

RAPPORT DE STAGE DE FIN D'ETUDES

Assistance à la mise en place de la solution MX.3 sur
la partie Front Office



Réalisé par : Samah SMITI

Maître de stage : Antoine Guillemard

Tuteur universitaire : Laurent TOURNIER

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de ce stage. Tout d'abord, j'adresse mes remerciements à mon maître de stage, Antoine Guillemard, pour son accueil chaleureux, son professionnalisme et sa bonne humeur. Je le remercie pour la confiance qui m'a accordée en me confiant des tâches intéressantes.

Je remercie particulièrement tous les membres du projet SIGMA pour leur disponibilité, leurs conseils avisés qui m'ont permis d'avancer dans le projet. Une pensée particulière à Emmanuelle pour sa bienveillance et sa bonne humeur.

Je tiens à remercier l'ensemble des collaborateurs avec qui j'ai eu la chance de travailler sur les différentes missions de ce stage. Ils se sont rendus disponibles à tous instants et ont toujours été à l'écoute.

Enfin, je remercie toute l'équipe de la MACS pour leur soutien et leurs conseils. Merci de nous avoir fait partager votre passion pour les mathématiques appliquées.

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, qui ont eu confiance en moi, je leur adresse mes sincères remerciements.

Table des matières :

Remerciements	2
Introduction	4
I. Présentation de la Caisse des dépôts	5
1. Etablissement public.....	5
2. Les métiers de la caisse des dépôts	9
3. Les missions de la caisse des dépôts	12
II. La direction des systèmes d'information	12
1. Domaine d'intervention	12
2. Projet SIGMA.....	13
2.1 Plan du projet.....	13
2.2 Organigramme	14
III. Les outils.....	15
1. Murex	15
2. Excel.....	16
3. Bloomberg.....	16
IV. Les instruments financiers	18
1. IRS : les swaps de taux	18
1.1 Définition.....	18
1.2 Pricing des IRS	19
2. Swaption.....	20
2.1 Définition.....	20
2.2 Pricing d'une swaption	20
3. Currency Swap	23
3.1 Définition	23
4. Swap d'inflation	24
4.1 Définition	24
4.2 Payoff d'un swap d'inflation	24
4.3 Exemple	25
5. Courbe des taux	26
5.1 Définition	26
5.2 Interpolation linéaire	27
5.3 Calibration de la courbe des taux.....	28
5.3.1 Introduction à la calibration	28
5.3.2 Définir l'équation	28
5.3.3 Résoudre le problème.....	29
V. Missions : De user story à scénario de test	33
1. User story	33
2. Critère d'acceptation	34
3. Jeu de données	38
4. Fiche de test	39
4.1 Objectif du test	39
4.2 Processus du test	40
4.3 Exemple d'un test	40
Conclusion	42

Introduction

J'ai effectué mon stage de fin d'études entre la caisse des dépôts et l'éditeur de logiciel Murex. J'ai rejoint l'équipe SIGMA qui travaille sur les produits de taux.

Durant les 6 mois de stage, j'ai travaillé avec l'équipe Front office sur la conception et la validation de l'implémentation Murex sur le chantier produits de taux et dérivées de taux.

Je commencerai ce rapport par une présentation de la Caisse des dépôts, ses métiers et ses missions.

Dans une seconde partie, j'introduirai les principaux instruments financiers utilisés durant les 6 mois de stages

Dans la dernière partie, j'exposerai les différentes missions qui m'ont été confiée

I. Présentation de la Caisse des dépôts :

1. Etablissement public :

La Caisse des Dépôts (le « pouvoir adjudicateur » ou la « CDC » dans la suite du document) est régie par le code monétaire et financier qui définit ses missions :

"La Caisse des dépôts et consignations et ses filiales constituent un groupe public au service de l'intérêt général et du développement économique du pays. Ce groupe remplit des missions d'intérêt général en appui des politiques publiques conduites par l'Etat et les collectivités locales et peut exercer des activités concurrentielles."

La caisse des dépôts présente un modèle unique par rapport aux autres banques :

En effet :

LE DIRECTEUR GÉNÉRAL

Nommé par le Président de la République, après validation des deux chambres du Parlement, il est **autonome dans sa gestion**.

