    | A           | Fixe           | 22/03/1999        |
| BDT                  | BDT du 31/08/1998 8.85% a 15 ans | MA0002002709 | BA271      | VON   | 400        | 250000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 8.85 | A           | Fixe           | 22/03/1999        |
| BDT                  | BDT du 14/12/1998 8.5% a 15 ans  | MA0002002766 | BA277      | VON   | 400        | 250000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 8.5  | A           | Fixe           | 22/03/1999        |
| BDT                  | BDT du 04/01/1999 8.5% a 15 ans  | MA0002002790 | BA280      | VON   | 3920       | 250000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 8.5  | A           | Fixe           | 22/03/1999        |
| BDT                  | BDT du 05/04/1999 8.5% a 15 ans  | MA0002002881 | BA289      | VON   | 1571       | 250000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 8    | A           | Fixe           | 22/03/1999        |
| BDT                  | BDT du 28/06/1999 7.15% a 15 ans | MA0002003012 | BA302      | VON   | 8000       | 250000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 7.15 | A           | Fixe           | 22/03/1999        |
| BDT                  | BDT du 18/10/1999 5.9% a 15 ans  | MA0002003097 | BA309      | VON   | 3820       | 250000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 5.9  | A           | Fixe           | 14/10/1999        |
| BDT                  | BDT du 20/03/2000 6.25% a 15 ans | MA0002003350 | BA336      | VON   | 5500       | 250000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 6.25 | A           | Fixe           | 14/03/2000        |
| BDT                  | BDT du 02/10/2000 7.25% a 20 ans | MA0002003889 | BA389      | VON   | 96         | 250000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 7.25 | A           | Fixe           | 26/09/2000        |
| BDT                  | BDT du 04/02/2002 7.10% a 15 ans | MA0002005546 | BA555      | VON   | 28196      | 100000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 7.1  | A           | Fixe           | 29/01/2002        |
| BDT                  | BDT du 14/10/2002 5.90% a 15 ans | MA0002005894 | BA589      | VON   | 38556      | 100000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 6.9  | A           | Fixe           | 08/10/2002        |
| BDT                  | BDT du 06/01/2003 5.90% a 10 ans | MA0002006155 | BA616      | VON   | 35680      | 100000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 5.9  | A           | Fixe           | 31/12/2002        |
| BDT                  | BDT du 02/06/2003 5.80% a 10 ans | MA0002006643 | BA665      | VON   | 34510      | 100000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 5.8  | A           | Fixe           | 27/05/2003        |
| BDT                  | BDT du 16/06/2003 6.20% a 15 ans | MA0002006684 | BA669      | VON   | 28627      | 100000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 6.2  | A           | Fixe           | 10/06/2003        |
| BDT                  | BDT du 03/02/2004 5.85% a 15 ans | MA0002006857 | BA686      | VON   | 33820      | 100000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 5.85 | A           | Fixe           | 27/01/2004        |
| BDT                  | BDT du 05/04/2004 5.20% a 10 ans | MA0002007070 | BA708      | VON   | 42869      | 100000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 5.2  | A           | Fixe           | 30/03/2004        |
| BDT                  | BDT du 05/04/2004 5.80% a 15 ans | MA0002007098 | BA709      | VON   | 44709      | 100000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 5.8  | A           | Fixe           | 30/03/2004        |
| BDT                  | BDT du 05/04/2004 6.10% a 20 ans | MA0002007096 | BA710      | VON   | 35753      | 100000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 6.1  | A           | Fixe           | 30/03/2004        |
| BDT                  | BDT du 14/06/2004 5.15% a 10 ans | MA0002007146 | BA715      | VON   | 35700      | 100000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 5.15 | A           | Fixe           | 08/06/2004        |
| BDT                  | BDT du 02/08/2004 4.95% a 10 ans | MA0002007195 | BA720      | VON   | 33240      | 100000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 4.95 | A           | Fixe           | 27/07/2004        |
| BDT                  | BDT du 02/08/2004 5.60% a 15 ans | MA0002007203 | BA721      | VON   | 35545      | 100000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 5.6  | A           | Fixe           | 27/07/2004        |
| BDT                  | BDT du 19/10/2004 5.50% a 15 ans | MA0002007328 | BA733      | VON   | 34207      | 100000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 5.5  | A           | Fixe           | 12/10/2004        |
| BDT                  | BDT du 31/01/2005 4.90% a 10 ans | MA0002007492 | BA750      | VON   | 34627      | 100000          | 0000000010 | Direction du Trésor et des Finances Extérieures | 4.8  | A           | Fixe           | 25/01/2005        |

**Figure 3 : présentation de la feuille des inputs**

On est emmené à saisir la date à laquelle on souhaite valoriser notre portefeuille on doit aussi vérifier que toutes les obligations disposent des autres inputs (date de jouissance, date d'échéance....)

Après avoir saisi la date de valorisation on clique sur le bouton « pricing » on est dirigé vers la feuille « output BDT ». alors comme output du pricer on obtient les prix des obligations, les maturités des titres (maturité résiduelle et maturité initiale) ainsi que les différents taux interpolés correspondants à la maturité résiduelle

La feuille des outputs se présente comme suit



| ISIN         | le prix   | MI   | MR   | taux interpolé | nbre de coupons futurs | nbre de jours entre la date de valorisation et le prochain coupon |
|--------------|-----------|------|------|----------------|------------------------|---|
| MA0002002527 | 275289,13 | 5108 | -77  | 0,041          | 0                      | -77   |
| MA0002002600 | 272747,76 | 5173 | -12  | 0,041          | 0                      | -12   |
| MA0002002618 | 272872,93 | 5173 | -12  | 0,041          | 0                      | -12   |
| MA0002002709 | 269252,30 | 5278 | 93   | 0,0413         | 1                      | 93  |
| MA0002002766 | 264987,98 | 5383 | 198  | 0,042966071    | 1                      | 198   |
| MA0002002790 | 264378,53 | 5402 | 217  | 0,04311875     | 1                      | 217   |
| MA0002002881 | 260172,36 | 5495 | 310  | 0,043866071    | 1                      | 310   |
| MA0002003012 | 273304,79 | 5579 | 394  | 0,044821343    | 2                      | 29  |
| MA0002003087 | 263738,90 | 5485 | 506  | 0,044524423    | 2                      | 141   |
| MA0002003350 | 260788,83 | 5484 | 657  | 0,044280091    | 2                      | 292   |
| MA0002003889 | 297630,43 | 7311 | 2680 | 0,04886629     | 8                      | 125   |
| MA0002005546 | 110746,07 | 5487 | 1346 | 0,045307322    | 4                      | 251   |
| MA0002005884 | 113287,04 | 5485 | 1596 | 0,045868       | 5                      | 136   |
| MA0002006155 | 107690,66 | 3659 | -146 | 0,041          | 0                      | -146  |
| MA0002006843 | 105787,95 | 3659 | 1    | 0,041          | 1                      | 1   |
| MA0002006684 | 112896,89 | 5485 | 1841 | 0,046213882    | 6                      | 16  |
| MA0002006957 | 107554,20 | 5486 | 2073 | 0,046848601    | 6                      | 248   |
| MA0002007070 | 101396,02 | 3658 | 308  | 0,04385        | 1                      | 308   |

**Figure 4 : présentation de la feuille des outputs**

Concernant les autres feuilles des outputs (voir annexe 3)

Comme nous l'avons vu, une obligation est un emprunt qui sert un taux d'intérêt, exprimé sous forme d'une séquence de coupons sur une période donnée, puis d'un remboursement final, le plus souvent à la valeur nominale. Pour évaluer une obligation, on calcule la valeur actuelle de tous les versements à venir (coupons et valeur nominale) en actualisant les sommes avec un taux d'intérêt correspondant au risque de l'obligation. Aussi, quand les taux d'intérêts augmentent, on va actualiser à un taux plus élevé, et donc cela va réduire la valeur actuelle des prix de l'obligation. On en déduit que :

- Quand les taux montent, la valeur actuelle (= le prix) des obligations baisse, et inversement ;
- Plus une obligation à une échéance éloignée, plus l'actualisation des revenus aura un impact important sur la valeur. En bref, quand les taux montent, une obligation à 20 ans baissera plus qu'une obligation à 2 ans. On parle de sensibilité de l'obligation.

# Partie II

Cette deuxième partie sera consacrée à l'analyse du risque donc le premier chapitre va entamer une partie dans laquelle on va parler des différents types du risque ainsi que les méthodes pour les mesurer dans le deuxième chapitre on va entamer une partie pratique dans laquelle on va présenter les différents résultats obtenus concernant les indicateurs du risque aussi on va parler des effets des mouvements de la courbe des taux sur les différents indicateurs calculés en fin on va parler dans le troisième chapitre d'une solution pour se couvrir contre le risque du taux in s'agit des options de change

# *Chapitre I*

## *Etude théorique du risque*

Dans ce chapitre on va commencer par une description des différentes catégories de risque tout en introduisant quelques méthodes pour les traiter d'autres part on va se pencher sur le risque du taux tout en mettant le point sur les indicateurs du risque qui permettent de le mesurer

## Chapitre 1

## étude théorique du risque

### I Catégories des risques

#### Introduction:

Le risque désigne un danger bien identifié, associé à l'occurrence d'un événement ou d'une série d'événements, parfaitement descriptibles, qui sont probables mais non sûr. C'est la probabilité qu'un effet spécifique se produise dans une période donnée ou dans des circonstances déterminées.

La gestion des risques a pour objet de mesurer les risques pour les suivre et les contrôler. Ses fonctions sont d'assurer une visibilité suffisante sur les résultats futurs et les aléas qui les affectent. Il s'agit d'un outil de pilotage et d'un facteur concurrentiel de première importance.

#### 1 Définition du risque du marché

« Le risque du marché, se définit comme le risque de perte sur des positions du bilan et du hors bilan à la suite de variations des prix du marché, recouvre :

Les risques relatifs aux instruments liés aux taux d'intérêt et titres de propriété du portefeuille de négociation.

Le risque de change et le risque sur produits de base encourus pour l'ensemble de la banque. »

On entend par instrument financier : « tout contrat qui donne lieu à la fois à un actif financier pour une partie et à un passif financier ou un instrument du capital pour une autre partie. »

Par portefeuille de négociation, on entend les positions d'une banque sur les instruments financiers (y compris les positions sur les produits dérivés, et les instruments du hors bilan) qui sont détenus en vue de les céder à court terme et/ou dans l'intention de bénéficier de l'évolution favorable des cours actuels ou à court terme, ou d'assurer des bénéfices d'arbitrage, et il contient les éléments suivants :

- Les titres de transactions
- Les titres de placement
- Les produits dérivés sensible aux variations du prix du sous-jacent.
- Les opérations de cessions temporaires de titres et de change à terme
- Les autres opérations interbancaires
- Les produits de base, y compris les métaux précieux à l'exception de l'Or.
- Les instruments de dérivés de crédit.

Le risque du marché recouvre les risques suivants:

- Le risque du taux d'intérêt : il représente le risque inhérent à la détention, dans le portefeuille de négociation, de titres de créance et d'autres instruments liés aux taux d'intérêt ou à la prise de position sur de tels titres ou instruments.
- Le risque de position sur titre de propriété : c'est le risque lié à la détention de titres de propriété, ou à la prise de position sur de tels titres et instruments.

- Le risque de change : le risque lié aux positions concertantes la détention de devise.
- Le risque sur les produits de base : c'est le risque inhérent à la détention ou à la prise de position sur les produits de base et les métaux précieux à l'exception de l'Or.
- Risques sur options : ce risque est lié à la détention des options associées à chacune des catégories de risques précédents.

Afin de déterminer les exigences en fonds propres, on distingue entre les approches standards propres à chaque type de risque, et des approches internes propres à chaque banque. Nous présenterons, ci-dessous, le cas du risque change.

## 1-1 Approche standard

Pour calculer l'exigence en fonds propres concernant le risque du change, on suit les deux étapes suivantes :

➤ **Première étape : Calcul de la position nette**

On détermine les positions de change en distinguant les positions longues (avoirs) et les positions courtes (engagements). On calcule ensuite le total des positions longues et des positions courtes.

La position nette sur or est calculée séparément et convertie en dirham.

➤ **Deuxième étape : Calcul de l'exigence en fonds propres**

L'exigence en fonds propres représente 8% de la somme des deux éléments suivants :

- Le montant le plus élevé du total des positions nettes courtes ou du total des positions nettes longues ;
- La valeur absolue de la position nette sur or.

## 1-2 Approches internes

Un modèle interne est un élément de réponse dans le cadre d'un modèle d'allocation de fonds propres. Les banques qui choisissent utiliser cette approche doivent recevoir l'autorisation des autorités de contrôle (BAM), basée sur la réalisation d'un certain nombre de normes générales et d'exigences qualitatives et quantitatives.

### 1-2-1 Normes générales

Pour utiliser l'approche interne, Bank Al-Maghrib exige la réalisation des conditions minimales suivantes :

- Le système de gestion des risques doit reposer sur des principes sains et mis en œuvre de manière intègre.
- Les modèles de l'établissement ont fait la preuve sur une durée significative qu'ils mesurent les risques avec une précision raisonnable ;
- L'établissement effectue régulièrement des simulations de crise selon les modalités précisées.
- Bank Al-Maghrib sera en droit d'imposer une période préalable de suivi et de tests en situation réelle avant que les modèles internes d'une banque ne soient utilisés pour la détermination des exigences de fonds propres.

### 1-2-2 Exigences qualitatives

Les systèmes de gestion des risques de marché doivent respecter certains critères qualitatifs tels que :

- La banque doit disposer d'une unité de contrôle des risques, responsable de la configuration et de l'exploitation du système de gestion des risques, indépendante des unités de négociation. Cette unité doit effectuer régulièrement (au moins trimestriellement) des contrôles ex-post de la performance du modèle de la banque.
- Le conseil d'administration et la direction générale doivent être activement associés au processus de contrôles des risques et le considérer comme un aspect essentiel de l'activité de l'établissement.
- Les rapports quotidiens doivent être revus par des responsables disposant de l'expertise et de l'autorité suffisantes pour exiger au besoin une réduction des positions prises par un opérateur voire une diminution du degré d'exposition global de la banque.
- Les modèles internes doivent être étroitement intégrés à la gestion journalière des risques.
- Le système de mesure des risques doit être utilisé conjointement avec les limites opérationnelles.
- Un programme rigoureux de simulations de crise doit régulièrement compléter l'analyse des risques fondée sur les résultats quotidiens des modèles internes.
- Les établissements doivent disposer d'un programme de vérification du respect des règles et procédures internes relatives au fonctionnement du système de mesure des risques. Ce système fait l'objet d'une documentation décrivant les principes de base et le détail des techniques de mesure utilisées.

### 1-2-3 Exigences quantitatives

Le choix des modèles est laissé aux établissements financiers. Mais ils doivent respecter les règles qui suivent :

- La perte potentielle (VaR) est calculée quotidiennement, avec un niveau de confiance unilatéral de 99%, et pour une période de détention des positions d'au moins dix jours ouvrables.
- La période d'observation (échantillon historique) pour le calcul de la perte potentielle doit être au minimum d'un an.
- Les établissements doivent mettre à jour leurs séries de données au moins une fois tous les trois mois.
- Les établissements peuvent prendre en compte les corrélations empiriques entre tous les facteurs de risques sous réserve que le système de mesure de celles-ci soit fiable, appliqué de manière intégrée et que la qualité des estimations soit suffisante.
- Les modèles doivent appréhender avec précision les risques particuliers liés au caractère non linéaire du prix des options.
- Chaque établissement doit satisfaire, sur une base journalière, à l'exigence de fonds propres correspondant à la valeur la plus élevée entre :

- ☞ La perte potentielle du jour précédent.
- ☞ La moyenne des pertes potentielles sur les soixante derniers jours ouvrables, à laquelle est appliqué un facteur de multiplication. Ce facteur sera proportionnel à la qualité de son système de gestion des risques, avec un minimum de 3. Les banques seront tenues de majorer ce facteur par un compliment directement lié aux performances des modèles évalués a posteriori. Le compliment ira de 0 à 1 et reflétera les contrôles ex post.

### 1-2-4 Facteurs de risque

La commission Bancaire propose de définir les facteurs de risque comme les paramètres de marché qui affectent la valeur des positions de négociation de l'établissement, les grandes catégories de facteurs sont : les taux d'intérêt, les cours de change, les prix des titres de propriété et de produits de base, et la volatilité des options correspondantes.

Donc les banques doivent prévoir pour chaque type de risque les facteurs de risques les plus pertinents qu'elles doivent intégrer au niveau de leur modèle interne.

## 2 Etude du risque opérationnel

Le risque opérationnel prend de plus en plus une importance croissante. On le trouve à l'origine de nombreuses défaillances. Ses facteurs potentiellement aggravants s'accumulent: augmentation de la taille des banques, alourdissement de la pression concurrentielle, complexification des nouveaux produits, vulnérabilité des systèmes d'information face à l'erreur et à la malveillance.

D'autant que, contrairement aux autres risques, celui-ci est difficile à cerner, car à la fois multiforme (défaut de qualité, problèmes technologiques, etc.) et diffus à tous les échelons et dans toutes les activités d'un établissement.

De ce fait et afin d'assurer l'équilibre et la stabilité des institutions financières, l'élaboration d'une stratégie couvrant ce risque est devenue une nécessité primordiale.

### 2-1 définition du risque opérationnel

Le risque opérationnel se définit comme le risque de pertes directes ou indirectes résultantes de procédures internes inadéquates ou défaillantes, du personnel, des systèmes ou d'événements extérieurs. On peut considérer comme réalisation d'un risque opérationnel :

- Tout événement qui perturbe le déroulement normal des processus métier.
- Et qui génère des pertes financières ou une dégradation de l'image de la banque (bien que cette dernière conséquence ait été explicitement exclue de la définition du comité de Bâle, elle n'en reste pas moins au centre des préoccupations).

Il est nécessaire de préciser les types de pertes que comprend cette définition. Le comité de Bâle a retenu sept types de pertes et a adopté une classification des événements générateurs de pertes :

**Fraude interne:** Pertes dues à des actes visant à frauder, détourner des biens ou à tourner des règlements, la législation ou la politique de l'entreprise (à l'exception des atteintes à l'égalité et des actes de discrimination) impliquant au moins une partie interne à l'entreprise.

**Fraude externe :** Pertes dues à des actes visant à frauder, détourner des biens ou contourner la législation de la part d'un tiers.

**Pratiques en matière d'emploi et sécurité sur le lieu de travail :** Pertes résultant d'actes non conformes à la législation ou aux conventions relatives à l'emploi, la santé ou la sécurité, de demandes d'indemnisation au titre d'un dommage personnel ou d'atteintes à l'égalité ou actes de discrimination.

**Clients, produits et pratiques commerciales :** Pertes résultant d'un manquement, non intentionnel ou dû à la négligence, à une obligation professionnelle envers des clients spécifiques (y compris exigences en matière de confiance et de conformité) ou de la nature ou conception d'un produit.

**Domages causés sur des actifs :** Destruction ou dommages résultant d'une catastrophe naturelle ou d'autres sinistres.

**Dysfonctionnement de l'activité et des systèmes :** Pertes résultant de dysfonctionnements ou de l'activité ou des systèmes.

**Exécution, livraison et gestion des processus :** Pertes résultant d'un problème dans le traitement d'une transaction ou dans la gestion des processus ou des relations avec les contreparties commerciales et fournisseurs.

**Le comité de Bâle a retenu aussi un découpage de la banque en huit lignes d'activités qu'on peut résumer dans le tableau suivant :**

| Lignes métiers   | Activités concernées  |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Financement des entreprises</li> </ul>              | Fusions acquisitions, engagement, privatisations, titrisation, recherche, titres de dettes (Etat, haut rendement), actions prêts consortiaux, introductions en bourse, placements sur le marché secondaire. |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Activités de marché</li> </ul>                      | Valeurs à revenu fixe, actions, changes, matières premières, crédit, financement, titres sur position propre, prêts et pensions, courtages, titres de dette, courtage de premier rang.                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Banque de détail</li> </ul>                         | prêts et dépôts, services bancaires, fiducie et gestion de patrimoines, conseils en placements, cartes commerçant/commerciales/ d'entreprise / de clientèle et commerce de détail.                          |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Banque commerciale</li> </ul>                       | Financements de projets, immobilier, financement d'exportations et du commerce, affacturage, crédit-bail, prêts, garanties, lettres de change.  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Banque de flux (paiements et règlements)</li> </ul> | Paiements et recouvrements, transferts de fonds, compensation et règlement.   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Services financiers :(fonction d'agents)</li> </ul> | Dépôts fiduciaires, certificats de titres en dépôt, prêts de titres (clients), opérations de sociétés, agents émetteurs et payeurs.   |

|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestion d'actifs</li> </ul>   | Gestion centralisée, séparée, de détail, institutionnelle, fermée, ouverte, capital investissement. |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Courtage de détail</li> </ul> | exécution et service complet  |

**Tableau 8 : les huit lignes métier retenus par Bâle**

## 2-2 Approches de mesure du risque opérationnel

L'accord Bâle II exige l'allocation de fonds propres à la couverture contre le risque opérationnel et c'est pour cette raison qu'il propose aux banques deux types de méthodes : standards (forfaitaires) et avancées de complexité croissante. La méthode adoptée doit être uniforme dans un groupe bancaire.

### 2-2-1 Les approches forfaitaires

#### 2-2-1-1 l'indicateur de base

Cette méthode consiste en l'application d'un ratio forfaitaire (15%) au Produit Net Bancaire des trois derniers exercices. Plus exactement, la formule est donnée par :

$$K_{ib} = \left[ \sum_{i=1}^n (PNB_i * \alpha) \right] / n$$

Où :

- $K_{IB}$  : Exigence de fonds propres.
- $PNB_{1...n}$  : Produit net bancaire positif.
- $n$  : Nombre d'année pour lesquelles le produit net bancaire est positif au cours des 3 dernières années.
- $\alpha$  : 15%.

C'est l'approche utilisée actuellement par la SGMB avec  $\alpha = 15.5\%$ .

#### 2-2-1-2 L'approche standard

Cette méthode permet d'appliquer un coefficient différent selon les lignes métiers. L'éligibilité à cette méthode impose de disposer de données chiffrées des pertes supportées par chaque ligne métier du fait du risque opérationnel. Les coefficients de pondération pour chaque ligne de métier sont donnés par le tableau suivant:

| Lignes de métiers                          | Coefficient |
|--|-------------|
| Financement des entreprises                | 18%         |
| Négociation et vente (marché des capitaux) | 18%         |
| Banque de détail                           | 12%         |
| Banque commerciale                         | 15%         |
| Païement et règlement                      | 18%         |
| Courtage de détail                         | 12%         |
| Service d'agence                           | 15%         |
| Gestion d'actifs                           | 12%         |

**Tableau 9: Les coefficients de pondération selon les lignes métiers**

L'exigence en fonds propres est obtenue en appliquant la formule suivante :

$$KTSA = \left( \sum_{\text{années } 1-3} \max[\sum (PNB_{1-8} * \beta_{1-8}), 0] \right) / 3$$

Où

- KTSA : exigence de fonds propres
- $PNB_{1...8}$  : produit net bancaire positif sur une année donnée pour chacune des 8 lignes de métier
- $\beta_{1...8}$  : coefficients spécifiques.

### **2-2-1-3 Approche standard alternative (ASA)**

Dans cette approche, la banque est tenue de ventiler ses activités suivant les lignes de métiers. Le calcul de l'exigence de fonds propres au titre des risques opérationnels est identique à celui de l'approche standard sauf pour deux lignes de métiers : banque de détail et banque commerciale.

Pour ces deux lignes de métiers, les encours de crédit bruts, multipliés par un facteur de 0.035, sont utilisés au lieu du PNB comme indicateur de risque.

Ainsi pour les exigences de fonds propres de ces deux lignes de métiers on a :

$$K_{NI} = \beta_{NI} * m * EC_{NI}$$

- $K_{NI}$  : exigence de fonds propres pour la ligne de métier concernée
- $EC_{NI}$  : encours total de crédits accordés à la ligne de métier concernée, calculé en moyenne sur les 3 dernières années
- $\beta_{NI}$  : facteur spécifique pour la ligne de métier
- $m$  : 0.035

Aux fins de l'ASA, le total des prêts et avances dans l'activité de détail comprend l'ensemble des montants tirés sur les portefeuilles de crédit suivants : détail ; PME assimilées à la clientèle de détail ; acquisition de créances sur la clientèle de détail. Pour la banque commerciale, le total des prêts et avances comprend les montants tirés sur les portefeuilles de crédit suivants : entreprises ; emprunteurs souverains ; banques ; financement spécialisé ; PME assimilées aux entreprises ; acquisition de créances sur les entreprises. La valeur comptable des titres détenus dans le portefeuille bancaire doit également être incluse.

De même, les banques qui ne sont pas en mesure d'affecter le produit brut aux six autres lignes de métier peuvent agréger le produit brut total correspondant et lui appliquer un bêta de 18 %.

Comme dans l'approche standard, l'exigence de fonds propres totale ASA représente la somme des exigences de fonds propres pour chacune des huit lignes de métiers.

### 2-2-2 Approches avancées (AMA)

Selon les AMA (Advanced Measurement Approach), l'exigence de fonds propres réglementaire équivaut à la mesure du risque opérationnel produite par le système interne de la banque, sur la base des critères quantitatifs et qualitatifs décrits dans le chapitre concernant le risque du marché, sous réserve de l'autorisation de la banque centrale.

Dans le cadre de l'approche avancée, la banque pourra, donc, calculer elle-même sa charge de capital ou exigence de fonds propres, sur la base d'une Value at Risk (VaR) qu'elle estimera.

Selon cette approche, l'exigence des fonds propres est obtenue par un modèle interne qui satisfait les critères dictés par le comité Bâle dans le cadre des approches internes propres aux banques, le modèle doit prendre en considération les critères suivants :

- Des données internes (trois ans d'historique nécessaire) et externes.
- Des évaluations de l'environnement de contrôle.
- Une prise en compte possible des assurances.
- La banque doit calculer son exigence de fonds propres en agrégeant les pertes attendues (PA) et les pertes inattendues (PI), sauf si elle peut démontrer que son mode de fonctionnement interne couvre adéquatement PA.
- la charge en capital calculée avec une méthode AMA ne peut être inférieure à celle donnée par la méthode SA (approche standard) de plus de 25% :

$$FP_{AMA} \geq 75\% FP_{SA}$$

Nous présenterons ci-dessous trois méthodes internes pour estimer l'exigence en fonds propres :

#### 2-2-2-1 Approche IMA (Internal Measurement Approach)

La méthode Internal Measurement Approach (IMA) est calculée à partir de la formule suivante :

$$UL = EL * \xi * RPI$$

Où EL est la perte espérée,  $\xi$  le facteur d'échelle et RPI l'indice de profil de risque. Cette charge en capital est calculée pour chaque ligne métier (business line) et chaque type de risque :

| Type de risque | Chapitre 1 : étude théorique du risque |                                  |          |
|----------------|--|----------------------------------|----------|
| Ligne métier   | 1                                      | 2..... j.....J                   | Total    |
| 1              | UL(1,1)                                | UL(1,2).....UL(1,j).....UL(1,J)  | UL (1,.) |
| 2              |  |                                  |          |
| i              | UL(i,1)                                | UL(i,2) .....UL(i,j).....UL(i,J) | UL (i,.) |
| I              | UL(I,1)                                | UL(I,2).....UL(I,j).....UL(I,J)  | UL (I,.) |
| Total          | UL(.,1)                                | UL(.,2) .....UL(.,j).....UL(.,J) | UL (.,.) |

**Tableau 10: matrice des pertes selon les ligne métier et les types de risque**

Pour une ligne métier  $i$  et un type de risque  $j$ , on a :

$$UL(i,j) = EL(i,j) * \xi(i,j) * RPI(i,j)$$

La charge en capital au titre du risque opérationnel est calculée en faisant la somme des différentes charges en capital  $UL(i,j)$ .

- ❖  $EL(i,j)$  est la perte espérée, le Comité de Bâle propose qu'elle soit calculée à partir de la formule suivante :

$$EL(i,j) = EI(i,j) * PE(i,j) * LGE(i,j)$$

Détaillons ces différents paramètres :

- $EI(i,j)$  est l'indicateur d'exposition.
- $PE(i,j)$  est la probabilité d'occurrence d'une perte unitaire.
- $LGE(i,j)$  est le montant de la perte unitaire
- ❖  $\xi(i,j)$  est le facteur d'échelle. La valeur de celui-ci est déterminée par les autorités réglementaires.

C'est d'ailleurs le seul coefficient qui n'est pas propre à l'établissement financier.

- ❖  $RPI(i,j)$  est l'indice de profil de risque. Pour l'instant, le Comité de Bâle n'a proposé aucune formule pour le calculer. Le but de cet indice est de prendre en compte les propriétés leptocurtiques de la distribution réelle des pertes de la banque. Il permet de convertir le facteur d'échelle exogène en un facteur d'échelle propre à la ligne métier et au type de risque de la banque.

On remarque que ces paramètres ( $EI$ ,  $PE$ ,  $LGE$ ,  $RPI$ ) sont différents pour chaque ligne métier et chaque type de risque. Le Comité de Bâle retient un découpage de la banque en huit lignes métiers. Avec sept types de risque, on obtient donc un découpage matriciel de 56 cellules. Ce qui signifie plus de 280 paramètres pour calculer la perte. On voit mal comment les autorités réglementaires vont être capables de calculer les 56 paramètres de facteur d'échelle.

### 2-2-2-2 Approche LDA ( Loss Distribution Approach)

L'approche LDA, appelée aussi la méthode statistique, est une approche actuarielle très ancienne largement utilisée en assurance. Elle constitue véritablement la méthode de

référence pour le calcul de risque avec un modèle interne. Elle est appelée aussi la méthode statistique.

L'idée générale est de modéliser la perte liée au risque opérationnel pour une période donnée et d'en déduire la valeur en risque. La difficulté provient du fait que cette perte ne correspond pas forcément à une seule occurrence. La perte totale est en fait le résultat de plusieurs pertes successives. La perte totale est donc une perte agrégée.

Celle-ci se définit par :

- le nombre de pertes individuelles,
- le montant de chaque perte individuelle.

Dans le cadre d'un modèle probabiliste, le nombre de pertes est aléatoire. A priori, on ne sait pas combien de fraudes vont avoir lieu pour une durée donnée. On va donc modéliser ce nombre de pertes par un processus de comptage, et la distribution de ce nombre de pertes est appelée la distribution de la fréquence des pertes. On suppose alors que les pertes individuelles sont indépendantes et identiquement distribuées. La distribution du montant d'une perte individuelle est appelée la distribution de la sévérité des pertes. La perte agrégée est la somme aléatoire des pertes individuelles. La distribution de la perte agrégée est donc une distribution composée.

On considère différentes lignes de métiers ( $i = 1 \dots I$ ) et différents types de risques ( $j = 1 \dots J$ ).

Soit  $\mu(i, j)$  la variable aléatoire représentant le montant d'une perte pour la ligne métier  $i$  et le type de risque  $j$ . La distribution de la sévérité des pertes est notée  $F_{ij}$ . On suppose que le nombre d'occurrences entre les dates  $t$  et  $t+T$  est aléatoire. La variable aléatoire de comptage  $N(i, j)$  a une fonction de probabilité  $p_{ij}$ . La distribution de la fréquence

des pertes  $P_{ij}$  correspond alors  $P_{ij}(n) = \sum_{k=0}^n p_{ij}(k)$ .

La perte pour la ligne de métier  $i$  et le type de risque  $j$  entre les dates  $t$  et  $t + T$  est donc

$$\delta(i, j) = \sum_{n=0}^{N_{ij}} \mu_n(i, j) \text{ soit } G_{ij} \text{ la distribution de probabilité de } \delta(i, j).$$

$G_{i,j}$  est la distribution composée suivante :

$$(*) G_{ij}(x) = \begin{cases} \sum_{n=1}^{\infty} P_{ij}(n) F_{ij}^{n*}(x) & x > 0 \\ P_{ij}(0) & x = 0 \end{cases}$$

Dans de nombreux cas, il n'est pas possible d'obtenir une formulation analytique de  $G_{ij}$ . (La démonstration de cette formule(\*) est développée dans l'annexe).

Dans ce cas, nous pouvons approximer cette distribution en utilisant la méthode de Monte Carlo ou d'autres méthodes (la plus célèbre est l'algorithme de Panjer).

### 2-2-2-3 L'approche Scorecards

La méthode des scorecards offre une alternative intéressante, puisqu'elle s'appuie non pas sur des données de pertes effectivement constatées, mais sur des indicateurs de risque, qui incorporent donc une vision "a priori" des risques opérationnels.

Pour mieux comprendre l'approche, voici la formule proposée par l'IIF (Institute of International Finance).

$$CaR = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^n EI(i, j) \cdot \omega(i, j) \cdot RS(i, j)$$

Avec **CaR** la charge en capital pour la banque, **EI** l'indicateur d'exposition (Exposure Indicator), **RS** le score de risque (Risk Score) et  $\omega$  le facteur d'échelle.

### 3- Le risque de contrepartie :

Ce risque peut être perçu comme le risque de dégradation de la santé financière de l'emprunteur qui affaiblit les chances de remboursement. Le risque de contrepartie est un risque indissociable de l'activité bancaire, ainsi elle doit être en mesure de le cerner et de le maîtriser.

D'après Véronique Rougès, le processus de crédit peut passer par deux phases principales : sa mise en place et son déroulement. Donc la gestion du risque crédit peut être menée tout au long de ces deux phases, la figure de l'annexe I illustre les différentes possibilités d'intervention durant ce processus de crédit.

Ainsi dans une première partie le responsable se sert du dossier de crédit qui a été monté sur la base des informations collectées auprès du client directement, provenant d'autres sources externes ou même déjà existantes s'il s'agit d'un client. Pour mener une analyse de risque de non remboursement, généralement il est assisté par un comité, pour rendre plus rationnelle et plus objective la décision d'octroi ou non du crédit, cette décision dépend de la politique générale de la banque et de la rentabilité que procure le dossier en question.

Une fois le crédit accordé, un contrat est mis en place, là encore et toujours dans la même perspective de gestion du risque de non remboursement, des conditions qui visent à prémunir la banque sont incluses.

Pendant la vie du crédit, un suivi est effectué à travers une analyse régulière du risque de défaillance du client pour pouvoir anticiper des difficultés de remboursement et recouvrer au mieux la créance de la banque.

Il est à noter que ce même processus peut être appliqué dans le cas d'un établissement de garantie, vu le fait qu'il peut mener les mêmes opérations et procéder au même type d'analyses, en outre, il est aussi bien concerné par l'état d'évolution du crédit que la banque.

Le risque de crédit est lié essentiellement à la défaillance des entreprises, là encore, cette notion de défaillance mérite une précision, car elle n'a pas une définition standard. Selon le contexte et l'environnement, les auteurs lui ont attribué une caractérisation. Pour BARDOS et la banque de France, sont qualifiées de défaillantes les entreprises ayant subi l'ouverture d'une procédure judiciaire. Dans une optique anglo-saxon, on dit qu'il y a défaillance dans les trois cas suivants :

- Lorsque les capitaux propres deviennent négatifs,
- Lorsqu'elle ne peut faire face à ses obligations financières exigibles,
-

- Dans le cas où elle continue son activité ou est liquidée sous la protection d'un tribunal.

L'analyse du risque de défaillance peut être menée, soit par des banquiers en se basant sur leur expertise accumulée en matière du crédit, soit en se servant des modèles de mesures du risque qui sont plus objectifs.

#### 4-Le risque de taux :

C'est le risque de voir la rentabilité de l'établissement se dégrader par une évolution défavorable des taux d'intérêt, le tableau suivant (tableau11) illustre bien les différentes situations de ce risque :

| <b>Evolution possible du taux</b> | <b>Les situations envisageables</b>   | <b>Les risques encourus</b>  |
|-----------------------------------|---|--|
| <b>Hausse</b>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Endettement actuel à taux variable</li> <li>▪ Endettement futur</li> <li>▪ Endettement actuel à taux fixe</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La charge de la dette s'alourdira</li> <li>▪ Le coût de l'emprunt sera plus élevé.</li> <li>▪ La banque ne profitera pas de la hausse du taux</li> </ul>          |
| <b>Baisse</b>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Endettement actuel à taux fixes</li> <li>▪ Placement actuel à taux variable</li> <li>▪ Placement futur</li> </ul>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La banque ne profitera pas de la baisse des taux</li> <li>▪ Les taux produits financiers diminueront</li> <li>▪ Les conditions seront moins favorables</li> </ul> |

**Tableau 11: les situations possibles d'exposition au risque du taux.**

Ce risque se répercute sur tous les éléments du bilan, dont la valeur ou la rémunération dépend d'un taux d'intérêt

#### 5- Le risque de liquidité :

C'est le risque de ne pas pouvoir faire face à ses engagements ou à ses échéances même par mobilisation d'actif, ainsi un établissement financier peut se trouver confronté à deux situations délicates :

- Etre incapable d'honorer ses engagements à court terme, cette situation est appelée situation d'illiquidité immédiate. Dans ce cas la banque n'arrive pas à faire face à un retrait imprévu et massif de la part de la clientèle, les autorités monétaires essayent de gérer ce risque grâce au rapport de liquidité.
- Avoir un déséquilibre au niveau des ressources et des emplois, dû au raccourcissement du terme des ressources face à une stabilité du terme des emplois, cette situation quant à elle, est dite risque de transformation, on essaye de maîtriser ce risque à travers le coefficient de fonds propres et de ressources permanentes.

## 6 Le risque de change :

C'est un risque qui se manifeste par la dégradation de la rentabilité de l'établissement à cause d'une évolution défavorable du taux de change. La détention de créances et dettes en devises soumit la banque à ce risque, en effet, il découle de la variation du cours des devises dans lesquelles les créances et les dettes sont libellées par rapport à la monnaie du pays. La différence entre les avoirs libellés en devises et les dettes exprimées en cette devise définit la position de change de la banque, la position est dite longue ou courte selon que la différence précédente est positive ou négative.

Le cours des titres à revenu fixe est influencé par les mouvements des taux d'intérêt. Il s'ajuste afin que le taux de rendement des obligations suive l'évolution des taux d'intérêt du marché. La courbe des taux est la représentation de la relation entre le taux de rendement et la maturité des actifs financiers. Les trois types de mouvements caractéristiques de la courbe des taux sont : le mouvement de translation de la courbe des taux (shift)

Le mouvement de pivotement de la courbe des taux (twist)

Le mouvement de courbure (butterfly)

## II Les outils de mesure de risque de taux

### II-1 Duration

#### 1) Définition de la duration

La duration d'une obligation à taux fixe, introduite par Macaulay (1938) et Hicks (1939), est la durée de vie moyenne de ses flux financiers pondérée par leur valeur actualisée. Elle est exprimée en années.

Pour une obligation telle que son détenteur perçoit  $c$  pendant  $T$  années et  $F$  à l'année  $T$ , on aura :

$$P = \sum_{t=1}^T \frac{C}{(1+y)^t} + \frac{F}{(1+y)^T}$$

Avec  $P$  : le prix de l'obligation

La duration est donc :

$$D = \sum_{t=1}^T w_t \cdot t$$

Où  $w_t$  est la proportion de valeur que le coupon ajoute par rapport à la valeur total de l'obligation.

Dès lors,

$$w_t = \frac{\frac{C}{(1+y)^t}}{\sum \frac{C}{(1+y)^t} + \frac{F}{(1+y)^T}} = \frac{\frac{C+F}{(1+y)^t}}{P}$$

La duration constitue ainsi un bon candidat à l'estimation du risque provenant des variations des actifs et des passifs

$$D = -\frac{(1+y)}{P} \frac{dP}{dy}$$

Le détail du calcul montre que la duration est, en fait, l'élasticité du prix par rapport au facteur d'actualisation.

Plus la duration est élevée, plus le ratio  $\frac{dP}{dy}$  est élevé en valeur absolue et plus l'obligation est sensible au taux. De même si on s'intéresse à la plus-value réalisée suite à une modification des taux, on obtient :

$$\frac{dP}{P} = -\frac{D}{1+y} dy$$

## 2) La duration d'un portefeuille

La duration d'un portefeuille est la moyenne pondérée en valeur de marché des durations des titres qui le composent. Elle permet d'apprécier l'impact de la variation des taux d'intérêt sur le prix du titre : plus elle est longue, plus l'impact sera important sur le support.

La duration permet de comparer des emprunts émis à des conditions différentes.

La duration est « additive ». En effet, un portefeuille composé de deux titres de même taux de rendement actuariel a une duration égale à :

$$D = x_1 D_1 + x_2 D_2$$

Où  $D_1$  et  $D_2$  sont les durations des deux titres et  $x_1$  et  $x_2$  leurs parts relatives dans la valeur actuelle du portefeuille.

En cas d'anticipation de baisse de taux, il vaut mieux choisir une obligation à duration plus longue car plus la duration est longue, plus l'obligation est sensible.

Par contre, en cas d'anticipation de hausse des taux, il vaut mieux choisir une obligation à duration plus courte puisque plus la duration est courte, moins l'obligation est sensible.

### 3) Les limites de la duration

La duration comporte cependant certaines limites. Tout d'abord, elle est un indicateur de variation de valeur potentielle liée à une variation infinitésimale du facteur d'actualisation. En cas de variation importante, cet indicateur perd son efficacité. Ensuite, elle indique que les variations de taux ont un impact symétrique à la hausse ou à la baisse, ce qui n'est pas le cas du fait de la convexité de la fonction de prix d'un actif à taux fixe. La mesure du risque de taux peut donc être améliorée par la prise en compte de la convexité du prix par rapport au taux d'actualisation.

## II-2 Sensibilité

### 2-1 Définition de la sensibilité

Nous savons qu'une maturité élevée rend les cours obligataires sensible à un choc des taux (effet maturité), alors qu'un fort coupon diminue cette sensibilité (effet coupon). L'idée est naturellement venue de faire la synthèse de ses deux effets en essayant d'établir une relation directe entre un mouvement des taux de rendement et la variation relative du prix de l'obligation concerné.

La sensibilité est donnée par la formule suivante :

$$S = -\frac{1}{P} \frac{dP}{dr}$$

Où

$$S = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^n \frac{t(i) \times F_i}{(1+r)^{t(i)+1}}$$

Avec :

$P$  : Le prix de l'obligation,

$F_i$  : le flux (coupon et capital) de la période  $i$ ,

$t(i)$  : est l'intervalle de temps, exprimé en années, séparant la date d'actualisation de la date du flux  $F_i$

$r$  : Le taux actuariel de l'obligation.

Ainsi, la sensibilité permet de quantifier la variation relative du cours d'une obligation pour une variation arbitraire de taux de valeur absolue égale à 1. C'est donc la variation relative du cours pour une variation du taux égale à 1%.

La maturité d'une obligation, représentée par sa duration, est l'élément prépondérant qui influence le risque d'une obligation. La sensibilité, qui reste le meilleur indicateur de la volatilité d'une obligation, est proportionnelle à la duration de celle-ci.

Ces approches de mesure relative du risque de toutes les obligations supposent implicitement que toute la structure de taux se déplace parallèlement d'une variation de taux

de rendement. En fait, les mouvements des taux à court et long terme ne sont pas parfaitement corrélés. Ainsi, le coefficient de sensibilité donne une idée exacte de la volatilité du cours de l'obligation due à une variation du taux d'intérêt correspondant à sa durée. Mais comme les taux d'intérêt de diverses maturités ne sont pas parfaitement corrélés (la structure de taux se déforme), le coefficient de sensibilité et donc la durée ne donne qu'une idée approximative du risque relatif de toutes les obligations.

On admet néanmoins que, sur un plan pratique de gestion obligataire, cette approximation est satisfaisante en première analyse.

## 2-2 Sensibilité d'un portefeuille

La sensibilité d'un portefeuille est égale à la moyenne pondérée des sensibilités des titres qui le composent.

Nous notons alors :

$$S = \sum_k w_k S_k$$

Où les  $w_k$  représentent le poids de l'actif  $k$  dans le portefeuille.

## II-3 Convexité

### 3-1 Définition

La durée d'une obligation donne une bonne mesure de la variation du prix occasionnée par une très petite variation du taux d'intérêt. Pour des variations plus grandes, la durée fournit une estimation de beaucoup moins précise. La raison de cette perte de précision est expliquée par la forme convexe de la relation entre le prix et le rendement à l'échéance. La convexité est une mesure de la courbure de la relation entre le prix et le rendement exigé d'une obligation.