LE PARLEMENT FRANÇAIS

La Caisse des Dépôts est placée **sous la surveillance et la garantie du Parlement**, afin d'éviter toute mainmise de l'exécutif sur ses ressources.

LA COMMISSION DE SURVEILLANCE

Composée de **13 membres dont 5 parlementaires**. Présidée par un député, elle valide toutes les décisions majeures du Groupe.

- RESSOURCES -



PROTECTION ET GESTION

des **42 Md€** qui lui sont confiés (fonds détenus **par les notaires** : successions et transactions immobilières, gestion des sommes reçues **par les administrateurs et mandataires judiciaires**).

CENTRALISE L'ÉPARGNE COLLECTÉE

245 Md€



par tous les réseaux bancaires (**Livret A et LDDS**) et la transforme en prêts à très long terme.

UN GROUPE - ENGAGÉ -

**1 ÉTABLISSEMENT
PUBLIC**

(la Caisse des Dépôts) comprenant

**16 DIRECTIONS
RÉGIONALES**

un Groupe avec
**14 PARTICIPATIONS
STRATÉGIQUES**

présentes dans 70 pays et

**120 000
COLLABORATEURS**



- La Caisse des dépôts participe à une contribution majeure au budget de l'état :

1,6 Md€
versé à l'Etat au titre de 2018



- prélèvement sur Fonds d'Épargne :
543 M€ en 2018 contre 575 M€ en 2017
- versement au titre du résultat net consolidé Groupe :
914 M€ contre 753 M€ en 2017
- contribution représentative de l'IS :
117 M€ contre 576 M€ en 2017

- La caisse des dépôts contribue à la réduction inégalités territoriales et sociales.

Pour réduire les inégalités territoriales et sociales, la CDC agit :

- Pour l'économie française
- Pour la cohésion sociale
- Pour l'attractivité de tous les territoires

AGIR POUR L'ÉCONOMIE
- FRANÇAISE -



16 Md€
investit dans la TEE
par la Caisse des Dépôts et
Bpifrance entre 2018 et 2020

Investisseur de
LONG TERME

Présent de manière pérenne
au capital de nombreuses
**ENTREPRISES
COTÉES**



Gestionnaire des assurances
Prévoyance et Protection de

**38 MILLIONS
DE FRANÇAIS**



**GÈRE LA RETRAITE
D'1 FRANÇAIS SUR 5**



LIVRET A
LDDS
LEP

**PROTÈGE
L'ÉPARGNE
DES FRANÇAIS**

33 millions de

**COMPTES
PERSONNELS
DE FORMATION
ALIMENTÉS**

AGIR POUR L'ATTRACTIVITÉ
- DE TOUS LES TERRITOIRES -

ENVIRONNEMENT



Le Groupe a financé
les besoins en énergie
renouvelable de

**8 MILLIONS
DE FRANÇAIS**

TERRITOIRES



1,9Md€ de

**PRÊTS
AU SECTEUR
PUBLIC LOCAL**

TOURISME



**22,9 MILLIONS
DE VISITES**

dans les sites de
la Compagnie des Alpes

LOGEMENT



1 FRANÇAIS SUR 6
habite dans un logement
social construit ou financé
par le Groupe

ENVIRONNEMENT

**38 000
LOGEMENTS
RÉHABILITÉS
THERMIQUEMENT**

grâce aux
éco-prêts signés



NUMÉRIQUE

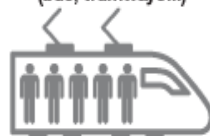


**1,7 MILLION
DE FOYERS
COUVERTS EN
HD & THD**

TRANSPORT

**3,5 MILLIARDS
DE PASSAGERS**

transportés via Transdev
(bus, tramways...)