L'utilisation conjointe de la durée et de la convexité permettra d'obtenir une meilleure approximation du pourcentage de variation de prix d'une obligation provoquée par un changement du taux d'intérêt.

### 3-2 Formulation

Le développement en série de Taylor de la variation du prix d'une obligation ( $\Delta P$ ) due à une variation finie du taux de rendement à l'échéance s'écrit :

$$dP = \frac{\partial P}{\partial y} dy + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} dy^2 + \frac{1}{3!} \left[ \frac{d^3 P}{dy^3} * (dy)^3 \right] + \dots + \frac{1}{n!} \left[ \frac{d^n P}{dy^n} * (dy)^n \right]$$

Chaque expression entre les crochets représente un terme de la série de Taylor et plus il y'a de termes dans la série, meilleure sera l'approximation pour une  $dy$  donnée.

Cependant, la précision supplémentaire que nous pouvons aller chercher en utilisant le 3<sup>ème</sup>, 4<sup>ème</sup> expression est peu importante

Dès lors en pratique seuls les deux premiers termes sont retenus

$$dP = \frac{\partial P}{\partial y} dy + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} dy^2 + \text{résidu}$$

$$\frac{dP}{P} = -Sdy + \frac{1}{2} c(dy)^2 + \text{résidu}$$

$$\frac{dP}{P} = -Sdy + \frac{1}{2} c(dy)^2$$

Le terme  $C = \frac{1}{P} \cdot \frac{d^2 P}{dy^2}$  traduit la convexité de la relation entre le prix de l'obligation et le taux du marché  $y$ , elle est toujours positive.

La dernière équation présente la relation fondamentale qui permet d'utiliser conjointement la duration ou (la durée modifiée) et la convexité pour prévoir le taux de variation du prix d'une obligation suite à une variation du taux de rendement à l'échéance :

L'expression de la convexité est donnée par :

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{i \cdot (1+i) \cdot CF_i}{(1+y)^{i+2}}}{P}$$

La convexité d'un titre, est une notion développée par Klotz (1985). De deux titres de duration identique, le moins risqué est celui ayant la convexité la plus élevée.

### 3-3 La convexité d'un portefeuille obligataire

La convexité d'un portefeuille obligataire est égale à la somme pondérée des convexités des obligations qui le composent pour un portefeuille P composé de N obligations, nous avons :

$$C = \sum_k w_k C_k$$

La convexité permet d'améliorer l'efficacité de la duration, ces deux mesures de risque sont peu adaptées au cas des fluctuations de taux de très grande ampleur. Par ailleurs, elles sont définies par rapport à une source de risque unique, le taux actuariel, alors qu'il est la résultante de plusieurs facteurs de risque. Afin de pallier ces inconvénients, une mesure de risque a récemment été mise au point : la value-at-risk (VaR) ou valeur-en-risque.

## II-4 La value at risque

### **Introduction**

Le concept de Value at Risk (VaR) s'est imposé comme la mesure de référence en matière de risque de marché. Officiellement adoptée par le comité de Bâle en 1996, la VaR est au centre des modèles internes proposés aux banques et aux institutions financières pour garantir un niveau de fonds propres proportionnel aux risques résultant de leurs engagements.

Le développement des activités de marché et les pertes subies par les institutions financières dans la dernière décennie ont nécessité pour les intermédiaires financiers de bien comprendre les risques induits par leurs activités. En conséquence il apparaît le besoin d'une meilleure quantification des risques financiers, à partir d'outils adéquats de contrôle interne qui devront assurer la qualité du processus de mesure, de suivi, et de gestion du risque. La Value-at-Risk, comme d'autres méthodes d'évaluation, s'applique à décrire ce risque financier pour mieux l'appréhender.

#### 4-1 Un rapide historique

Deux événements ont concouru à l'adoption généralisée de la VaR sur le secteur financier et un autre a favorisé son développement parmi les entreprises américaines.

La première date de 1995. Réunis en comité à la Banque des règlements internationaux à Bâle, les représentants des banques centrales de 10 grandes économies de l'Ouest ont proposé de nouvelles règles (amendant l'accord de Bâle de 1988), imposant aux établissements financiers un niveau de fonds propres proportionnel aux risques résultant de leurs engagements. Officiellement adoptée en 1996, cette proposition a incité les banques à développer des systèmes internes sophistiqués pour calculer leur VaR. En effet, elles pouvaient ainsi espérer une diminution des fonds propres qu'elles devraient détenir par rapport aux banques qui se fondaient sur les normes édictées par les autorités de tutelle pour déterminer leurs besoins. Ainsi, dès le départ, la recherche d'un allègement des obligations réglementaires a été un important facteur de croissance de la VaR.

Le deuxième événement s'est produit sur Internet. En 1994, la banque américaine JP Morgan a mis gratuitement son système RiskMetrics à la disposition de tous sur Internet. RiskMetrics (depuis repris dans une société commune avec Reuters, le groupe d'information financière) fournissait les données financières et la méthodologie nécessaires au calcul de la VaR d'un portefeuille. Les autres établissements financiers et les entreprises pouvaient utiliser le calculateur de VaR de RiskMetrics ou télécharger les données sur leurs propres systèmes de gestion des risques. Très vite sont apparus de nouveaux fournisseurs de programmes de gestion des risques exploitant RiskMetrics, transformant cette méthodologie en référence incontournable.

Le troisième événement a probablement eu moins d'impact à ce jour, mais c'est l'un des grands facteurs d'expansion de la VaR parmi les entreprises américaines. En 1997 aux Etats-Unis, la Securities and Exchange Commission (SEC), préoccupée des risques cachés derrière les instruments hors bilan, a émis des règles de communication relatives aux produits dérivés employés par les entreprises : celles-ci ont trois solutions pour faire état des risques associés aux instruments dérivés : tableau des valeurs de marché, mesure de sensibilité ou VaR. C'est la raison pour laquelle les rapports annuels de Microsoft, de Philip Morris et de bien d'autres grandes sociétés présentent maintenant des calculs de VaR.

## 4-2 Value – at – risk : Définitions, avantages et inconvénients

### 4-2-1 Définition

La VaR d'un portefeuille d'actifs financiers correspond au montant de pertes maximum sur un horizon de temps donné, si l'on exclut un ensemble d'évènements défavorables ayant une faible probabilité de se produire.

A l'aide du concept VaR, on peut ainsi exprimer en un seul chiffre le montant à risque d'un porte-feuille, même si celui-ci est composé de plusieurs classes d'actifs (actions, obligations, options, devise, etc...). On pourra alors dire si le portefeuille est trop risqué ou non, en fonction du chiffre obtenu, de la valeur du portefeuille et de l'aversion au risque de l'investisseur.

Si l'on prend la définition de la banque J.P. Morgan qui est très simplifiée : « la VaR est une estimation avec un intervalle de confiance prédéterminé, du montant qu'on peut perdre en gardant une certaine position durant un horizon donné ».

Par définition, la VaR à horizon  $h$  et au seuil de probabilité  $p$  est un nombre  $VaR(h,p)$  tel que :

(1)  $Proba(L_h > VaR(h,p)) = p$ , ou de manière équivalente :

(2)  $Proba(L_h \leq VaR(h,p)) = 1-p$  Avec  $L_h$  la perte sur l'horison  $h$ .

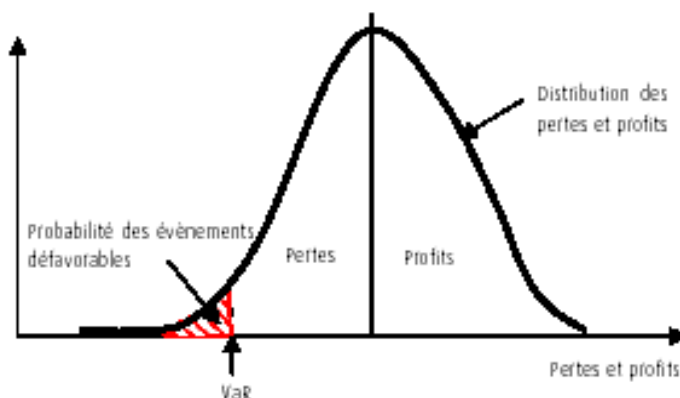
Les équations (1)-(1') définissent la VaR et conduisent directement à son interprétation.

L'équation (1) indique que le montant de la perte de la période de durée  $h$  à venir sera supérieur à la VaR avec une probabilité  $p$ .

L'équation (1') exprime que la perte sera inférieure à la VaR avec une probabilité  $1-p$  ; ainsi, la VaR peut être interprétée comme une perte maximum avec un seuil de confiance  $1-p$ .

La VaR d'un portefeuille dépend de trois paramètres:

- Distribution des pertes et profits du portefeuille en fin de période.
- Niveau de confiance qui est égale à 1 moins la probabilité des évènements défavorables. Par exemple, un niveau de confiance de 95% si l'on désire ignorer les 5% relatifs aux évènements les plus défavorables.
- Période de temps sur laquelle on désire mesurer la VaR



**Figure 5 : Représentation graphique de la VaR.**

Le paramètre le plus important est la distribution des pertes et profits du portefeuille. Et c'est le paramètre le plus difficile à déterminer. Comme le niveau de confiance dépend de l'aversion au risque du propriétaire du portefeuille, plus ce niveau est important et plus la VaR sera élevée. Autrement dit, si le propriétaire craint les risques, il s'arrangera pour que la probabilité des événements défavorables soit très petite. En ce qui concerne l'horizon de temps, il dépend surtout de la fréquence de reconstitution du portefeuille et de la liquidité des actifs financiers qui y sont contenus. Pour les mesures de VaR des portefeuilles de négociation des instituts financiers, la réglementation impose un niveau de confiance de 99% et une période de dix jours ouvrables, soit deux semaines.

#### **4-2-2 Avantages et Inconvénients**

La Value-at-risk comporte plusieurs avantages:

- Elle est un outil de gestion d'un portefeuille d'instruments financiers pour optimiser le couple risque/rendement.
- Elle permet la fixation des limites internes et l'allocation de fonds propres.
- Elle permet aussi le calcul de l'exigence de fonds propres prudentiels pour les risques de marché ou de crédit.

Néanmoins, il y a quelques inconvénients qu'on peut relever :

- La VaR ne fait pas de distinctions entre la liquidité des différentes positions de marché, et capte seulement les risques à court terme dans des conditions normales de marché ;
- Ensuite les hypothèses nécessaires pour l'utilisation de chaque modèle de VaR, ne sont pas toutes vérifiées dans la réalité. Ceci aura un impact sur la valeur mesurée du risque.
- Les modèles VaR n'intègrent pas les coûts de détention ou de liquidation des positions de marché.

#### **4-3 Méthodes de calcul de la VaR**

La méthode de calcul est déterminée par la distribution choisie pour modéliser les pertes et profits du portefeuille. Nous allons maintenant présenter les trois méthodes les plus utilisées : la méthode historique, la méthode des variances/covariances, et la méthode de simulation de Monte Carlo.

##### **4-3-1 L'analyse par la méthode historique**

C'est sans doute la méthode la plus simple dans sa conception et sa mise en œuvre. On émet l'hypothèse que la distribution des rendements observée à partir des données historiques se reproduira à l'avenir. Plus concrètement, la détermination de la VaR se déroule comme suit:

1. Calculer la valeur actuelle du portefeuille.
2. Recueillir les rendements historiques pour chaque facteur de risque impliqué (cours des actions, taux de change, etc.).
3. Calculer les valeurs historiques des pertes et profits du portefeuille et les ranger par ordre croissant.

4. Calculer la VaR en fonction du niveau de confiance et du nombre de données historiques utilisées.

#### 4-3-2 La méthode variance-covariance

##### ✓ Principe de la méthode

On émet l'hypothèse que les rendements du portefeuille et des facteurs de risque ont des distributions normales. Même si cette hypothèse n'est pas justifiée empiriquement, elle permet de simplifier énormément les calculs.

##### ✓ Méthodologie

La VaR d'un portefeuille peut être construite à partir d'une combinaison des risques des valeurs fondamentales.

On définit le taux de rendement du portefeuille de  $t$  à  $t + 1$  comme :

$$R_{p,t+1} = \sum_{i=1}^N w_{i,t} R_{i,t+1}$$

ou sous forme matricielle :

$$R_p = w_1 R_1 + w_2 R_2 + \dots + w_N R_N = [w_1, w_2, \dots, w_N] [R_1, R_2, \dots, R_N]^t = w' R$$

Avec  $w_i$  :  $i=1 \dots N$  les poids associés aux actifs .

$N$  : est le nombre d'obligations

$R_i$  : est le taux de rendement de l'obligation  $i$ .

On définit le montant des obligations comme :

$$W_i = w_i \times V_0$$

Cette méthode suppose que les rendements des actifs sont distribués selon la loi normale, le rendement du portefeuille étant une fonction linéaire des rendements des actifs alors il est aussi distribué normalement.

La variance du portefeuille est donné par :

$$V(R_p) = \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^N w_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1, j \neq i}^N w_i w_j \sigma_{ij} = \sum_{i=1}^N w_i^2 \sigma_i^2 + 2 \sum_{i=1}^N \sum_{j < i}^N w_i w_j \sigma_{ij}$$

La variance peut être alors écrite de la façon suivante :

$$V(R_{p,t+1}) = w_t' \sum_{t+1} w_t$$

Il est plus commode d'utiliser la notation matricielle, si le nombre des obligations est grand, car il devient difficile de maintenir toutes les limites de covariance.

La variance peut être écrite alors comme suit :

$$\sigma_p^2 = [w_1 \dots w_N] \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1N} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \dots & \sigma_{2N} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \sigma_{N1} & \sigma_{N2} & \dots & \sigma_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ w_N \end{bmatrix}$$

Si on note  $\Sigma$  la matrice prévue des variances et des covariances, que l'on suppose constante et estimée par la matrice de variance/covariance historique.

La VaR est déterminée de la manière ordinaire :

$$VAR = V_0 \times (-m + z_q \times \sigma)$$

Avec  $\sigma = \sigma_p^2 = w' \Sigma w$  la volatilité des rendements futurs du portefeuille.

$V_0$  est la valeur actuelle du portefeuille .

$z_q$  est le quantile associé à la distribution de la loi normale, pour un niveau de confiance de 99% égal à 2.33.

### 4-3-3 La méthode de la simulation Monte Carlo

#### ✓ Principe de la méthode

La simulation de Monte Carlo est une méthode paramétrique, c'est à dire qu'elle requiert la connaissance de la forme et des paramètres des distributions des facteurs de risque. Connaissant ces éléments, il est possible de simuler de nombreuses trajectoires pour chaque facteur de risque, tout en tenant compte des corrélations entre chaque facteur de risque. Comme dans le modèle précédent, il est nécessaire d'avoir un modèle d'évaluation ou une fonction de prix qui relie la variation de la valeur du portefeuille aux variations des facteurs de risque. A partir de la composition actuelle du portefeuille et des nombreux scénarios tirés, il est donc possible de simuler la distribution de variation de valeur du portefeuille puis d'en tirer la VaR.

La simulation de Monte Carlo diffère de la simulation historique sur un aspect principal. Tandis que les scénarios des facteurs de risque sont directement pris du passé dans l'approche historique, ils doivent être simulés à travers une modélisation mathématique dans l'approche stochastique. Pour modéliser l'évolution des facteurs de risque, il est nécessaire de spécifier un processus stochastique pour chaque facteur, et d'estimer les paramètres de ces processus ainsi que les corrélations entre les parties aléatoires des processus.

#### ✓ Démarche de la méthode

Pour générer des séries de rendements pour les actifs financiers, on effectue les étapes suivantes :

- Estimer les écarts types des séries ;
- Déterminer la matrice de variance covariance  $\Sigma$  des rendements des actifs ;

- Décomposer la matrice de variance covariance selon la décomposition de Cholesky tel que :  $\Sigma=A'A$  ;
- Générer des séries de nombres aléatoires indépendants et qui suivent une loi normale standard, notons les  $Y$  ;
- Déterminer les  $m$  séries selon leur structure de corrélation :  $\varepsilon=YA$  ;
- Déterminer des trajectoires des rendements simulés selon les modèles choisis ;
- Calculer la VaR suivant la méthode historique ;

#### 4-3-4 Comparaison des différentes méthodes

Les avantages et inconvénients des différentes méthodes sont résumés dans le tableau suivant :

| Méthodes                            | Avantages  | Inconvénients  |
|-------------------------------------|--|--|
| Historique                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• facile à expliquer</li> <li>• implémentation relativement aisée</li> <li>• aucune hypothèse sur les lois de distribution</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• nécessite beaucoup de données historiques</li> <li>• le passé peut ne plus se reproduire</li> </ul>       |
| Variance-covariance/<br>RiskMetrics | <ul style="list-style-type: none"> <li>• paramètres faciles à estimer</li> <li>• implémentation aisée</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ne traite pas bien les options</li> <li>• sous-estime les événements rares.</li> </ul>                    |
| Monte-Carlo                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• la plus pure, la plus tournée vers l'avenir</li> <li>• les options peuvent être correctement traitées</li> </ul>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• choix des modèles délicats</li> <li>• requiert une puissance et un temps de calcul importants.</li> </ul> |

**Tableau12 : Comparaison entre les différentes méthodes**

#### Remarque

Dans le cas d'un portefeuille obligataire ,la méthode la plus adéquate est la var historique .En effet, en utilisant les deux autres méthodes de calcul de la VAR ,à savoir la méthode paramétrique et la méthode de monte carlo ,nous serons amenés à introduire les concepts de variation et de corrélation entre les obligations constituant le portefeuille ,chose qui sera quasiment insensé ,du fait qu'une variation du rendement d'une obligation sera essentiellement due à la variation de la courbe des taux ,et non pas à la variation du rendement d'une autre obligation (contrairement aux autres instruments financiers),en plus les obligations construisant un portefeuille obligataire sont de divers maturité ,qui commencent du 13 semaines au 30 ans .Donc calculer une corrélation entre une obligation de maturité 13 semaines et une autre de maturité 30 ans n'aura aucune interprétation financière.

#### II-5- LES NOTIONS DU COUPON :

##### 5-1-COUPON COURU:

Ils représentent la fraction du coupon couru entre le dernier versement du coupon et la date de négociation de l'obligation. Il est exprimé en % de la valeur nominale.

La formule du coupon couru s'annonce comme suit :

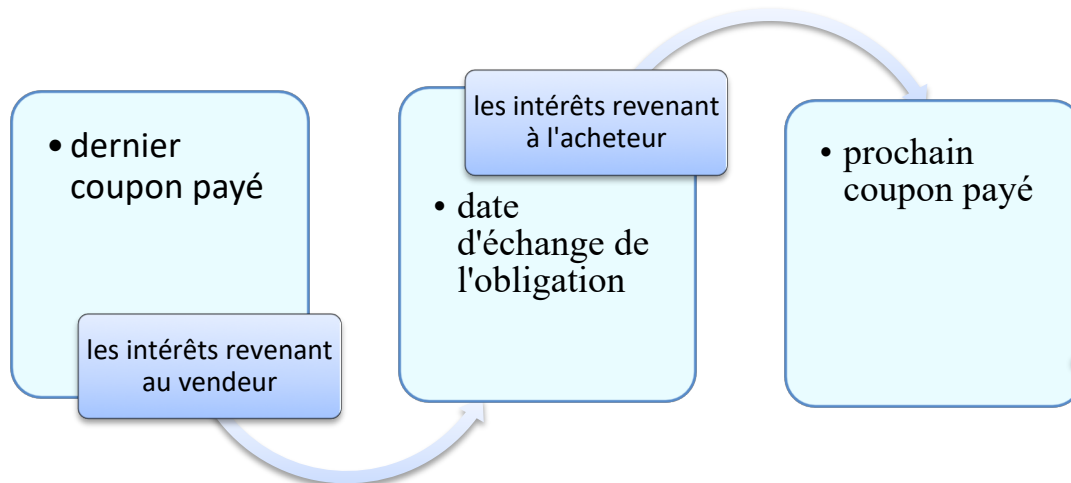
$$CC = \frac{F * N * Nb_{jCC}}{\text{base de calcul}}$$

La base de calcul est égale à 365 si la différence entre la date d'échéance et la de valorisation est supérieure à 365 sinon la base de calcul est égale à 360

La valeur du CC exprimé en pourcentage est:

$$CC(\%) = CC / N$$

Le calcul du coupon couru est nécessaire en particulier lorsque son détenteur revend son obligation. La revente de l'obligation comprend le coupon et l'obligation (ou créance) elle même et la fraction des intérêts courus, jusqu'à la date de revente.



**Figure 6 : Graphique illustrant la notion du coupon couru**

### **5-2-PRIX PIED DE COUPON(PPC) :**

Le prix pied de coupon signifie le prix d'une obligation sans le coupon couru, il ne prend pas en compte des intérêts courus non échus.

$$\text{Prix Global} = \text{PPC} + \text{CC}$$

## *Chapitre II*

# *Application des méthodes de mesure de risque au portefeuille obligataire de la CDG*

Dans ce chapitre on va présenter les résultats de calcul des différents indicateurs du risque aussi on va décrire les effets des mouvements de la courbe des taux sur ces derniers pour terminer avec une description de l'outil élaboré qui englobe tous les calculs établis

## Chapitre 2 : Application des méthodes classiques de mesure de risque de taux au portefeuille obligataire de la CDG

Le portefeuille que nous considérons dans ce chapitre est le portefeuille déjà décrit dans la partie précédente

### I le calcul des indicateurs du risque

#### 1 la duration

Après avoir programmé la formule de la duration sous la forme suivante

```

Function dura(prix As Double, coupon As Integer, nominal As Double, interet As Double, taux As Double) As Double
    ReDim fluxe(1 To coupon)
    Dim j As Integer
    prix = 0
    For j = 1 To coupon
        fluxe(j) = flux(coupon, nominal, interet, j)
        prix = prix + j * fluxe(j) / (1 + taux) ^ (j - 1)
    Next
    dura = prix / prix
End Function
    
```

On obtient les résultats suivants :

| <i>obligation</i> | <i>rendement interpolé</i> | <i>MI</i> | <i>MR</i> | <i>taux facial</i> | <i>duration</i> |
|-------------------|----------------------------|-----------|-----------|--------------------|-----------------|
| MA0002002527      | 0,041                      | 5108      | 74        | 9,15               | 1,0080542       |
| MA0002002600      | 0,041                      | 5173      | 139       | 8,95               | 1,0156276       |
| MA0002002618      | 0,041                      | 5173      | 139       | 9                  | 1,0156276       |
| MA0002002709      | 0,0413                     | 5278      | 244       | 8,85               | 1,02801643      |
| MA0002002766      | 0,042966071                | 5383      | 349       | 8,5                | 1,04089065      |
| MA0002002790      | 0,04311875                 | 5402      | 368       | 8,5                | 1,44479794      |
| MA0002002881      | 0,043866071                | 5495      | 461       | 8                  | 1,46450209      |
| MA0002003012      | 0,044821343                | 5579      | 545       | 7,15               | 1,48609458      |
| MA0002003087      | 0,044524423                | 5485      | 657       | 5,9                | 1,51713876      |
| MA0002003350      | 0,044280091                | 5484      | 808       | 6,25               | 1,92265923      |
| MA0002003889      | 0,04886629                 | 7311      | 2831      | 7,25               | 3,91030826      |
| MA0002005546      | 0,045307322                | 5487      | 1497      | 7,1                | 2,70517287      |
| MA0002005884      | 0,045868                   | 5485      | 1747      | 6,9                | 2,80526802      |
| MA0002006155      | 0,041                      | 3659      | 5         | 5,9                | 1,00054167      |
| MA0002006643      | 0,041                      | 3659      | 152       | 5,8                | 1,01714071      |
| MA0002006684      | 0,046213882                | 5485      | 1992      | 6,2                | 3,20223361      |
| MA0002006957      | 0,046848601                | 5486      | 2224      | 5,85               | 3,5629366       |
| MA0002007070      | 0,04385                    | 3658      | 459       | 5,2                | 1,48759554      |
| MA0002007088      | 0,0470443                  | 5484      | 2285      | 5,8                | 3,59754155      |
| MA0002007096      | 0,050348772                | 7311      | 4112      | 6,1                | 5,3162434       |

|              |             |      |      |      |            |
|--------------|-------------|------|------|------|------------|
| MA0002007146 | 0,044871984 | 3658 | 529  | 5,15 | 1,500416   |
| MA0002007195 | 0,044723431 | 3658 | 578  | 4,95 | 1,51104855 |
| MA0002007203 | 0,047366723 | 5484 | 2404 | 5,6  | 3,67837032 |
| MA0002007328 | 0,047559729 | 5484 | 2481 | 5,5  | 3,72933748 |
| MA0002007492 | 0,044338669 | 3658 | 760  | 4,9  | 1,9405269  |

**Tableau 13 : calcul de la durée concernant les BDT**

Le tableau ci-dessus est un échantillon d'obligations de notre portefeuille pour lesquelles on a calculé la durée annuelle, le reste des résultats est dans l'annexe

Ainsi, si on prend par exemple la première obligation de 15 ans .cette dernière se comporte vis-à-vis du taux d'intérêt comme un bon de trésor de 1,008 ans

Au total la durée du portefeuille est obtenue en multipliant les durées des obligations par leurs poids dans le portefeuille, on aura donc

**Duration du portefeuille = 2,8379457**

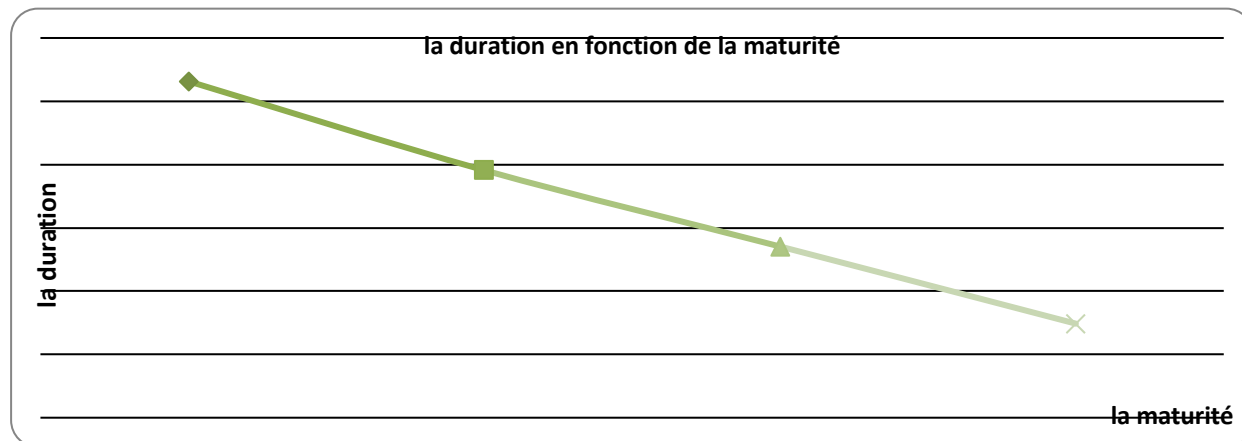
### 1-1 L'influence de la maturité

La durée possède deux principales propriétés liant cette mesure à la maturité :

P1: La durée d'une obligation est toujours plus petite que sa maturité

P2: Plus la maturité est grande, plus la durée est grande.

Le graphe suivant prouve bien la réalisation de ces deux propriétés :



**Graphe 1 :la durée du portefeuille en fonction de la maturité**

La durée est d'autant plus sensible au changement de taux que la maturité est élevée.

### 1-2 Influence du taux de rendement actuariel

Parmi les propriétés de la durée on peut citer le fait qu'elle est décroissante avec le taux de rendement actuariel.

|                          |              |              |              |              |              |              |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <u>taux de rendement</u> | <u>3,91%</u> | <u>4,04%</u> | <u>4,13%</u> | <u>4,22%</u> | <u>4,29%</u> | <u>4,32%</u> |
| <u>duration</u>          | 1,0080542    | 1,0156276    | 1,02801643   | 1,04089065   | 1,44479794   | 1,46450209   |

Tableau 14 : la duration en fonction du taux de rendement

La duration du portefeuille est une fonction décroissante du taux actuariel. Il est donc important de surveiller l'évolution de la duration du portefeuille de la même façon qu'ils évaluent les titres en fonction de l'évolution du taux actuariel.

### 2- La sensibilité et convexité

Après avoir calculé la sensibilité et la convexité pour toutes les obligations du portefeuille (voir annexe) on passe à la généralisation des formules à tout le portefeuille alors au total la sensibilité et la convexité du portefeuille sont obtenues en multipliant les sensibilités et les convexités des obligations par leurs poids dans le portefeuille, on aura donc :

**Convexité du portefeuille = 14,8094167**

**Sensibilité du portefeuille = 2,70609026**

Concernant le calcul de la sensibilité et de la convexité il est obtenu par une programmation des formules suivantes

```
Function sensibilité(duration As Double, taux As Double) As Double
Sensibilité=duration/1+taux
End Function
```

```
Function convexité(prix As Double, coupon As Integer, nominal As Double, interet As Double, taux As Double) As Double
ReDim fluxe(1 To coupon)
Dim j As Integer
prix = 0
For j = 1 To coupon
fluxe(j) = flux(coupon, nominal, interet, j)
prix = prix + j * (j + 1) * fluxe(j) / (1 + taux) ^ (j + 2)
Next
convexité = prix / prix
End Function
```

### 3-prix pied coupon et coupon couru

Afin d'extraire l'effet coupon il est indispensable de calculer le coupon couru. De plus ,en diminuant de la valeur de l'obligation le coupon couru ,on trouve le prix pied de coupon Les coupons courus se calculent à l'aide de la formule suivante :

**coupon couru=nominal\*taux facial\*(nombre de jours écoulés depuis le dernier règlement)/base de calcul**

Notons que cette relation modélise d'une façon simple le calcul du coupon couru, par conséquent on peut déduire les prix pied coupon par la formule suivante

**prix pied de coupon=prix - coupon couru**

Pour notre portefeuille les calculs se présentent sous la forme suivante

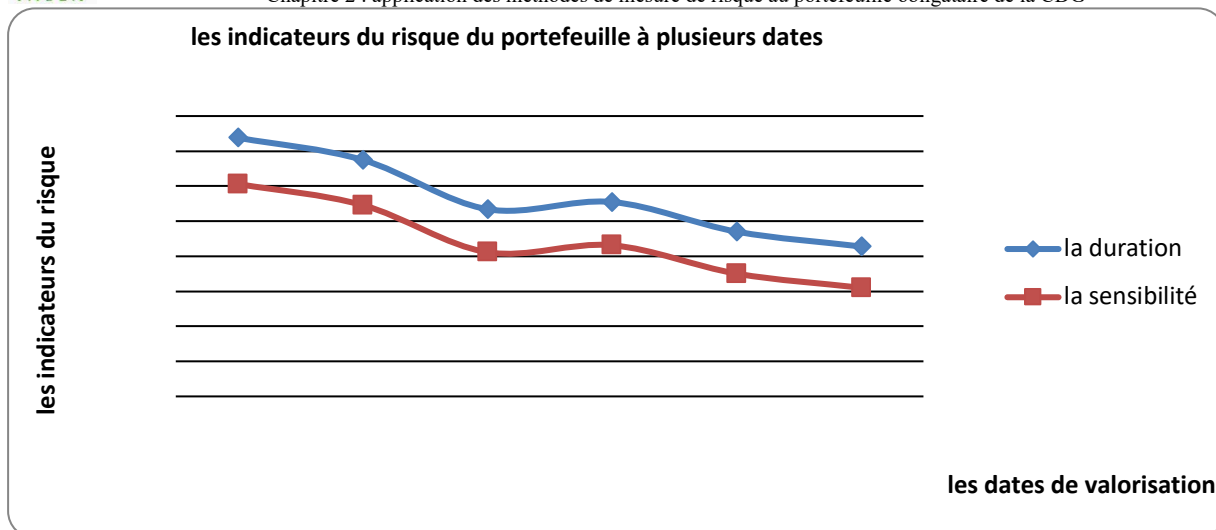
| <i>obligation</i> | <i>le prix</i> | <i>prix pied coupon</i> | <i>coupon couru</i> |
|-------------------|----------------|-------------------------|---------------------|
| MA0002002527      | 275289,1328    | 247521,42               | 27767,71            |
| MA0002002600      | 272747,7553    | 249626,92               | 23120,83            |
| MA0002002618      | 272872,9263    | 249622,93               | 23250,00            |
| MA0002002709      | 269252,3023    | 252842,93               | 16409,38            |
| MA0002002766      | 264987,9792    | 255425,48               | 9562,50             |
| MA0002002790      | 264378,5312    | 255937,56               | 8440,97             |
| MA0002002881      | 260172,3632    | 257394,59               | 2777,78             |
| MA0002003012      | 273304,7872    | 256849,99               | 16454,79            |
| MA0002003087      | 263738,8984    | 254686,84               | 9052,05             |
| MA0002003350      | 260788,8318    | 257663,83               | 3125,00             |
| MA0002003889      | 297630,4317    | 285712,62               | 11917,81            |
| MA0002005546      | 110746,0713    | 108528,54               | 2217,53             |
| MA0002005884      | 113287,0403    | 108958,00               | 4329,04             |
| MA0002006155      | 107690,6563    | 99397,88                | 8292,78             |
| MA0002006643      | 105787,9519    | 100004,06               | 5783,89             |
| MA0002006684      | 112896,8877    | 106968,67               | 5928,22             |
| MA0002006957      | 107554,2034    | 105679,00               | 1875,21             |
| MA0002007070      | 101396,0158    | 100644,90               | 751,11              |
| MA0002007088      | 106374,6635    | 105484,80               | 889,86              |
| MA0002007096      | 109669,2381    | 108766,77               | 902,47              |
| MA0002007146      | 105619,0876    | 100652,51               | 4966,58             |
| MA0002007195      | 104626,7391    | 100517,56               | 4109,18             |
| MA0002007203      | 109157,6482    | 104524,22               | 4633,42             |
| MA0002007328      | 107389,0221    | 103998,61               | 3390,41             |
| MA0002007492      | 102334,9883    | 100710,60               | 1624,38             |

**Tableau 15 : calcul du coupon couru et du prix pied de coupon pour les BDT**

#### 4- évolution des indicateurs du risque durant les 6 premiers mois de l'année 2013

| <b>les indicateurs de risques du portefeuille à plusieurs dates</b> |                    |                       |                     |
|---|--------------------|-----------------------|---------------------|
| <i>les dates de valorisations</i>                                   | <i>la duration</i> | <i>la sensibilité</i> | <i>la convexité</i> |
| 01/01/2013  | 2,8379457          | 2,70609026            | 14,8094167          |
| 01/02/2013  | 2,77481002         | 2,64582882            | 14,507945           |
| 01/03/2013  | 2,63427032         | 2,51148884            | 13,9291266          |
| 01/04/2013  | 2,65476118         | 2,53127561            | 13,844788           |
| 01/05/2013  | 2,57018774         | 2,45037447            | 13,1328876          |
| 01/06/2013  | 2,52776833         | 2,41002551            | 12,9772773          |

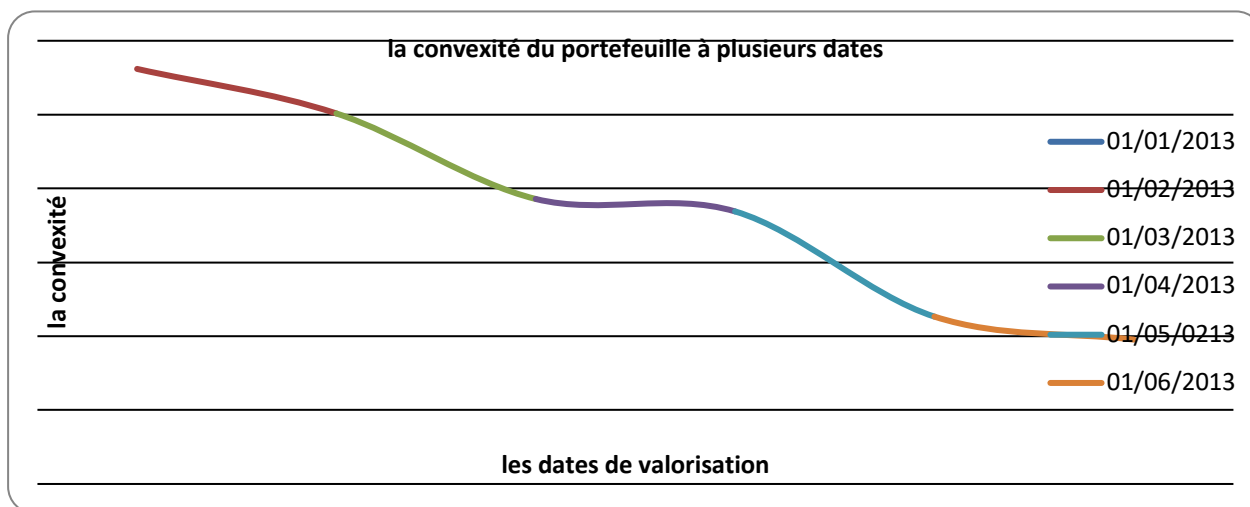
**Tableau 16 : l'évolution des indicateurs du risque durant les 6 premiers mois de l'année 2013**



**Graph 2 : l'évolution de la duration et de la sensibilité durant les 6 premiers mois de l'année 2013**

Nous remarquons que durant les six premiers mois de l'année 2013, la duration du portefeuille obligataire de la CDG variait dans l'intervalle  $[2,5 ; 2,85]$  ce qui montre que les montants investis en 2013 par la CDG dans les titres obligataires seront récupérés dans un intervalle de temps qui varie entre 2 et 3 ans

Aussi concernant la sensibilité on remarque qu'elle a une tendance décroissante durant les trois premiers mois de l'année tout comme la duration que nous venons de présenter



**Graph 3 : l'évolution de la convexité durant les 6 premiers mois de l'année 2013**

Durant l'année 2013 on remarque que la convexité est située dans un intervalle de  $[12,9 ; 14,9]$  aussi il apparaît que la convexité a une tendance décroissante durant les trois premiers mois de l'année pour se stabiliser entre le mois mars et avril et après elle commence à décroître.

### II Application de la VAR historique au portefeuille obligataire de la CDG

La VAR est un indicateur de risque indispensable pour un portefeuille d'actifs financiers. Mais pour le cas du portefeuille obligataire, la méthode la plus adéquate est la VAR historique. En effet, en utilisant les deux autres approches de calcul de la VAR, à savoir l'approche paramétrique et l'approche de monté Carlo nous serons amenés à introduire les concepts de variance et de corrélation entre les obligations, ce qui contredit la nature du portefeuille

Pour introduire cet indicateur de risque dans notre outil d'aide à la décision nous devons vérifier les conditions de validité de cette approche

### 1 Test de normalité des rendements

L'hypothèse fondamentale est celle de la normalité .le test de cette hypothèse sur nos données montre un éloignement par rapport à la loi normale c'est presque le cas pour toutes les séries financières

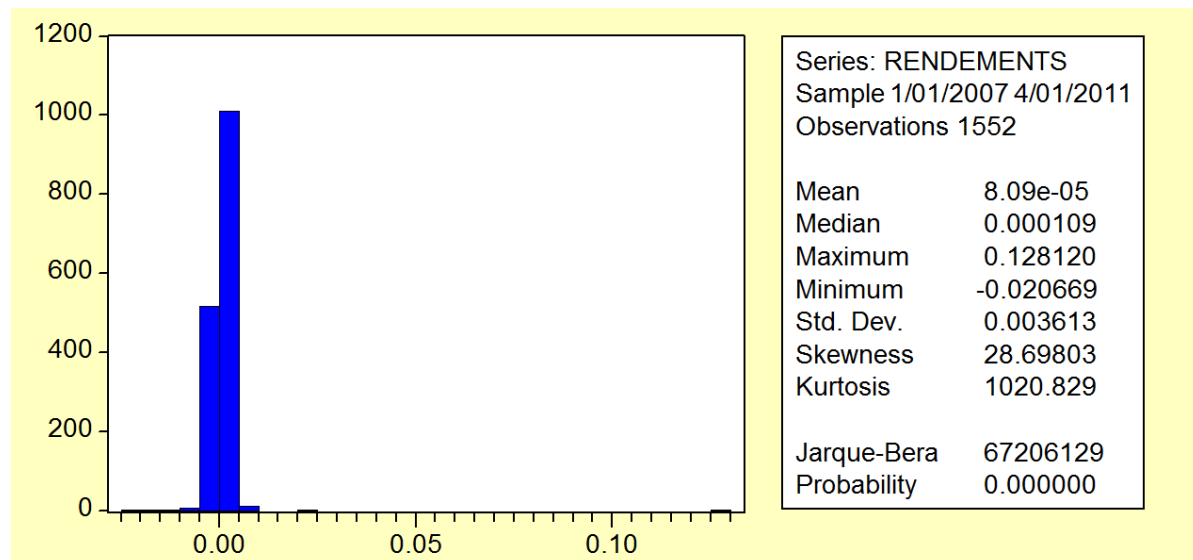


Figure 7 : test de jarque berra

Comme le montre cette sortie de Eviews, le coefficient d'asymétrie (skewness) de la distribution du portefeuille est positif ,alors la densité de la distribution s'étale vers la droite .Et nous avons donc une asymétrie positive

Le coefficient d'aplatissement (Kurtosis) est supérieur à 3 cela indique que la distribution des rendements journaliers du portefeuille est leptocurtique, c'est-à-dire qu'elle a des queues épaisses en comparaison avec la distribution normale

De même, la statistique de JB est vivement supérieure à  $\chi^2(4,6)$  ,ce qui signifie que la distribution des rendements du portefeuille dévie largement de la normale

### 2- Test de la stationnarité

La stationnarité est vérifiée en utilisant le test de racine unitaire ADF (augmented Dickey Fuller) qui consiste à tester l'hypothèse nulle  $H_0$  existence d'une racine unitaire et dans ce cas la série est considérée non stationnaire

Le test consiste à rejeter  $H_0$  si la statistique obtenue est inférieure à la valeur critique de Mackinnon.les résultats du test ADF sur les rendements du portefeuille (schéma ci-dessous) montre que la statistique ADF (-20,4936) est inférieure à la valeur critique au seuil de signification de 5% (-3,412710) d'où nous rejetons  $H_0$  ce qui signifie que la stationnarité est affirmée

Null Hypothesis: RENDEMENTS has a unit root  
 Exogenous: Constant, Linear Trend  
 Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=23)

|  | t-Statistic | Prob.* |
|--|-------------|--------|
| Augmented Dickey-Fuller test statistic | -20.49360   | 0.0000 |
| Test critical values:                  |             |        |
| 1% level                               | -3.963971   |        |
| 5% level                               | -3.412710   |        |
| 10% level                              | -3.128327   |        |

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

### Figure 8 ;test de Dickey Fuller

#### 3- Démarche de calcul de la VAR historique :

Pour le calcul de la VAR historique nous avons passé par les étapes suivantes

Nous avons valorisé notre portefeuille à chaque date .Cela sur un historique d'observations hebdomadaires allant du 01/01/2007 au 29/03/2013.

Nous avons calculé la fonction P&L (profit and loss) définie comme la variation de la valeur du portefeuille entre la date t et la date t-1

Nous obtenons ainsi les valeurs de la fonction P&L dans lesquelles nous allons le centile d'ordre a%.