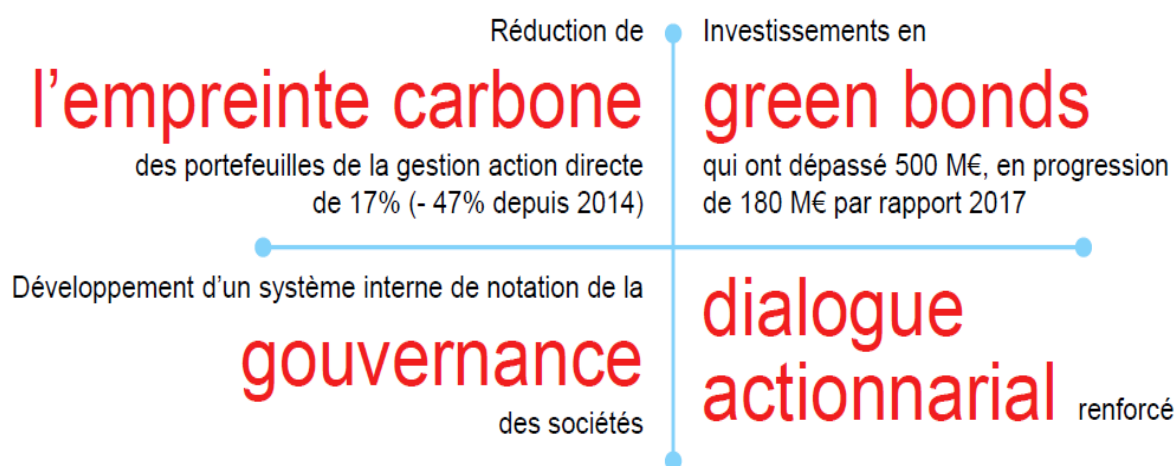
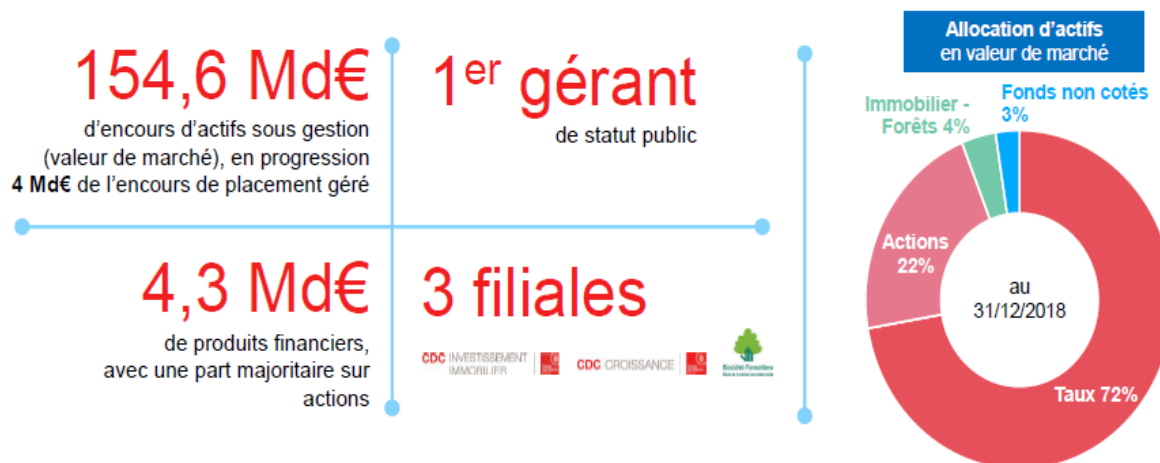
ENTREPRISES



**85 000
ENTREPRISES**

financées par Bpifrance

- La caisse des dépôts se focalise sur le métier de Gestion d'actifs pour financer notre économie



2. Les métiers de la caisse des dépôts :

La Caisse des dépôts joue un rôle unique dans le pays. Elle est un investisseur de long terme, reconnue pour son expertise dans la gestion des mandats, qui contribue avec ses filiales, dans le respect de ses intérêts patrimoniaux, au développement des territoires et à lutter contre les inégalités.

Les 5 métiers de la Caisse des dépôts sont :



Banque des
Territoires



Filiales et
participations



Retraites & formation
professionnelle



Gestions d'actifs



Financement
des entreprises

- Le métier des retraites et de la formation professionnelle :

La Caisse des Dépôts gère les retraites d'un français sur 5. Elle gère également pour le compte de l'Etat le compte personnel de formation qui, demain concernera près de 40 millions d'actifs

- Le métier de gestions d'actifs :

La Caisse des Dépôts est un investisseur institutionnel majeur en France et en Europe. C'est un acteur engagé en faveur de la finance verte.