Le tableau ci-dessous résume les résultats du calcul de la VAR du au seuil de confiance de 99%.(a=1%)

| <i>dates</i> | <i>valeur du portefeuille</i> | <i>fonction perte&amp;profit</i> | <i>fonction P&amp;L triée</i> |
|--------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| 02/01/2007   | 3,62154E+11                   |                                  |                               |
| 03/01/2007   | 3,6258E+11                    | 425650348,1                      | 10896397365                   |
| 04/01/2007   | 3,62394E+11                   | -185905754,8                     | 9156599179                    |
| 05/01/2007   | 3,62231E+11                   | -162819992,3                     | 3614212415                    |
| 08/01/2007   | 3,6231E+11                    | 79429107,34                      | 2703633510                    |
| 09/01/2007   | 3,61619E+11                   | -691717848,6                     | 2615356704                    |
| 10/01/2007   | 3,6236E+11                    | 741072092,5                      | 2439301699                    |
| 12/01/2007   | 3,62429E+11                   | 69810603,99                      | 2323283083                    |
| 15/01/2007   | 3,61672E+11                   | -757777427,2                     | 2167971781                    |
| 16/01/2007   | 3,61559E+11                   | -112691859,6                     | 2141078257                    |
| 17/01/2007   | 3,61546E+11                   | -12515930,13                     | 2081477554                    |
| 18/01/2007   | 3,62197E+11                   | 650915059,5                      | 2070446815                    |
| 19/01/2007   | 3,62571E+11                   | 373616963                        | 2059789001                    |
| 22/01/2007   | 3,62484E+11                   | -87275437,54                     | 1964119901                    |
| 23/01/2007   | 3,62614E+11                   | 129782446,8                      | 1854965918                    |
| 24/01/2007   | 3,62715E+11                   | 101095117                        | 1853909046                    |
| 25/01/2007   | 3,62716E+11                   | 1705376,624                      | 1745363909                    |

|            |             |              |            |
|------------|-------------|--------------|------------|
| 26/01/2007 | 3,62838E+11 | 121519274,9  | 1715094980 |
| 29/01/2007 | 3,62947E+11 | 109116486,3  | 1636485229 |
| 30/01/2007 | 3,62526E+11 | -420573027,3 | 1585736670 |
| 31/01/2007 | 3,62012E+11 | -514369225,7 | 1570824254 |
| 01/02/2007 | 3,62175E+11 | 163283649,7  | 1523873136 |
| 02/02/2007 | 3,62246E+11 | 70890920,51  | 1468815938 |
| 05/02/2007 | 3,61931E+11 | -315227049,2 | 1462535277 |
| 06/02/2007 | 3,61768E+11 | -162992483,5 | 1443111571 |
| 07/02/2007 | 3,619E+11   | 131695989,2  | 1426889445 |
| 08/02/2007 | 3,61908E+11 | 8396031,963  | 1384678558 |
| 09/02/2007 | 3,61888E+11 | -20363562,21 | 1334201664 |
| 12/02/2007 | 3,62024E+11 | 135902851,4  | 1242710081 |
| 13/02/2007 | 3,62001E+11 | -22981217,58 | 1196893112 |
| 14/02/2007 | 3,62013E+11 | 12854882,16  | 1178060169 |
| 15/02/2007 | 3,61616E+11 | -397678897   | 1169174077 |
| 16/02/2007 | 3,61774E+11 | 158519040,3  | 1140358883 |
| 19/02/2007 | 3,61633E+11 | -140949972,2 | 1066253575 |
| 20/02/2007 | 3,61649E+11 | 16123270,85  | 1063245276 |
| 21/02/2007 | 3,61633E+11 | -16214755,43 | 1049602268 |
| 22/02/2007 | 3,61813E+11 | 180210714,7  | 1034879828 |

**Tableau 17 : les résultats du calcul de la var du 01/01/13 au seuil de confiance 99%**

#### 4- Les résultats des calculs

Si on prend comme date de valorisation le 01/01/2013 nos calculs sur le portefeuille obligataire ont donné les résultats suivants :

| date de valorisation | value at risque historique          |            |               |
|----------------------|-------------------------------------|------------|---------------|
|                      | valeur du portefeuille à la date de |            | 3,72197E+11   |
| 08/01/2013           | <b>VAR</b>                          | à un jour  | 473591744,28  |
|                      |                                     | à 10 jours | 1497628592,98 |
|                      | % de la valeur du portefeuille      | à un jour  | 0,1272%       |
|                      |                                     | à 10 jours | 0,4024%       |

**Figure 9 : résultats de la var historique pour les obligations**

D'après ces résultats nous constatons qu'au 8/1/2007 le portefeuille obligataire de la CDG aurait pu faire une perte de 0,13% de la valeur totale du portefeuille à cette date

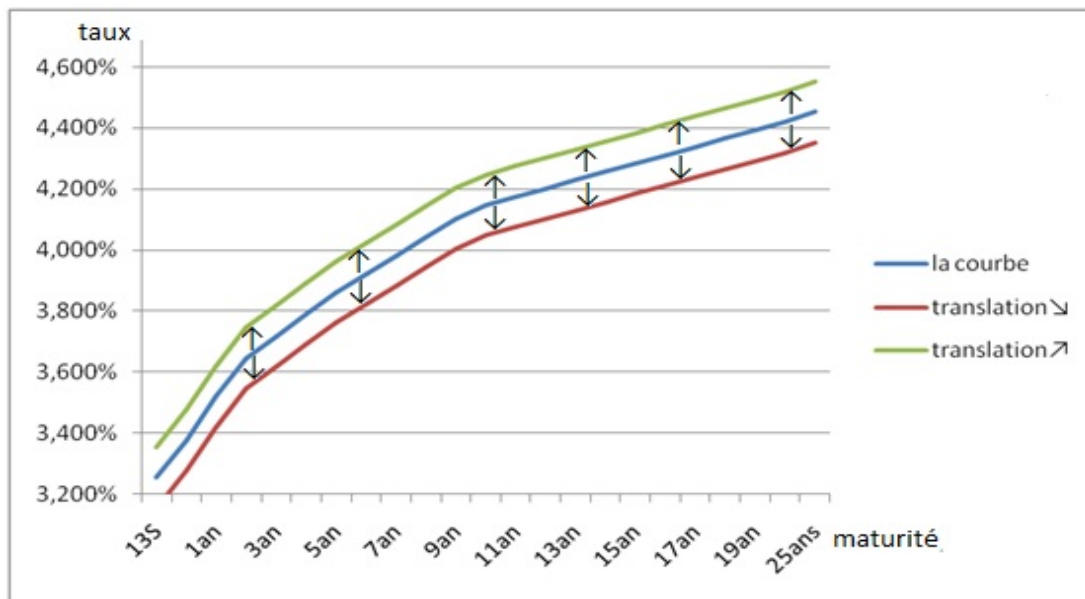
### III-Effet des mouvements de la courbe des taux sur les différentes caractéristiques des obligations

#### 1- Présentation des mouvements de la courbe des taux

Les prix des titres s'influencent par les mouvements de la courbe des taux qu'on peut les classer en trois mouvements qui sont les mouvements de translation (facteur shift) les mouvements de rotation de la courbe ou bien de pivotement (facteur twist) les mouvements de courbure (butterfly)

##### 1.1. Simulation du facteur de niveau (shift)

Shift : mouvement correspondant à une modification du niveau de la courbe des taux. Il provoque les déformations parallèles de la courbe. c'est-à-dire un changement identique de la courbe des taux pour toutes les échéances

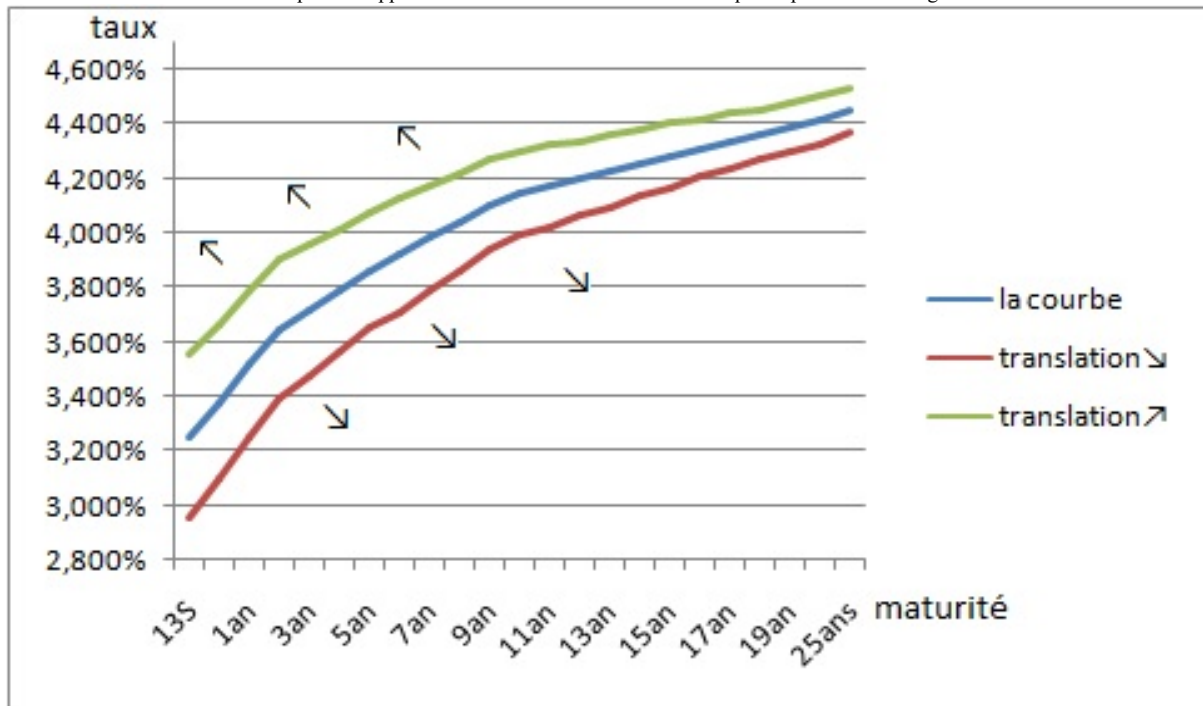


**Graphe 4 : Simulation d'une translation de la courbe**

On étudie l'impact de la variation des prix de des obligations suite à l'introduction du facteur shift

##### 1-2 Simulation du facteur twist

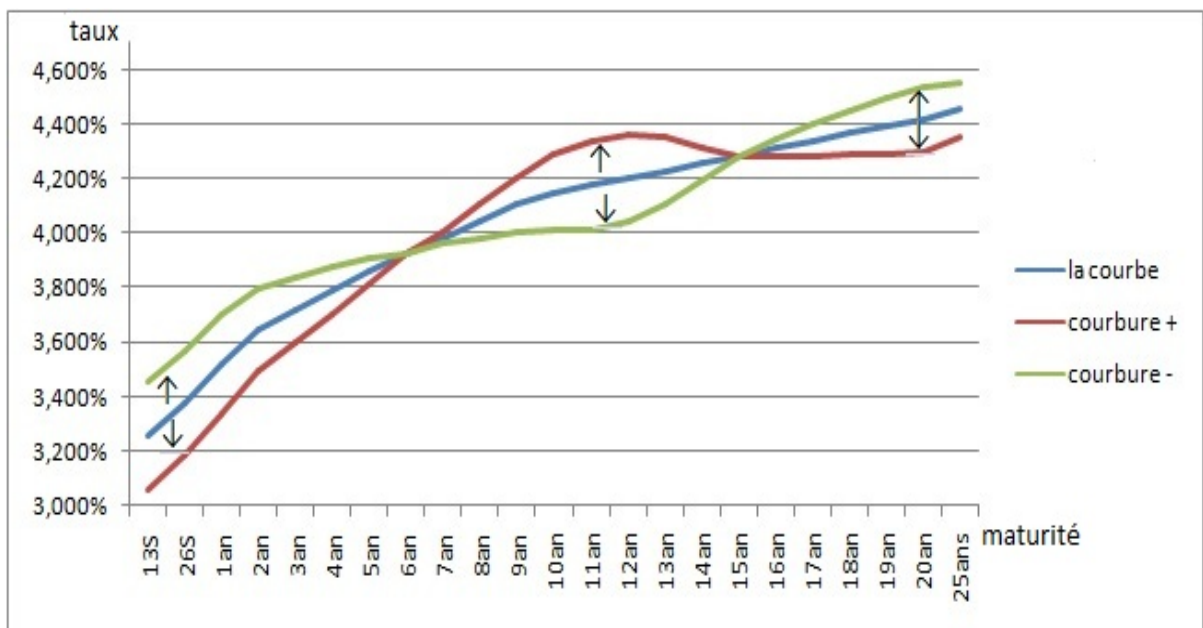
C'est un mouvement correspondant à une modification de la courbe des taux il s'agit d'un aplatissement si l'écart entre les taux courts et longs diminue et il s'agit d'une pentification si l'écart augmente



**Graph 5 : simulation d'un pivotement de la courbe**

**1-3 simulation du mouvement de courbure**

C'est un mouvement correspondant à un changement de la concavité de la courbe des taux



**Graph 6 : simulation du mouvement du changement de courbure**

**2-Analyse des effets des mouvements de la courbe des taux sur les prix des obligations ainsi que sur les différents indicateurs de risque étudiés**

**2-1 Effet du mouvement shift**

On fait l'étude sur 5 obligations de maturité de 10 ans ,20 ans, 15 ans ,2 ans, 5 ans et 52 semaines. On introduit une perturbation de la courbe des taux correspondant au facteur shift on obtient le tableau suivant :

| maturité | les taux | sénario 1 | sénario 2 | sénario 3 | sénario 4 | sénario 5 | sénario 6 |
|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 14       | 0,039    | 0,036     | 0,038     | 0,039     | 0,04      | 0,041     | 0,042     |
| 28       | 0,0385   | 0,0355    | 0,0375    | 0,0385    | 0,0395    | 0,0405    | 0,0415    |
| 35       | 0,0402   | 0,0372    | 0,0392    | 0,0402    | 0,0412    | 0,0422    | 0,0432    |
| 81       | 0,039    | 0,036     | 0,038     | 0,039     | 0,04      | 0,041     | 0,042     |
| 101      | 0,0395   | 0,0365    | 0,0385    | 0,0395    | 0,0405    | 0,0415    | 0,0425    |
| 140      | 0,0405   | 0,0375    | 0,0395    | 0,0405    | 0,0415    | 0,0425    | 0,0435    |
| 364      | 0,0423   | 0,0393    | 0,0413    | 0,0423    | 0,0433    | 0,0443    | 0,0453    |
| 1070     | 0,04648  | 0,04348   | 0,04548   | 0,04648   | 0,04748   | 0,04848   | 0,04948   |
| 1477     | 0,0477   | 0,0447    | 0,0467    | 0,0477    | 0,0487    | 0,0497    | 0,0507    |
| 1902     | 0,0483   | 0,0453    | 0,0473    | 0,0483    | 0,0493    | 0,0503    | 0,0513    |
| 2195     | 0,04924  | 0,04624   | 0,04824   | 0,04924   | 0,05024   | 0,05124   | 0,05224   |
| 2314     | 0,0495   | 0,0465    | 0,0485    | 0,0495    | 0,0505    | 0,0515    | 0,0525    |
| 2756     | 0,05115  | 0,04815   | 0,05015   | 0,05115   | 0,05215   | 0,05315   | 0,05415   |
| 2833     | 0,05148  | 0,04848   | 0,05048   | 0,05148   | 0,05248   | 0,05348   | 0,05448   |
| 2940     | 0,0516   | 0,0486    | 0,0506    | 0,0516    | 0,0526    | 0,0536    | 0,0546    |
| 5628     | 0,057    | 0,054     | 0,056     | 0,057     | 0,058     | 0,059     | 0,06      |
| 6295     | 0,05159  | 0,04859   | 0,05059   | 0,05159   | 0,05259   | 0,05359   | 0,05459   |
| 8862     | 0,04634  | 0,04334   | 0,04534   | 0,04634   | 0,04734   | 0,04834   | 0,04934   |

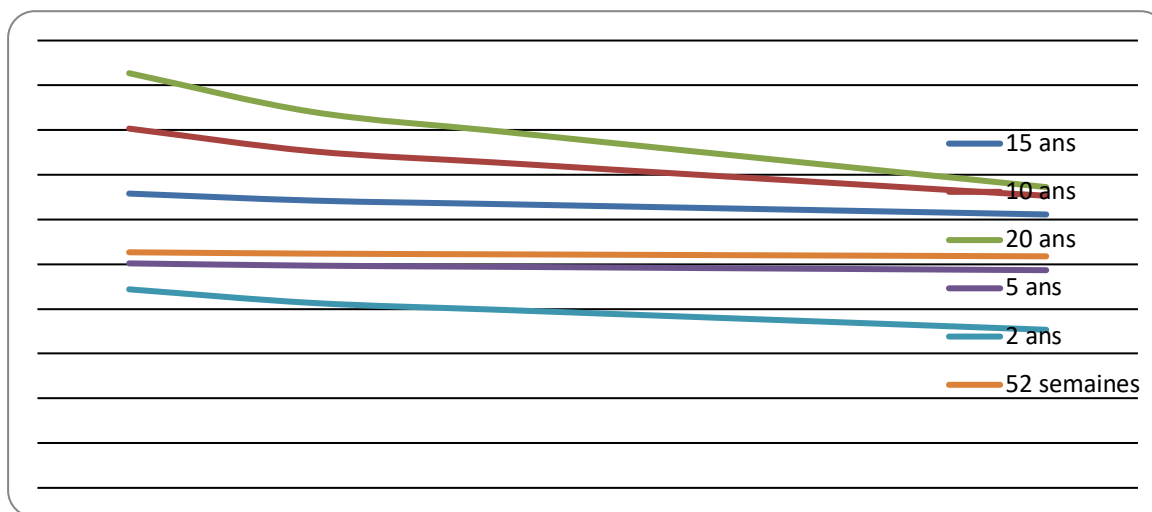
**Tableau 18 : génération des scénarios correspondants au mouvement shift**

On calcule les prix correspondant à chaque scénario on obtient le tableau suivant :

| ISIN         | MI          | sénario 1 | sénario 2 | sénario 3 | sénario 4 | sénario 5 | sénario 6 |
|--------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| MA0002002790 | 15 ans      | 105157,44 | 104845,33 | 104689,55 | 104533,95 | 104378,53 | 104223,30 |
| MA0002006957 | 10 ans      | 108062,41 | 107049,09 | 106547,04 | 106048,04 | 105552,07 | 105059,09 |
| MA0002007096 | 20 ans      | 110539,58 | 108807,76 | 107955,03 | 107110,97 | 106275,46 | 105448,41 |
| MA0002008920 | 5 ans       | 102037,00 | 101935,32 | 101884,56 | 101833,84 | 101783,18 | 101732,57 |
| MA0002010587 | 2 ans       | 100876,02 | 100268,58 | 99966,73  | 99666,12  | 99366,74  | 99068,59  |
| MA0002011387 | 52 semaines | 102532,97 | 102472,71 | 102442,61 | 102412,53 | 102382,46 | 102352,41 |

**Tableau 19 : calcul des prix correspondants aux scénarios générés**

Cela pourra être illustré par le graphe suivant



**Graph 7 : illustration des prix de 5 obligations de maturités différentes en fonction des scénarios générés**

Alors on remarque que le passage du premier scénario au sixième scénario montre une diminution des prix des obligations donc on peut conclure que une translation de la courbe des taux d'un point de base permet une diminution des prix des obligations et une translation de la courbe des taux d'un point de base de moins permet une augmentation des prix des obligations d'où la relation inverse existante entre les prix et les taux

Concernant l'impact du mouvement shift de courbe des taux sur les indicateurs des risques il pourra être illustré par le tableau suivant

| duration           |            |            |            |            | sensibilité        |            |            |            |            | convexité          |            |            |            |            |
|--------------------|------------|------------|------------|------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|
| scénario principal | scénario 1 | scénario 2 | scénario 3 | scénario 4 | scénario principal | scénario 1 | scénario 2 | scénario 3 | scénario 4 | scénario principal | scénario 1 | scénario 2 | scénario 3 | scénario 4 |
| 1,0248             | 1,0260     | 1,0236     | 1,0242     | 1,0260     | 0,9843             | 0,9836     | 0,9850     | 0,9847     | 0,9836     | 1,8162             | 1,8079     | 1,8246     | 1,8204     | 1,8079     |
| 3,2653             | 3,2710     | 3,2596     | 3,2710     | 3,2540     | 3,1132             | 3,1157     | 3,1108     | 3,1157     | 3,1084     | 14,4583            | 14,4356    | 14,4811    | 14,4356    | 14,5039    |
| 5,1423             | 5,1538     | 5,1308     | 5,1538     | 5,1193     | 4,8865             | 4,8928     | 4,8802     | 4,8928     | 4,8739     | 34,9378            | 34,8826    | 34,9930    | 34,8826    | 35,0481    |
| 1,0208             | 1,0218     | 1,0197     | 1,0203     | 1,0218     | 0,9807             | 0,9798     | 0,9816     | 0,9812     | 0,9798     | 1,8105             | 1,8019     | 1,8192     | 1,8148     | 1,8019     |
| 2,4662             | 2,4691     | 2,4633     | 2,4691     | 2,4604     | 2,3555             | 2,3561     | 2,3550     | 2,3561     | 2,3545     | 8,4160             | 8,3998     | 8,4324     | 8,3998     | 8,4488     |
| 1,0118             | 1,0124     | 1,0112     | 1,0115     | 1,0124     | 0,9732             | 0,9719     | 0,9745     | 0,9738     | 0,9719     | 1,8007             | 1,7914     | 1,8101     | 1,8054     | 1,7914     |

**Tableau 20 : l'évolution des indicateurs du risque par rapport aux scénarios générés**

On remarque que la translation de la courbe des taux a un impact sur les indicateurs du risque du fait qu'une translation de la courbe d'un point de base permet une augmentation de la duration et de la convexité ainsi qu'une diminution de la sensibilité et inversement

### 2-2 Effet du mouvement twist

Une introduction d'une perturbation de la courbe des taux suite au facteur twist permet d'obtenir les scénarios suivants

| maturité | sénario principal | sénario 1 | sénario 2 | sénario 3 | sénario 4 |
|----------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 14       | 0,039             | 0,041     | 0,037     | 0,038     | 0,041     |
| 28       | 0,0385            | 0,0405    | 0,0365    | 0,0375    | 0,0405    |
| 35       | 0,0402            | 0,0422    | 0,0382    | 0,0392    | 0,0422    |
| 81       | 0,039             | 0,041     | 0,037     | 0,038     | 0,041     |
| 101      | 0,0395            | 0,0415    | 0,0375    | 0,0385    | 0,0415    |
| 140      | 0,0405            | 0,0425    | 0,0385    | 0,0395    | 0,0425    |
| 364      | 0,0423            | 0,0443    | 0,0403    | 0,0413    | 0,0443    |
| 1070     | 0,04648           | 0,04748   | 0,04548   | 0,04748   | 0,04448   |
| 1477     | 0,0477            | 0,0487    | 0,0467    | 0,0487    | 0,0457    |
| 1902     | 0,0483            | 0,0493    | 0,0473    | 0,0493    | 0,0463    |
| 2195     | 0,04924           | 0,05024   | 0,04824   | 0,05024   | 0,04724   |
| 2314     | 0,0495            | 0,0505    | 0,0485    | 0,0505    | 0,0475    |
| 2756     | 0,05115           | 0,05215   | 0,05015   | 0,05215   | 0,04915   |
| 2833     | 0,05148           | 0,05248   | 0,05048   | 0,05248   | 0,04948   |
| 2940     | 0,0516            | 0,0526    | 0,0506    | 0,0526    | 0,0496    |
| 5628     | 0,057             | 0,058     | 0,056     | 0,058     | 0,055     |
| 6295     | 0,05159           | 0,05259   | 0,05059   | 0,05259   | 0,04959   |
| 8862     | 0,04634           | 0,04734   | 0,04534   | 0,04734   | 0,04434   |

**Tableau 21 : génération des scénarios correspondants au mouvement twist**

On calcule les prix correspondants à chaque scénario on obtient le tableau suivant

| ISIN         | MI          | prix par le senario principal | prix par le sénario 1 | prix par le sénario 2 | prix par le sénario 3 | prix par le sénario 4 |
|--------------|-------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| MA0002002790 | 15 ans      | 264689,55                     | 264378,53             | 265001,29             | 264845,33             | 264378,53             |
| MA0002006957 | 10 ans      | 106547,04                     | 106048,04             | 107049,09             | 106048,04             | 107554,20             |
| MA0002007096 | 20 ans      | 107955,03                     | 107110,97             | 108807,76             | 107110,97             | 109669,24             |
| MA0002008920 | 5 ans       | 101884,56                     | 101783,18             | 101986,13             | 101935,32             | 101783,18             |
| MA0002010587 | 2 ans       | 99966,73                      | 99666,12              | 100268,58             | 99666,12              | 100571,67             |
| MA0002011387 | 52 semaines | 102442,61                     | 102382,46             | 102502,83             | 102472,71             | 102382,46             |

**Tableau 22 : calcul des prix correspondants aux scénarios générés**

On remarque que le pivotement de la courbe des taux permet d'influencer les prix des titres du fait que l'aplatissement ou bien la pentification de la courbe permet soit d'augmenter ou bien de diminuer les prix

Concernant les indicateurs du risque ils peuvent être présentés par le tableau suivant

| <i>duration</i> |           |           |            |            | <i>sensibilité</i> |            |            |            |            | <i>convexité</i> |            |            |            |            |
|-----------------|-----------|-----------|------------|------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------------|------------|------------|------------|------------|
| sénario 1       | sénario 2 | sénario 3 | sénario 4  | sénario 5  | sénario 1          | sénario 2  | sénario 3  | sénario 4  | sénario 5  | sénario 1        | sénario 2  | sénario 3  | sénario 4  | sénario 5  |
| 1,024785        | 1,025991  | 1,02358   | 1,02418269 | 1,02599102 | 0,9843118          | 0,98358027 | 0,98504614 | 0,98467862 | 0,98358027 | 1,81619364       | 1,80789124 | 1,82455184 | 1,82036573 | 1,80789124 |
| 3,265305        | 3,270967  | 3,259647  | 3,27096736 | 3,25399379 | 3,11322784         | 3,11565626 | 3,1107994  | 3,11565626 | 3,10837096 | 14,4583458       | 14,4356478 | 14,4810964 | 14,4356478 | 14,5038998 |
| 5,142296        | 5,153787  | 5,130801  | 5,15378705 | 5,11930222 | 4,88649444         | 4,8927641  | 4,88020868 | 4,8927641  | 4,87390698 | 34,9378072       | 34,8826135 | 34,9929532 | 34,8826135 | 35,0480515 |
| 1,020763        | 1,02178   | 1,019746  | 1,02025481 | 1,02177981 | 0,9807057          | 0,97979977 | 0,98161512 | 0,98115997 | 0,97979977 | 1,81048998       | 1,80188618 | 1,81915321 | 1,81481414 | 1,80188618 |
| 2,466184        | 2,469102  | 2,463268  | 2,46910206 | 2,46035342 | 2,35554041         | 2,35607727 | 2,35500438 | 2,35607727 | 2,35446918 | 8,41603954       | 8,39975831 | 8,43237074 | 8,39975831 | 8,4487521  |
| 1,011786        | 1,01238   | 1,011192  | 1,01148878 | 1,01238045 | 0,97319508         | 0,97189719 | 0,97449796 | 0,97384589 | 0,97189719 | 1,80074563       | 1,791445   | 1,81011402 | 1,80542131 | 1,791445   |

**Tableau 23 : l'évolution des indicateurs du risque par rapport aux scénarios générés**

On remarque que l'introduction du mouvement twist a in impact sur les indicateurs du risque du fait que le passage d'un scénario à l'autre permet soit une augmentation soit une diminution de ces indicateurs suivant le genre du mouvement introduit (aplatissement ou bien une pentification)

### 2-3 Effet du mouvement butterfly (courbure)

On introduit un scénario correspondant à une perturbation de la courbe des taux suite au mouvement butterfly les scénarios obtenus se présentent comme suit

| maturité | sénario principal | sénario 1   | sénario 2 | sénario 3 | sénario 4   |
|----------|-------------------|-------------|-----------|-----------|-------------|
| 14       | 0,039             | 0,029       | 0,04      | 0,038     | 0,049       |
| 28       | 0,0385            | 0,0285      | 0,0395    | 0,0375    | 0,0485      |
| 35       | 0,0402            | 0,0302      | 0,0412    | 0,0392    | 0,0502      |
| 81       | 0,039             | 0,029       | 0,04      | 0,038     | 0,049       |
| 101      | 0,0395            | 0,0295      | 0,0405    | 0,0385    | 0,0495      |
| 140      | 0,0405            | 0,0405      | 0,0415    | 0,0395    | 0,0405      |
| 364      | 0,0423            | 0,0473      | 0,0443    | 0,0403    | 0,0373      |
| 1070     | 0,04648           | 0,05648     | 0,04948   | 0,04048   | 0,03648     |
| 1477     | 0,0477            | 0,059128571 | 0,0517    | 0,0407    | 0,036271429 |
| 1902     | 0,0483            | 0,0583      | 0,0513    | 0,0423    | 0,0383      |
| 2195     | 0,04924           | 0,05424     | 0,05124   | 0,04724   | 0,04424     |
| 2314     | 0,0495            | 0,0495      | 0,0505    | 0,0485    | 0,0495      |
| 2756     | 0,05115           | 0,04115     | 0,05215   | 0,05015   | 0,06115     |
| 2833     | 0,05148           | 0,04148     | 0,05248   | 0,05048   | 0,06148     |
| 2940     | 0,0516            | 0,0416      | 0,0526    | 0,0506    | 0,0616      |
| 5628     | 0,057             | 0,047       | 0,058     | 0,056     | 0,067       |
| 6295     | 0,05159           | 0,04159     | 0,05259   | 0,05059   | 0,06159     |
| 8862     | 0,04634           | 0,03634     | 0,04734   | 0,04534   | 0,05634     |

**: Tableau 24 : génération des scénarios correspondants au mouvement butterfly**

On calcule les prix correspondants à chaque scénario on obtient le tableau suivant

| ISIN         | MI          | prix par le senario principal | prix par le sénario 1 | prix par le sénario 2 | prix par le sénario 3 | prix par le sénario 4 |
|--------------|-------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| MA0002002790 | 15 ans      | 264689,55                     | 264422,22             | 264480,50             | 264898,92             | 264957,41             |
| MA0002006957 | 10 ans      | 106547,04                     | 103077,51             | 105346,44             | 108402,35             | 110169,36             |
| MA0002007096 | 20 ans      | 107955,03                     | 111240,86             | 107110,97             | 108807,76             | 104794,14             |
| MA0002008920 | 5 ans       | 101884,56                     | 101835,88             | 101824,11             | 101945,07             | 101933,28             |
| MA0002010587 | 2 ans       | 99966,73                      | 96849,09179           | 98948,79298           | 101921,1594           | 103222,9677           |
| MA0002011387 | 52 semaines | 102442,61                     | 102697,88             | 102412,53             | 102472,71             | 102188,60             |

**Tableau 25 : calcul des prix correspondants aux scénarios générés**

On remarque que l'introduction du mouvement butterfly conduit à une modification des prix des titres alors lorsque les taux augmentent à l'endroit où il y'a une modification de la concavité de la courbe on remarque que les prix des titres baissent et inversement

Concernant les indicateurs du risque ils subissent les modifications suivantes

| duration          |           |           |            |            | sensibilité       |            |            |            |            | convexité         |            |            |            |            |
|-------------------|-----------|-----------|------------|------------|-------------------|------------|------------|------------|------------|-------------------|------------|------------|------------|------------|
| sénario principal | sénario 1 | sénario 2 | sénario 3  | sénario 4  | sénario principal | sénario 1  | sénario 2  | sénario 3  | sénario 4  | sénario principal | sénario 1  | sénario 2  | sénario 3  | sénario 4  |
| 1,024785469       | 1,025821  | 1,025595  | 1,02397549 | 1,02374944 | 0,984311798       | 0,98368297 | 0,98381999 | 0,98480487 | 0,9849427  | 1,816193639       | 1,80905541 | 1,81060935 | 1,82180312 | 1,82337307 |
| 3,26530466        | 3,305511  | 3,278996  | 3,24458934 | 3,22534113 | 3,113227836       | 3,13042461 | 3,11909577 | 3,10432634 | 3,0960302  | 14,45834582       | 14,2987196 | 14,4035882 | 14,5419971 | 14,6206078 |
| 5,14229642        | 5,098613  | 5,153787  | 5,1308014  | 5,18591684 | 4,886494436       | 4,86253467 | 4,8927641  | 4,88020868 | 4,91022195 | 34,93780724       | 35,1470182 | 34,8826135 | 34,9929532 | 34,7279081 |
| 1,020763147       | 1,021251  | 1,021369  | 1,02015723 | 1,02027524 | 0,980705698       | 0,9802705  | 0,98016536 | 0,98124727 | 0,9811417  | 1,810489984       | 1,80635354 | 1,80535515 | 1,81564592 | 1,81464011 |
| 2,466183901       | 2,497144  | 2,476122  | 2,4475452  | 2,43544166 | 2,355540406       | 2,36125961 | 2,3573707  | 2,35212276 | 2,34991428 | 8,416039542       | 8,24634457 | 8,36083836 | 8,52148051 | 8,59132343 |
| 1,011786004       | 1,009271  | 1,012083  | 1,01148878 | 1,01430096 | 0,973195076       | 0,97874183 | 0,97254551 | 0,97384589 | 0,96773788 | 1,800745631       | 1,84085176 | 1,79608689 | 1,80542131 | 1,76185249 |

**Tableau 26 : l'évolution des indicateurs du risque par rapport aux scénarios générés**

### 3-Négociation des obligations

#### 3-1 Description de l'interface réalisé sous VBA Excel

##### 3-1-1 problématique

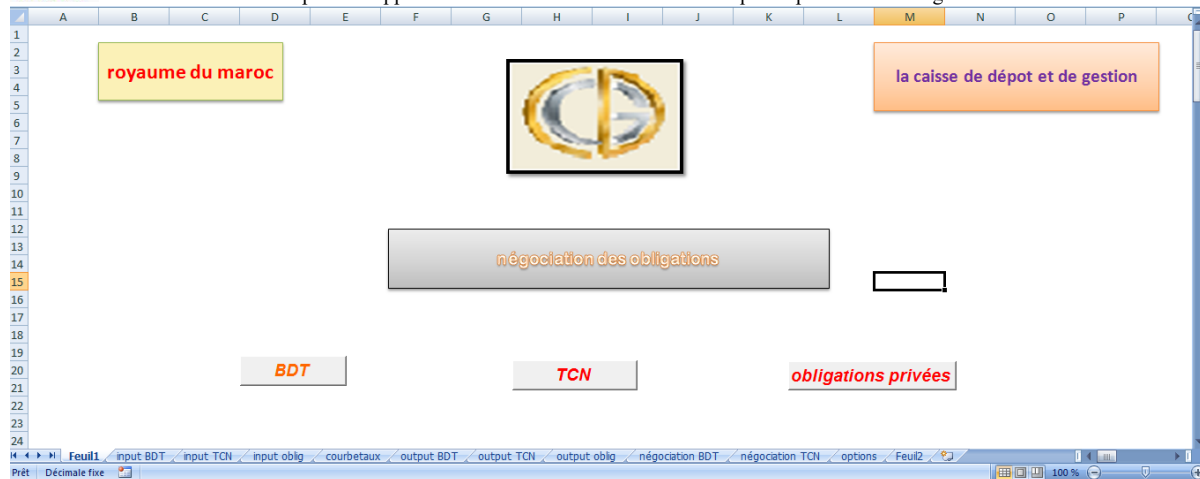
Dans le cadre de notre projet nous étions amené à développer un outil d'aide à la décision qui va orienter et guider les choix du gestionnaire de portefeuille il s'agit de la conception d'une application qui permet le calcul des prix des obligations à travers la perturbation des taux utilisés à partir de la courbe des taux ainsi que les différents indicateurs du risque (duration, sensibilité, ...) qui permettent l'évaluation du risque lié à l'obligation

##### 3-1-2 description de l'interface réalisé

Vu la nature de l'activité financière au sein d'une salle de marché il s'avère nécessaire d'adopter une technologie compatible qui facilite la décision ainsi que le recours aux différentes données économiques pour le calcul d'un certain nombre d'indicateurs de risque. Ainsi pour répondre à tous ces besoins nous avons opté pour l'outil VBA EXCEL qui ne nécessite aucune installation au préalable. Après avoir étalé les formules nécessaires pour la réalisation de l'outil l'étape suivante consiste à l'automatisation de ces formules en utilisant l'outil vba excel

L'outil réalisé se présente comme suit :

Lorsqu'on ouvre le classeur qui contient l'application l'interface d'accueil se présente sous la forme suivante :



**Figure 10 : l'interface d'accueil pour la négociation des obligations**

On choisit entre les BDT les TCN ou bien les obligations privées

Lorsque par exemple on choisit les BDT on est dirigés vers le feuille « négociation BDT » alors On choisit un titre du portefeuille puis on doit remplir les inputs qui permettent la perturbation de quelques facteurs utilisés dans le calcul du prix du titre. Et qui sont la date à laquelle on veut valoriser le titre choisi aussi on doit disposer de deux taux choisis qui permettent de mesurer l'impact de la perturbation du taux interpolé sur le prix du titre

Lorsqu'on remplit les inputs nécessaires on obtient les différentes caractéristiques de la ligne choisie ainsi que le prix obtenu par le taux interpolé à travers la courbe des taux téléchargé du site de BAM et les prix obtenus par les taux choisis ainsi que les différents indicateurs du risque concernant cette la ligne (duration, sensibilité, convexité, coupon couru, prix pied coupon) .cela permet la négociation du titre à travers la comparaison des prix obtenus

Les sorties de l'application se présentent comme suit :

| les inputs                            |            | les outputs                   |                     |                              |             |
|---------------------------------------|------------|-------------------------------|---------------------|------------------------------|-------------|
| Attijarwafa Bank de 28022012 4.30 à 2 |            |                               |                     |                              |             |
| la date de valorisation               | 21/03/2013 | ISIN                          | MA0001509209        | montant global               | 53562198,42 |
| taux choisi 1                         | 3,10%      | emetteur                      | ATTIJARWAFABANK (E) | prix pied coupon en montant  | 96261,07    |
| taux choisi 2                         | 2,10%      | taux facial                   | 4,3000%             | prix pied coupon en %        | 96,261068%  |
| quantité choisie du titre             | 555        | date de jouissance            | 28/02/2012          | coupon couru en montant      | 247,40      |
| spread choisi 1                       | 44         | le nominal                    | 100000              | montant global par le taux 1 | 54015396,58 |
| spread choisi 2                       | 55         | date d'échéance               | 28/02/2014          | prix pied coupon en montant  | 97077,64    |
|                                       |            | taux interpolé                | 4,413929%           | prix pied coupon en %        | 97,0776%    |
|                                       |            | spread initial                | 40,35               |                              |             |
|                                       |            | le prix par le taux interpolé | 96508,47            | montant global par le taux 2 | 53967276,46 |
|                                       |            | le prix par le taux choisi 1  | 97325,04            | prix pied coupon en montant  | 96990,94    |
|                                       |            | variation/courbe              | 816,57              | prix pied coupon en %        | 96,9909%    |
|                                       |            | le prix par le taux choisi 2  | 97238,34            |                              |             |

**Figure 11 : présentation des sorties de l'application pour la négociation des obligations**

### 3-1-3 La perturbation du taux interpolé

On peut valoriser l'obligation choisie soit par le taux interpolé à partir de la courbe des taux soit en utilisant un deuxième taux qui est un taux choisi au hasard généralement le trader choisi ce taux en prenant en compte les conditions de valorisation sur le marché obligataire

### 3-1-4 La perturbation du spread

Un spread de taux est un écart de taux actuariel, constaté sur le marché, entre le taux d'une obligation et le taux d'un emprunt d'Etat équivalent sans risque. Il sert à comparer les valeurs relatives des différents instruments de taux.

Le spread de taux peut aussi correspondre à la marge perçue par la banque qui accorde un crédit. Dans ce cas, le spread est d'autant plus important que le risque client est élevé. Il correspond à la prime de risque

On peut valoriser l'obligation choisie soit à partir d'un spread donné et constaté sur le marché soit à travers un deuxième spread perturbé qui permet de mesurer l'effet de l'augmentation ou bien de la diminution de la prime du risque. Donc lorsque on choisit de valoriser les TCN on ajoute en plus des inputs déjà cités auparavant un spread choisi

## Chapitre III

# *Etudes des instruments de couverture: cas des options de change*

Dans ce chapitre on va entamer une description des options de change tout en réalisant un pricer d'options par le modèle de black and Sholes

## Chapitre 3

## études des options

L'innovation financière réalisée par l'option est la possibilité donnée aux trésoriers de se garantir un cours minimal de vente, ou maximale d'achat, de leurs devises, tout en conservant la possibilité de tirer profit d'une évolution favorable du marché.

### I généralités

#### I-1 Définition

Un contrat d'option donne à son acheteur le droit et non l'obligation d'acheter (call) ou de vendre (put), un actif financier (sous-jacent ou support) à un prix fixé dans le contrat (prix d'exercice ou strike) à une date convenue d'avance (échéance d'une option dite européenne) ou bien à tout moment jusqu'à cette même date (échéance d'une option américaine).

L'option de change est le terme utilisé pour désigner une option dont l'actif sous-jacent est une position en devises.

Les contreparties de ce contrat sont :

- Acheteur : détient le droit mais non l'obligation d'acheter ou de vendre l'actif sous-jacent et il paie la prime.
- Le vendeur : il a l'obligation d'acheter ou de vendre l'actif concerné, à la demande de l'acheteur de l'option et il reçoit la prime.

La prime versée lors de l'engagement reste la propriété du vendeur quelle que soit l'évolution ultérieure du prix de l'actif financier pris en référence.

#### I-2 Eléments constitutifs d'un contrat d'option

- a) Type : Call/Put
- b) Catégorie : américaine/européenne
- c) L'actif sous-jacent
- d) Le montant
- e) le prix de l'option de change : la prime : coût d'acquisition d'un contrat d'option devises.

L'acheteur paie une prime qui reste acquise par le vendeur que l'option soit ou non exercée. Elle est égale à la somme de la valeur intrinsèque et la valeur temps :

- La valeur intrinsèque : Elle est obtenue à toute instant par la différence entre le prix du support et le prix d'exercice pour un call, et par la différence entre le

prix d'exercice et le prix du support pour un put. Elle représente le bénéfice qui résulterait d'un exercice immédiat de l'option.

- La valeur temps : C'est le coût de la gestion de la couverture, que le vendeur subit et dont il réclame le paiement au acheteur. il est fonction de la durée et de la volatilité. elle rémunère le vendeur pour la probabilité de devoir supporter une évolution défavorable des cours du sous-jacent. De même, elle permet à l'acheteur de bénéficier d'une évolution favorable du sous jacent qui se traduit par une appréciation de la valeur de l'option, elle est maximale pour les options at the money et elle est égale à la prime pour les options out of the money. Elle est définie comme suit :

$$\text{La valeur temps} = \text{La prime} - \text{valeur intrinsèque}$$

Plus l'échéance de l'option est éloignée, plus la valeur temps est importante.

- f) Strike ou prix d'exercice : est le prix de la réalisation de l'opération (achat ou vente), déterminé dans le contrat. L'option est dite :
- A la monnaie (at the money) : si la valeur intrinsèque est nulle.
  - Dans la monnaie (in the money): si valeur intrinsèque est positive.
  - En dehors de la monnaie (out of money): si valeur intrinsèque est négative.
- g) **Période d'exercice ou échéance** : date limite à laquelle l'option pourra être exercée.
- L'option européenne ne peut être exercée qu'à échéance.
  - L'option américaine peut être exercée à tout moment pendant sa durée de validité

### I-3 Avantages d'une option

- Protection contre une évolution défavorable du spot.
- Possibilité de tirer profit d'une évolution favorable du spot en abandonnant l'option à maturité si le cours au comptant est meilleur.
- Possibilité de tirer profit d'une évolution intermédiaire favorable de la devise en revendant l'option et en figeant un terme pour la durée restant à courir.
- La souplesse de l'option permet de choisir son niveau de risque : plus le strike est en dehors de la monnaie, plus la prime à payer est réduite.
- Les solutions optionnelles restent dans un profil de couverture optimale. En outre, sur plusieurs couvertures, les résultats sont nettement meilleurs.

### I-4 Contraintes

- Produit nécessitant le paiement d'une commission : celle-ci varie en fonction du cours garanti, de l'échéance et de la volatilité de la devise.
- L'utilisation des options n'a intérêt que dans la mesure où l'on a affaire à des opérations en devises portant sur des montants importants, le gain réalisé devant compenser le montant de la prime versée.

## II présentation du modèle de black and Sholes pour la valorisation des options

C'est un modèle mathématique qui a, entre autres, révolutionné le monde de la finance.

Ainsi, on a tenté de comprendre le fonctionnement du modèle de Black&Sholes très utilisé sur les marchés financiers, afin de calculer le prix de divers produits financiers. On a aussi étendu ce modèle au cas des options de change et au cas des options versant une dividende.

### II-1-CAS D'UNE OPTION QUI NE VERSE PAS DE DIVIDENDES :

Soit un call  $C(t, S_t, T, K)$  de maturité  $T$ , Strike  $K$  sur un actif  $S_t$ . Soit  $B_t$  l'actif sans risque de rendement  $r$ . A la maturité ce call verse :  $C(t, S_t, T, K) = (S_T - K)_+ = \max(S_T - K; 0)$

$S_t$  suit le modèle brownien géométrique :

$$dS_t = S_t \mu dt + S_t \sigma dW_t$$

où  $\mu$  est le drift et sigma la volatilité du sous-jacent.

Sous  $Q$  probabilité risque neutre  $\left( \frac{C(t, S_t, T, K)}{B_t} \right)_{t \geq 0}$  est une martingale. On en déduit donc

le résultat suivant :  $C(t, S_t, T, K) = E_t^Q [e^{-r(T-t)} (S_T - K)_+]$

$$\text{Donc : } C(t, S_t, T, K) = S_t N(d_1) - e^{-r(T-t)} K N(d_2)$$

.où

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_t}{K}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

$N(d_1)$  étant la loi normale de  $d_1$ .

### 1-1-LE CALCUL DES GRECS OU SENSIBILITES:

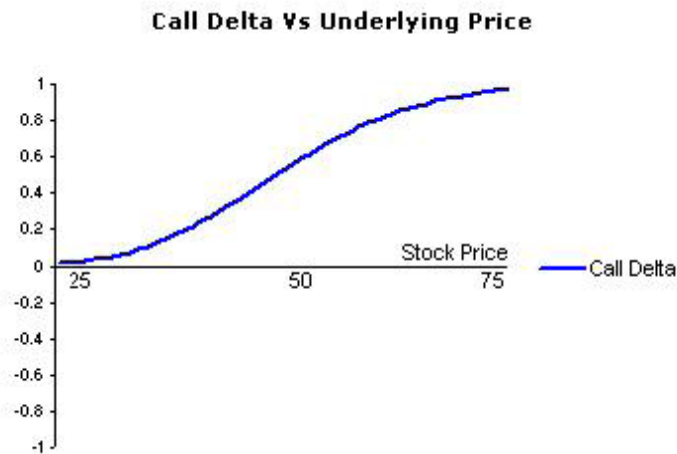
Au cœur du modèle de B&S on opère maintenant sur les sensibilités du call aussi connues sous le nom des grecs comme les dérivés partielles du prix du call suivant les différents paramètres.

#### 1-1-1-Delta :

Il est le premier des indicateurs pris en compte par le trader. Il traduit la sensibilité de l'option aux variations du prix du sous-jacent (de combien le prix de l'option varie-t-il quand le prix du sous-jacent varie d'une unité).

On trouve :  $\Delta = N(d_1)$

On remarque alors, que  $\Delta \in [0,1]$  (par propriété d'une densité de probabilité).



### **Graph 8 : la sensibilité de l'option suite aux variations du sous jacent**

Le delta revêt une importance particulière, notamment pour la couverture du portefeuille. Si on a une action, il faut, pour se couvrir, vendre à découvert  $1/\Delta$  calls pour avoir un portefeuille delta neutre. Cela vient du fait que, si le sous-jacent bouge de  $dS_t$ , alors on veut :

$$dS_t - s * dC_t = 0 \quad \text{alors } s = 1/\Delta .$$

De même, si on vend 1 call à découvert, il faut acheter  $\Delta$  actions. Pour que le portefeuille demeure couvert, il faut effectuer une couverture dynamique car le delta change à chaque fois que le prix de l'action se modifie.

#### **1-1-2-Gamma :**

Gamma correspond à la dérivé de delta par rapport au sous-jacent donc, si gamma est faible, il n'est pas risqué de garder son portefeuille delta couvert sans lui apporter de modification. Si, au contraire, gamma est grand, cela veut dire que delta varie beaucoup; donc on doit absolument changer dynamiquement sa couverture en delta. On trouve :

$$GAMMA = \frac{n(d_1)}{S_t \sigma \sqrt{T-t}}$$

$n(d_1)$  étant la loi normale de  $d_1$ .

Comme nous l'avons expliqué précédemment la couverture d'une position d'options avec un delta neutre exige un réajustement continu de la couverture, lié aux variations du delta.

L'impossibilité matérielle d'un traitement continu, rends la couverture delta neutre imparfaite et expose le gestionnaire à un risque de variation du delta.

Pour capter cette variation, le coefficient Gamma est conçu pour cette fin. c'est la sensibilité du delta, et il mesure la vitesse de variation de ce dernier, le degré de stabilité du delta et son aptitude à se trouver perturbé par une modification du cours du sous-jacent.

Si la variation réagit d'une manière négative aux variations du delta, cas des vendeurs d'options couverts à delta neutre, elle est qualifiée de gamma négatif.

Si, au contraire la variation réagit d'une manière positive aux variations du delta, cas des acheteurs d'options couverts à delta neutre, elle est qualifiée de gamma positif.

### 1-1-3-Thêta :

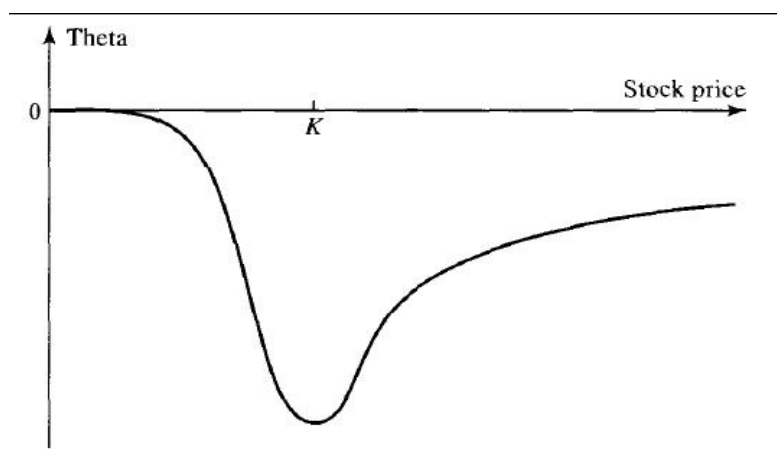
C'est la différentielle du prix du call par rapport au temps.

$$\theta = -\frac{S_t \sigma}{2\sqrt{T-t}} n(d_1) - r e^{-r(T-t)} KN(d_2)$$

Thêta mesure la sensibilité à l'écoulement du temps. Il définit la perte de valeur du call au cours du temps et est donc toujours négatif. En effet, comme le temps à la maturité se réduit, le call devient moins intéressant.

Nous avons alors en absence d'arbitrage la relation suivante entre les trois premiers grecs :

$$\theta + rS_t\Delta + \frac{1}{2}\sigma^2 S_t^2 \gamma - rC_t = 0$$



**Graphe 9 : trace de Thêta par rapport au prix du sous-jacent**

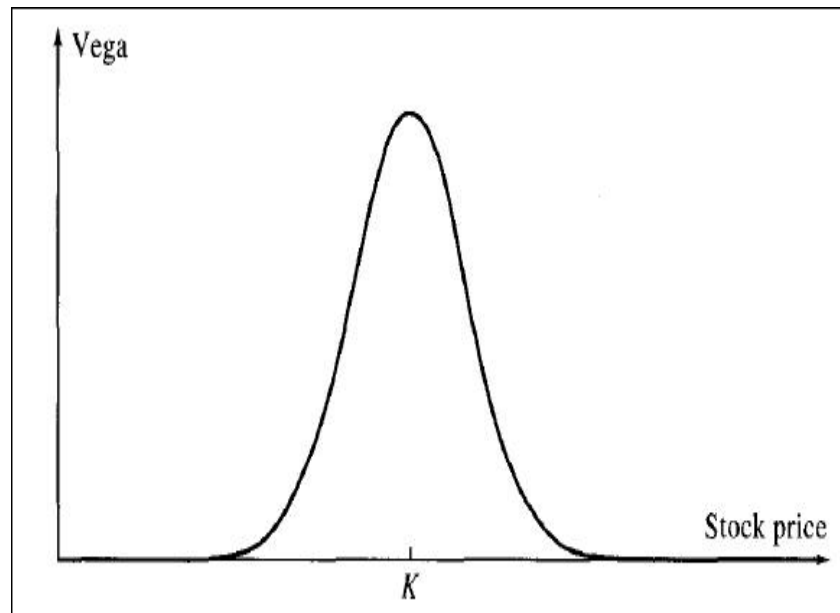
Cependant, contrairement au delta, thêta ne sert pas de couverture proprement dite. En effet, il paraît judicieux de se couvrir contre les fluctuations du prix du sous-jacent mais pas sur les effets de l'écoulement du temps.

#### 1-1-4-Véga :

Le Véga correspond à la sensibilité du call par rapport à la volatilité Implicite du prix de l'action.

$$Vega = S_t \sqrt{T - t} n(d_1)$$

La volatilité est un paramètre qui influe beaucoup sur le prix d'une option. C'est en fait la volatilité qui pourra amener le prix de l'action au dessus du prix d'exercice du call. On voit que plus Véga est grand, plus la valeur du call est sensible à des petits changements de volatilité.



**Graphe 10 :tracé de Véga par rapport au prix du sous-jacent**

On observe que le Véga est élevé à la monnaie, donc une faible modification de la volatilité implicite à la monnaie peut faire varier de façon non négligeable le prix du call. Alors si on veut un portefeuille Véga neutre, il faudra investir dans un autre actif mais nous ne pourrons conserver alors notre position gamma neutre. Alors si on veut posséder les deux en même temps, il faut investir en plus dans au moins deux autres actifs. Une couverture en Véga nous protège contre les modifications de la volatilité sigma au cours du temps.

### 1-1-5-Rhô :

Il représente la sensibilité du call au taux d'intérêt. Plus le taux d'intérêt est élevé, plus le prix du call l'est.

$$Rho = K(T - t)e^{-r(T-t)}N(d_2)$$

En effet, plus le taux d'intérêt est élevé, moins on veut emprunter pour investir. Ainsi il est plus intéressant de se positionner sur le call, ce qui fait grimper sa valeur.

## II-2-EXTENSION AUX MODELES DE GARMAN KOHLAGHAN ET MERTON:

L'intérêt de cette sous-section est de présenter les extensions du modèle de Black&Sholes pour les options de change et pour les actions versant un dividende.

### II-2-1-PROPOSITION DE GARMAN KOHLAGHAN :

Soit une option de change à l'achat  $C(t, S_t, T, K)$  de maturité  $T$ , strike  $K$ , et on note  $S_t$  un actif en monnaie étrangère.

Soit  $B_t^f$  l'actif sans risque de rendement  $r_f$  en monnaie étrangère.

Soit  $B_t^d$  l'actif sans risque de rendement  $r_d$  en monnaie domestique.

A la maturité on verse :  $C(t, S_t, T, K) = (S_T - K)_+$   $S_t$  suit un mouvement brownien géométrique :

$$dS_t = S_t \mu dt + S_t \sigma dW_t$$

où  $\mu$  est le drift et sigma la volatilité du sous-jacent.

Alors :

$$C(t, S_t, T, K) = E_t^Q [e^{-r_d(T-t)}(S_T - K)_+]$$

Donc :

$$C(t, S_t, T, K) = e^{-r_f(T-t)} S_t N(d_1) - e^{-r_d(T-t)} K N(d_2)$$

D'où :

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_t}{K}\right) + \left(r_d - r_f - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

Et les grecs sont données par :  $\Delta = e^{-r_f(T-t)} N(d_1)$

$$\gamma = \frac{n(d_1)e^{-r_f(T-t)}}{S_t \sigma \sqrt{T-t}}$$

$$\theta = -\frac{S_t \sigma e^{-r_f(T-t)}}{2\sqrt{T-t}} n(d_1) + r_f S_t N(d_1) e^{-r_f(T-t)} - r_d e^{-r_d(T-t)} K N(d_2)$$

$$Vega = S_t \sqrt{T-t} e^{-r_f(T-t)} n(d_1)$$

$$Rho = K(T-t)e^{-r_d(T-t)} N(d_2)$$

## II-2-2-PROPOSITION DE MERTON :

Soit une option de change à l'achat  $C(t, S_t, T, K)$  de maturité  $T$ , strike  $K$ , et on note  $S_t$  le sous-jacent de dividende  $q$ .

Soit  $B_t$  l'actif sans risque de rendement  $r$  en monnaie étrangère.

A la maturité on verse :  $C(t, S_t, T, K) = (S_T - K)_+$   $S_t$  suit un mouvement brownien géométrique où  $\mu$  est le drift et sigma la volatilité du sous-jacent.

$$dS_t = S_t \mu dt + S_t \sigma dW_t$$

Alors :

$$C(t, S_t, T, K) = E_t^Q [e^{-r(T-t)} (S_T - K)_+]$$

$$\text{Donc } C(t, S_t, T, K) = e^{-q(T-t)} S_t N(d_1) - e^{-r(T-t)} K N(d_2)$$

Où

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_t}{K}\right) + \left((r - q) + \frac{\sigma^2}{2}\right)(T - t)}{\sigma\sqrt{T - t}}$$

Et les grecs sont données par :

$$\Delta = e^{-q(T-t)} N(d_1)$$

$$\gamma = \frac{n(d_1) e^{-q(T-t)}}{S_t \sigma \sqrt{T - t}}$$

$$\theta = -\frac{S_t \sigma e^{-q(T-t)}}{2\sqrt{T - t}} n(d_1) + q S_t N(d_1) e^{-q(T-t)} - r e^{-r(T-t)} K N(d_2)$$

$$\text{Vega} = S_t \sqrt{T - t} e^{-q(T-t)} n(d_1)$$

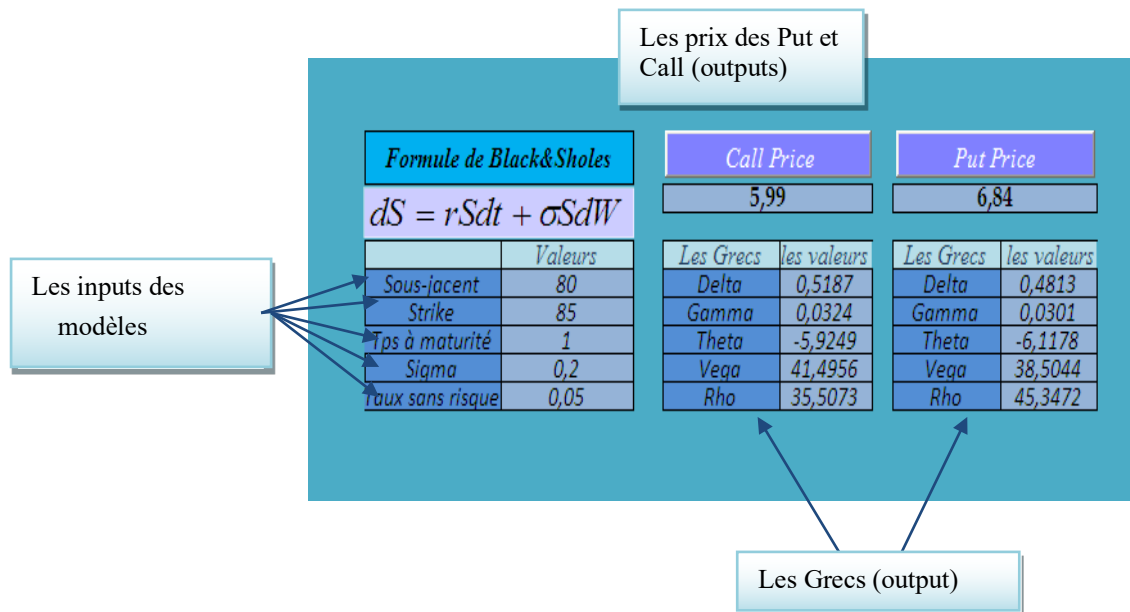
$$\text{Rho} = K(T - t) e^{-r(T-t)} N(d_2)$$

Nous passerons par la suite à la pratique de ces différentes notions dans l'élaboration d'un Pricer d'option sur obligations ;

## II-3-ELABORATION D'UN « PRICER » D'OPTIONS SUR OBLIGATIONS:

### II-3-1-L'INTERFACE DU « PRICER » :

L'interface de notre Pricer d'option sur VBA est présentée ci-dessous :



**Figure 12 : l'interface du pricer d'options**

### II- 3-2-INTERPRETATION DES RESULTATS :

Prenant le call par exemple, pour les inputs entrés on a obtenu comme résultats un :

$\Delta = 0,518 \in [0,1]$  Comme prévu. Pour avoir un portefeuille  $\Delta$  neutre nous devons  $1/0,518 \cong 2$  call.

$\Gamma = 0,032$  relativement faible ce qui tolère le fait qu'on garde notre portefeuille couvert.

$\Theta = -5,924$  ce qui est conforme avec la théorie relative au calcul de grecs.

$\text{Vega} = 41,49$  ce qui permet de dire que cette option est très sensible à la volatilité de l'obligation sous-jacente.

$\text{Rho} = 35,507$  donc si le taux augmente de 1% le prix de l'option augmentera d'à peu près 35,5%.

## Conclusion

Le projet de fin des études consiste en la mise en œuvre d'un outil d'aide à la décision destiné au gestionnaire du portefeuille obligataire. L'outil doit offrir la possibilité de mesurer le risque lié au portefeuille tout en mettant le point sur la relation liant le rendement et le risque d'un titre financier en tenant compte de sa nature

Pour arriver à cette fin, nous avons commencé par la réalisation d'un pricer qui permet la valorisation du portefeuille tout en tenant compte de la nature du titre valorisé

Dans un second lieu nous avons fait une analyse des indicateurs du risque et de la performance du portefeuille

Aussi nous avons développé une application qui permet de donner une idée sur les caractéristiques de chaque titre afin d'élaborer un modèle pour la négociation des obligations

Enfin nous avons introduit une solution afin de se couvrir contre le risque du marché il s'agit des options de change qu'on a essayé de valoriser tout en utilisant le modèle de Black and scholes

Ce projet a été une occasion précieuse de découvrir la caisse de dépôt et de gestion .Grace à laquelle nous avons consolidé nos connaissances, et développé un esprit d'équipe et d'ouverture sur l'autre

L'outil décisionnel que nous avons apporté pourrait subir des extensions par l'adaptation des autres approches de calcul de la value at risque à savoir l'approche paramétrique et l'approche Monte Carlo .Cela, constituerait une perspective de grande envergure

De même, le projet peut être étendu pour englober tous les autres types de risque

## **Annexe 1**

### **Sociétés de bourse**

Les sociétés de bourse sont des entreprises qui agissent pour le compte de leurs clients (clients, entreprises...) sur les marchés financiers. Elles sont seules habilitées à exécuter les transactions sur les valeurs mobilières inscrites à la Bourse des valeurs.

Elles ont comme missions :

- Placement des titres émis par des personnes morales faisant appel public à l'épargne.
- Assurer la garde des titres.
- Conseiller la clientèle.

Ces sociétés sont en nombre de 17 et sont :

- ✓ **ALMA FINANCE GROUP**
- ✓ **ARTBOURSE**
- ✓ **ATTIJARI INTERMEDIATION**
- ✓ **BMCE CAPITAL BOURSE**
- ✓ **BMCI BOURSE**
- ✓ **CAPITAL TRUST SECURITIES**
- ✓ **CDG CAPITAL BOURSE**
- ✓ **CFG MARCHES**
- ✓ **CREDIT DU MAROC CAPITAL**
- ✓ **EUROBOURSE**
- ✓ **FINERGY BOURSE**
- ✓ **ICF AL WASSIT**
- ✓ **INTEGRA BOURSE**
- ✓ **MAROC SERVICES INTERMEDIATION**
- ✓ **SOGEBOURSE**
- ✓ **UPLINE SECURITIES**
- ✓ **WAFABOURSE**

## ANNEXE 2

### CODE VBA

```

Function echeance(date_liquidation As Date, date_échéance As Date, date_emmission As Date, c As Integer) As Date
If CDate(date_échéance - date_emmission) <= 365 And CDate(date_échéance - date_emmission) > 0 And c = 1 Then
echeance = jouissance(date_emmission, date_échéance)
Else
  nbr_flux = 0
  date_flux = CDate(date_échéance)
  Do While date_flux > CDate(date_liquidation) And date_flux <> jouissance(date_emmission, date_échéance)
    nbr_flux = nbr_flux + 1
    date_flux = ajouter(date_flux, -1)
  Loop
  ReDim echeancier(1 To nbr_flux)

  For i = 1 To nbr_flux
    echeancier(i) = ajouter(CDate(date_échéance), i - nbr_flux)
  Next i
  echeance = echeancier(c)
End If
End Function

Function ajouter(ByVal d As Date, ByVal n As Integer) As Date
Dim y, M, j As Integer
j = Day(CDate(d))
M = Month(CDate(d))
y = Year(CDate(d))
ajouter = CDate(CStr(j) & "/" & CStr(M) & "/" & CStr(y + n))
End Function

Function trice(date_liquidation As Date, date_échéance As Date, taux As Double, nominal As Double, rendement As Double, date_emmission As Date) As Double
Dim flux(), maturit, p, M As Double
Dim i, nbr_flux, n As Integer
Dim date_flux, echeancier(), reference As Date
maturit = CDate(date_échéance - date_emmission)

***** Cas des maturités initiales < 365 *****
If maturit < 365 Then
  nbr_flux = 1
  ReDim flux(1 To nbr_flux)
  flux(1) = (nominal * (1 + taux * (maturit / 360))) / (1 + rendement * (CDate(date_échéance - date_liquidation) / 360))
  trice = flux(1)
Else
  ***** Cas des maturités initiales => 365 *****
  ***** Cas des maturités résiduelles <= 365 *****
  If CDate(date_échéance - date_liquidation) <= 365 Then
    nbr_flux = 1
    ReDim flux(1 To nbr_flux)
    flux(1) = (nominal * (1 + taux)) / (1 + rendement * (CDate(date_échéance - date_liquidation) / 360))
  
```

```

trice = flux(1)
***** Cas des maturités résiduelles => 365 *****
***** Calcul du nombre de flux *****
Else
  nbr_flux = 0
  date_flux = CDate(date_échéance)
  Do While date_flux > CDate(date_liquidation) And date_flux <> jouissance(date_emmission,
date_échéance)
    nbr_flux = nbr_flux + 1
    date_flux = ajouter(date_flux, -1)
  Loop
  ReDim flux(1 To nbr_flux)
  ReDim echeancier(1 To nbr_flux)
  For i = 1 To nbr_flux
    echeancier(i) = ajouter(CDate(date_échéance), i - nbr_flux)
  Next i
  If jouissance(date_emmission, date_échéance) <> date_emmission And date_liquidation <
jouissance(ajouter(date_emmission, 1), date_échéance) Then
    nbr_flux = nbr_flux
    flux(1) = ((nominal * taux * (echeancier(1) - date_emmission)) / (((1 + rendement) ^
((CDate(echeancier(1)) - date_liquidation) / IsBisextil(date_liquidation))))))
    flux(nbr_flux) = (nominal * (1 + taux)) / (1 + rendement) ^ (((echeancier(1) - date_liquidation) /
IsBisextil(date_liquidation)) + nbr_flux - 1)
    For i = 2 To nbr_flux - 1
      flux(i) = (nominal * taux) / (1 + rendement) ^ (((echeancier(1) - date_liquidation) /
IsBisextil(date_liquidation)) + i - 1)
    Next i
  Else
    For i = 2 To nbr_flux - 1
      flux(i) = (nominal * taux) / (1 + rendement) ^ (((echeancier(1) - date_liquidation) /
IsBisextil(date_liquidation)) + i - 1)
    Next i
    flux(nbr_flux) = (nominal * (1 + taux)) / (1 + rendement) ^ ((echeancier(1) - date_liquidation) /
IsBisextil(date_liquidation) + nbr_flux - 1)
    flux(1) = (nominal * taux) / (1 + rendement) ^ ((echeancier(1) - date_liquidation) /
IsBisextil(date_liquidation))
  End If
  p = 0
  For i = 1 To nbr_flux
    p = p + flux(i)
  Next i
  trice = p
End If
End If
End Function
Function IsBisextil(date_liquidation As Date) As Double
  If Year(date_liquidation) Mod 4 = 0 And (Year(date_liquidation) Mod 100 <> 0 Or Year(date_liquidation)
Mod 400 = 0) Then
    IsBisextil = 366
  Else
    IsBisextil = 365
  End If
End Function
Function dura(prix As Double, coupon As Integer, nominal As Double, interet As Double, taux As
Double) As Double

```

```
ReDim fluxe(1 To coupon)
Dim j As Integer
prix = 0
For j = 1 To coupon
fluxe(j) = flux(coupon, nominal, interet, j)
prix = prix + j * fluxe(j) / (1 + taux) ^ (j - 1)
Next
dura = prix / prix
End Function
Function flux(coupon As Integer, nominal As Double, interet As Double, c As Integer) As Double
ReDim fluxe(1 To coupon)
ReDim solde(0 To coupon)
Dim j As Integer
solde(0) = nominal
For j = 1 To c
fluxe(j) = nominal / coupon + solde(j - 1) * interet
solde(j) = solde(j - 1) - (nominal / coupon)
Next j
flux = fluxe(c)
End Function
Function jouissance(date_emmission As Date, date_échéance As Date) As Date
n = 0
jouissance = ajouter(CDate(date_emmission), n)
End Function
Function interpolation(X1 As Double, X2 As Double, Y1 As Double, Y2 As Double, X As Integer) As Double
interpolation = (Y1 - Y2) / (X1 - X2) * (X - X1) + Y1
End Function
```

## Annexe 3 : Pricing des obligations privées et des TCN

| ISIN         | le prix de valor uni | MI   | MR   | le nombre de coupons futurs | nbre de jours entre la date d'évaluation et le prochain coupon | flux1    | flux 2      | flux 3      | flux 4      | flux 5      | flux 6      |
|--------------|----------------------|------|------|-----------------------------|--|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| MA0000091019 | 1009,86              | 1826 | 706  | 2                           | 341  | 549      | 524,5       | #VALEUR!    | #VALEUR!    | #VALEUR!    | #VALEUR!    |
| MA0000091852 | 106,56               | 973  | 885  | 3                           | 155  | 39,90333 | 37,71333333 | 35,52333333 | #VALEUR!    | #VALEUR!    | #VALEUR!    |
| MA0000021354 | 922,80               | 1826 | 530  | 2                           | 165  | 544      | 522         | #VALEUR!    | #VALEUR!    | #VALEUR!    | #VALEUR!    |
| MA0000021446 | 95,68                | 1005 | 179  | 1                           | 179  | 105,5    | #VALEUR!    | #VALEUR!    | #VALEUR!    | #VALEUR!    | #VALEUR!    |
| MA0000021412 | 93490,11             | 1831 | 844  | 3                           | 114  | 38133,33 | 36533,33333 | 34933,33333 | #VALEUR!    | #VALEUR!    | #VALEUR!    |
| MA0000091118 | 93490,11             | 1831 | 844  | 3                           | 114  | 38133,33 | 36533,33333 | 34933,33333 | #VALEUR!    | #VALEUR!    | #VALEUR!    |
| MA0000091787 | 79317,44             | 1826 | 1616 | 5                           | 156  | 25120    | 24096       | 23072       | 22048       | 21024       | #VALEUR!    |
| MA0000091795 | 78804,07             | 1826 | 1616 | 5                           | 156  | 25770    | 24616       | 23462       | 22308       | 21154       | #VALEUR!    |
| MA0000021370 | 853,27               | 1826 | 706  | 2                           | 341  | 554      | 527         | #VALEUR!    | #VALEUR!    | #VALEUR!    | #VALEUR!    |
| MA0000091001 | 853,27               | 1826 | 706  | 2                           | 341  | 554      | 527         | #VALEUR!    | #VALEUR!    | #VALEUR!    | #VALEUR!    |
| MA0000091399 | 82616,31             | 1827 | 1288 | 4                           | 193  | 30260    | 28945       | 27630       | 26315       | #VALEUR!    | #VALEUR!    |
| MA0000091407 | 83429,35             | 1827 | 1288 | 4                           | 193  | 29720    | 28540       | 27360       | 26180       | #VALEUR!    | #VALEUR!    |
| MA0000090573 | 95125,18             | 2557 | 335  | 1                           | 335  | 103850   | #VALEUR!    | #VALEUR!    | #VALEUR!    | #VALEUR!    | #VALEUR!    |
| MA0000090508 | 89149,68             | 9131 | 6407 | 18                          | 202  | 9715,556 | 9484,44444  | 9253,33333  | 9022,22222  | 8791,11111  | 8560        |
| MA0000090672 | 86276,15             | 7305 | 5600 | 16                          | 125  | 11250    | 10937,5     | 10625       | 10312,5     | 10000       | 9687,5      |
| MA0000090730 | 95071,29             | 3652 | 2077 | 6                           | 252  | 21576,67 | 20758,33333 | 19940       | 19121,66667 | 18303,33333 | 17485       |
| MA0000090821 | 94506,56             | 3652 | 2146 | 6                           | 321  | 21366,67 | 20583,33333 | 19800       | 19016,66667 | 18233,33333 | 17450       |
| MA0000090904 | 96243,27             | 3652 | 2297 | 7                           | 107  | 18555,71 | 17945,71429 | 17335,71429 | 16725,71429 | 16115,71429 | 15505,71429 |
| MA0000090912 | 85304,33             | 7305 | 5950 | 17                          | 110  | 10742,35 | 10456,47059 | 10170,58824 | 9884,705882 | 9598,823529 | 9312,941176 |
| MA0000090953 | 94208,56             | 3652 | 2433 | 7                           | 243  | 18665,71 | 18040       | 17414,28571 | 16788,57143 | 16162,85714 | 15537,14286 |
| MA0000090961 | 82827,75             | 7305 | 6086 | 17                          | 246  | 10802,35 | 10512,94118 | 10223,52941 | 9934,117647 | 9644,705882 | 9355,294118 |
| MA0000091027 | 85338,42             | 7305 | 6237 | 18                          | 32   | 10515,56 | 10240       | 9964,44444  | 9688,88889  | 9413,333333 | 9137,777778 |
| MA0000091035 | 84945,70             | 7305 | 6237 | 18                          | 32   | 10525,56 | 10249,44444 | 9973,333333 | 9697,222222 | 9421,111111 | 9145        |
| MA0000091183 | 94639,18             | 7305 | 6454 | 18                          | 249  | 10205,56 | 9947,222222 | 9688,888889 | 9430,555556 | 9172,222222 | 8913,888889 |
| MA0000091191 | 89290,01             | 7305 | 6454 | 18                          | 249  | 10305,56 | 10041,66667 | 9777,777778 | 9513,888889 | 9250        | 8986,111111 |
| MA0000091209 | 87794,95             | 7305 | 6454 | 18                          | 249  | 10335,56 | 10070       | 9804,444444 | 9538,888889 | 9273,333333 | 9007,777778 |
| MA0000091217 | 87307,16             | 7305 | 6454 | 18                          | 249  | 10345,56 | 10079,44444 | 9813,333333 | 9547,222222 | 9281,111111 | 9015        |
| MA0000091332 | 101875,78            | 7305 | 6594 | 19                          | 24   | 9813,158 | 9573,684211 | 9334,210526 | 9094,736842 | 8855,263158 | 8615,789474 |
| MA0000091340 | 100105,65            | 7305 | 6594 | 19                          | 24   | 9843,158 | 9602,105263 | 9361,052632 | 9120        | 8878,947368 | 8637,894737 |
| MA0000091431 | 96448,70             | 7305 | 6783 | 19                          | 213  | 9853,158 | 9611,578947 | 9370        | 9128,421053 | 8886,842105 | 8645,263158 |
| MA0000091449 | 95850,48             | 7305 | 6783 | 19                          | 213  | 9863,158 | 9621,052632 | 9378,947368 | 9136,842105 | 8894,736842 | 8652,631579 |
| MA0000091456 | 94674,69             | 7308 | 6783 | 19                          | 213  | 9883,158 | 9640        | 9396,842105 | 9153,684211 | 8910,526316 | 8667,368421 |
| MA0000091464 | 93525,75             | 7305 | 6783 | 19                          | 213  | 9903,158 | 9658,947368 | 9414,736842 | 9170,526316 | 8926,315789 | 8682,105263 |
| MA0000091563 | 108230,11            | 7305 | 6958 | 20                          | 23   | 9690     | 9455,5      | 9221        | 8986,5      | 8752        | 8517,5      |
| MA0000091571 | 104851,29            | 7305 | 6958 | 20                          | 23   | 9740     | 9503        | 9266        | 9029        | 8792        | 8555        |
| MA0000091589 | 104200,19            | 7305 | 6958 | 20                          | 23   | 9750     | 9512,5      | 9275        | 9037,5      | 8800        | 8562,5      |
| MA0000091597 | 101061,35            | 7305 | 6958 | 20                          | 23   | 9800     | 9560        | 9320        | 9080        | 8840        | 8600        |
| MA0000091605 | 95866,83             | 7305 | 6958 | 20                          | 23   | 9890     | 9645,5      | 9401        | 9156,5      | 8912        | 8667,5      |
| MA0000091613 | 95323,23             | 7305 | 6958 | 20                          | 23   | 9900     | 9655        | 9410        | 9165        | 8920        | 8675        |
| MA0000091621 | 92698,80             | 7305 | 6958 | 20                          | 23   | 9950     | 9702,5      | 9455        | 9207,5      | 8960        | 8712,5      |
| MA0000091639 | 90706,33             | 7305 | 6958 | 20                          | 23   | 9990     | 9740,5      | 9491        | 9241,5      | 8992        | 8742,5      |
| MA0000091647 | 90222,39             | 7305 | 6958 | 20                          | 23   | 10000    | 9750        | 9500        | 9250        | 9000        | 8750        |
| MA0000091860 | 97989,96             | 3652 | 3543 | 10                          | 258  | 15090    | 14581       | 14072       | 13563       | 13054       | 12545       |
| MA0000091878 | 82901,45             | 7305 | 7196 | 20                          | 261  | 10380    | 10111       | 9842        | 9573        | 9304        | 9035        |
| MA0000091373 | 93826,24             | 1097 | 458  | 2                           | 93   | 55450    | 52725       | #VALEUR!    | #VALEUR!    | #VALEUR!    | #VALEUR!    |
| MA0000021560 | 83355,35             | 1826 | 1560 | 5                           | 100  | 25380    | 24304       | 23228       | 22152       | 21076       | #VALEUR!    |
| MA0000091738 | 83267,91             | 1826 | 1560 | 5                           | 100  | 24780    | 23824       | 22868       | 21912       | 20956       | #VALEUR!    |

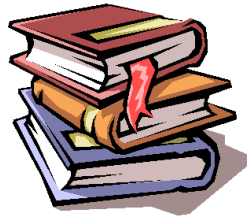
| <i>ISIN</i>  | <i>le prix</i> | <i>MI</i> | <i>MR</i> | <i>taux interpolé</i> | <i>nbre de coupons futurs</i> | <i>nbre de jours entre la date de valorisation et le prochain coupon</i> |
|--------------|----------------|-----------|-----------|-----------------------|-------------------------------|--|
| MA0001403692 | 95892,27915    | 364       | 236       | 0,043271429           | 1                             | 236  |
| MA0001403734 | 94837,8624     | 364       | 253       | 0,043408036           | 1                             | 253  |
| MA0001403775 | 93820,00626    | 364       | 272       | 0,043560714           | 1                             | 272  |
| MA0001505405 | 91762,28214    | 1826      | 607       | 0,044341493           | 2                             | 242  |
| MA0001506031 | 103102,0408    | 1096      | 47        | 0,041886957           | 1                             | 47   |
| MA0001506734 | 96817,61209    | 2557      | 1688      | 0,045997882           | 5                             | 228  |
| MA0001507062 | 91308,13549    | 1461      | 663       | 0,044274004           | 2                             | 298  |
| MA0001507658 | 92249,74555    | 1462      | 802       | 0,04420873            | 3                             | 72   |
| MA0001508201 | 99082,2918     | 731       | 207       | 0,043038393           | 1                             | 207  |
| MA0001508342 | 81812,86589    | 1827      | 1330      | 0,045259361           | 4                             | 235  |
| MA0001508565 | 96802,30048    | 731       | 274       | 0,043576786           | 1                             | 274  |
| MA0001508946 | 95735,35652    | 731       | 330       | 0,044026786           | 1                             | 330  |
| MA0001508987 | 95740,54437    | 731       | 333       | 0,044050893           | 1                             | 333  |
| MA0001509027 | 95650,00601    | 731       | 340       | 0,044107143           | 1                             | 340  |
| MA0001509191 | 104002,1912    | 364       | 4         | 0,041                 | 1                             | 4  |
| MA0001509209 | 100250,242     | 731       | 372       | 0,044891511           | 2                             | 7  |
| MA0001509373 | 78606,03044    | 2191      | 1854      | 0,046232235           | 6                             | 29   |
| MA0001509381 | 99697,83972    | 730       | 393       | 0,044824448           | 2                             | 28   |
| MA0001509399 | 95062,74924    | 1094      | 757       | 0,044214091           | 3                             | 27   |
| MA0001509662 | 102273,0288    | 365       | 71        | 0,04126087            | 1                             | 71   |
| MA0001509852 | 96728,98128    | 731       | 466       | 0,044618983           | 2                             | 101  |
| MA0001509860 | 101035,6798    | 364       | 102       | 0,041525641           | 1                             | 102  |
| MA0001509936 | 86181,02518    | 730       | 490       | 0,044560727           | 2                             | 125  |
| MA0001510140 | 95009,28096    | 730       | 538       | 0,044457858           | 2                             | 173  |
| MA0001510173 | 99177,42431    | 364       | 186       | 0,042869643           | 1                             | 186  |
| MA0001511163 | 96899,45519    | 364       | 309       | 0,043858036           | 1                             | 309  |
| MA0001511189 | 100269,1456    | 91        | 36        | 0,042173913           | 1                             | 36   |
| MA0001004417 | 99342,21567    | 1826      | 228       | 0,043207143           | 1                             | 228  |
| MA0001005398 | 92653,8127     | 1827      | 1322      | 0,045235381           | 4                             | 227  |
| MA0001509639 | 102495,2137    | 364       | 64        | 0,041443478           | 1                             | 64   |
| MA0001509787 | 101786,7378    | 364       | 92        | 0,041275              | 1                             | 92   |
| MA0001510579 | 101158,1007    | 91        | -10       | 0,041                 | 0                             | -10  |
| MA0001510587 | 100343,403     | 182       | 81        | 0,041                 | 1                             | 81   |
| MA0001511213 | 100470,6765    | 92        | 40        | 0,042069565           | 1                             | 40   |
| MA0001506841 | 97960,59774    | 1096      | 247       | 0,043359821           | 1                             | 247  |
| MA0001506874 | 97806,27691    | 1096      | 257       | 0,043440179           | 1                             | 257  |
| MA0001506965 | 97695,60743    | 1098      | 270       | 0,043544643           | 1                             | 270  |
| MA0001508888 | 96150,50304    | 731       | 312       | 0,043882143           | 1                             | 312  |
| MA0001509282 | 103835,8171    | 364       | 14        | 0,041                 | 1                             | 14   |
| MA0001509308 | 103737,8691    | 364       | 18        | 0,040857143           | 1                             | 18   |
| MA0001509357 | 103653,5124    | 364       | 21        | 0,04075               | 1                             | 21   |
| MA0001509498 | 102667,9489    | 364       | 53        | 0,041730435           | 1                             | 53   |
| MA0001509522 | 102603,9558    | 364       | 56        | 0,041652174           | 1                             | 56   |
| MA0001510322 | 101036,2693    | 182       | 43        | 0,041991304           | 1                             | 43   |
| MA0001510330 | 98961,45176    | 364       | 225       | 0,043183036           | 1                             | 225  |
| MA0001510348 | 93697,76995    | 730       | 591       | 0,044365192           | 2                             | 226  |
| MA0001510363 | 98832,65024    | 364       | 230       | 0,043223214           | 1                             | 230  |

## Annexe 4

| <i>obligation</i> | <i>rendement interpolé</i> | <i>MI</i> | <i>MR</i> | <i>taux facial</i> | <i>sensibilité</i> | <i>convexité</i> |
|-------------------|----------------------------|-----------|-----------|--------------------|--------------------|------------------|
| MA0002002527      | 0,041991304                | 5108      | 74        | 9,15               | 0,96451441         | 1,77668537       |
| MA0002002600      | 0,041679487                | 5173      | 139       | 8,95               | 0,97199173         | 1,79153106       |
| MA0002002618      | 0,041679487                | 5173      | 139       | 9                  | 0,97199173         | 1,79153106       |
| MA0002002709      | 0,043086607                | 5278      | 244       | 8,85               | 0,98313304         | 1,80718057       |
| MA0002002766      | 0,043930357                | 5383      | 349       | 8,5                | 0,99509047         | 1,82620492       |
| MA0002002790      | 0,044083036                | 5402      | 368       | 8,5                | 0,9973025          | 1,82972922       |
| MA0002002881      | 0,044714964                | 5495      | 461       | 8                  | 1,3977545          | 3,38171447       |
| MA0002003012      | 0,044507028                | 5579      | 545       | 7,15               | 1,41861461         | 3,4356617        |
| MA0002003087      | 0,044315907                | 5485      | 657       | 5,9                | 1,44795598         | 3,51122323       |
| MA0002003350      | 0,04420986                 | 5484      | 808       | 6,25               | 1,83377383         | 5,51127337       |
| MA0002003889      | 0,048631429                | 7311      | 2831      | 7,25               | 3,69443102         | 20,9688609       |
| MA0002005546      | 0,045667027                | 5487      | 1497      | 7,1                | 2,57209147         | 10,5826382       |
| MA0002005884      | 0,046037412                | 5485      | 1747      | 6,9                | 2,662672           | 10,9518596       |
| MA0002006155      | 0,041                      | 3659      | 5         | 5,9                | #VALEUR!           | #VALEUR!         |
| MA0002006643      | 0,042012821                | 3659      | 152       | 5,8                | 0,97323272         | 1,79267092       |
| MA0002006684      | 0,046489283                | 5485      | 1992      | 6,2                | 3,03861142         | 14,1739555       |
| MA0002006957      | 0,047233584                | 5486      | 2224      | 5,85               | 3,37980591         | 17,5776936       |
| MA0002007070      | 0,0447206                  | 3658      | 459       | 5,2                | 1,41982138         | 3,44199339       |
| MA0002007088      | 0,047368908                | 5484      | 2285      | 5,8                | 3,41100724         | 17,7375589       |
| MA0002007096      | 0,050683594                | 7311      | 4112      | 6,1                | 5,02081435         | 38,5056876       |
| MA0002007146      | 0,044542323                | 3658      | 529       | 5,15               | 1,43228973         | 3,47358563       |
| MA0002007195      | 0,044440581                | 3658      | 578       | 4,95               | 1,44243767         | 3,4994301        |
| MA0002007203      | 0,047720249                | 5484      | 2404      | 5,6                | 3,48370486         | 18,1142977       |
| MA0002007328      | 0,048007692                | 5484      | 2481      | 5,5                | 3,5293544          | 18,3460422       |
| MA0002007492      | 0,044225008                | 3658      | 760       | 4,9                | 1,47440085         | 3,57864935       |

Bibliographie

# Bibliographie



- Hull, J.C. (2005). options, Futures and Other Derivatives. **Disponible** à la bibliothèque de INSEA.
  - Bourbonnais R(2000), *Econométrie*, DUNOD
  - Pascal GRANDIN, Georges HUBNER, MARIE LAMBERT, *Performance de portefeuille*, PEARSON EDUCATION
  - Bertrand JACQUILLAT, Bruno SOLNIK, *Marchés financiers –Gestion de portefeuille et des risques*
  - [www.cperformance.com](http://www.cperformance.com)
  - [www.invest.gouv.ma](http://www.invest.gouv.ma)
  - [www.study.com](http://www.study.com)
  - [www.leconomiste.com](http://www.leconomiste.com)
  - [www.bkam.com](http://www.bkam.com)
  - [www.lafinancepourtous.com](http://www.lafinancepourtous.com)
  - [www.cdgcapital.ma](http://www.cdgcapital.ma)
  - [www.cdvm.ma](http://www.cdvm.ma)
- notes de cours**
- M. TAAMOUTI : *Gestion de portefeuille et Marchés financiers*, INSEA.
  - A.ABDELLAOUI : *Simulation*, INSEA.
  - L. Achy, *réglementation et organisation du marché financier marocain*, INSEA.
  - M.EL Qalli, *économétrie de la finance*, INSEA
- Mémoires utilisées**
- Mansouri Salim, Estimation de la structure par terme des taux d'intérêt, Projet de fin d'études, INSEA, 2012.