- Les métiers de financement et d'investissement dans les entreprises :

Bpifrance, filiale de la Caisse des Dépôts, contribue au développement économique du pays en soutenant les entreprises et leurs projets de croissance, quelle que soit leur taille. La Caisse des Dépôts est également le 1er financeur en fonds propres de l'économie sociale et solidaire. 5 Interne

- Les métiers d'action en faveur des territoires avec la Banque des Territoires :

Créée en 2018, elle rassemble dans une même structure les expertises internes à destination des territoires. Porte d'entrée client unique, elle propose des solutions sur mesure de conseil et de financement en prêts et en investissement pour répondre aux besoins des collectivités locales, des organismes de logement social, des établissements publics locaux et des professions juridiques.

La Banque des Territoires est une marque déployée dans les 16 directions régionales et les 35 implantations territoriales de la Caisse des Dépôts afin d'être mieux identifiée auprès de ses clients, avec l'ambition de lutter contre les inégalités sociales et les fractures territoriales. Banquier du service public de la Justice et de la Sécurité sociale, la Caisse des Dépôts, via la Banque des Territoires, gère et protège les fonds privés confiés aux professions juridiques et à des organismes d'intérêt général. Elle est également le banquier de la Sécurité sociale.

- Les filiales et les participations stratégiques :

Elles exercent des activités sur toute la chaîne de valeur de l'aménagement du territoire, du logement, du transport, des énergies renouvelables et sont présentes dans le quotidien des Français. Aujourd'hui, les filiales et participations stratégiques de la Caisse des Dépôts sont notamment actives dans les domaines suivants : entreprises (Bpifrance), logement et immobilier (Icade, CDC habitat), assurance (CNP Assurances), infrastructures et transport

(Egis, Scet, Transdev), écologie et énergie (CDC Biodiversité, Société Forestière), tourisme et loisirs (La Compagnie des Alpes) ou numérique (Informatique CDC, CDC Arkhinéo).

La Caisse des Dépôts et ses filiales forment un Groupe et non un simple conglomérat de participations stratégiques. Le Groupe compte près de 120 000 collaborateurs, dont 6 500 pour l'établissement public. Pour mettre en œuvre ses cinq métiers, la Caisse des Dépôts s'appuie sur l'établissement public organisé autour de directions opérationnelles, d'un réseau de directions régionales et de fonctions Groupe :

➤ **Les directions opérationnelles :**

- o La banque des territoires composée de :
 - ✓ La direction des clientèles bancaires
 - ✓ La direction de l'investissement
 - ✓ La direction des prêts
 - ✓ Un réseau territorial transverse avec la direction du réseau
- o La direction des fonds d'épargne ;
- o La direction des retraites et de la solidarité ;
- o La Caisse générale, direction de l'exécution des opérations financières.

➤ **Les fonctions Groupe :**

- o Le pôle finances :
- o La direction de l'audit interne du Groupe ;
- o La direction juridique et fiscale et services associés ;
- o La direction du contrôle permanent et de la conformité du Groupe ;
- o La direction des risques o La direction de la communication du Groupe ;
- o La direction des ressources humaines du Groupe ;
- o Le secrétariat général du Groupe.

3. Les missions de la caisse des dépôts :

La Caisse des Dépôts centralise et gère une partie importante de l'épargne sur livret (Livret A, LEP, LDD...).

Sur cette ressource, elle finance la construction et la rénovation du logement social en France ainsi que d'autres priorités publiques et finance les collectivités locales à hauteur de 20 Md€ sur la période 2013 – 2017.

En outre, elle investit dans des projets immobiliers et d'infrastructures contribuant, aux côtés des collectivités locales, au développement territorial.

Banquier du service public de la Justice et de la Sécurité sociale, elle gère et protège les fonds privés confiés aux professions juridiques et à des organismes d'intérêt général.

Gestionnaire de plus de 48 régimes de retraite et de solidarité, elle couvre 7,5 millions de cotisants et 3,5 millions de retraités.

A cela s'ajoute, la caisse des dépôts est un investisseur institutionnel majeur en France et en Europe. Opérateur du Programme d'Investissements d'Avenir portant sur des dispositifs cohérents avec ses priorités et son expertise.

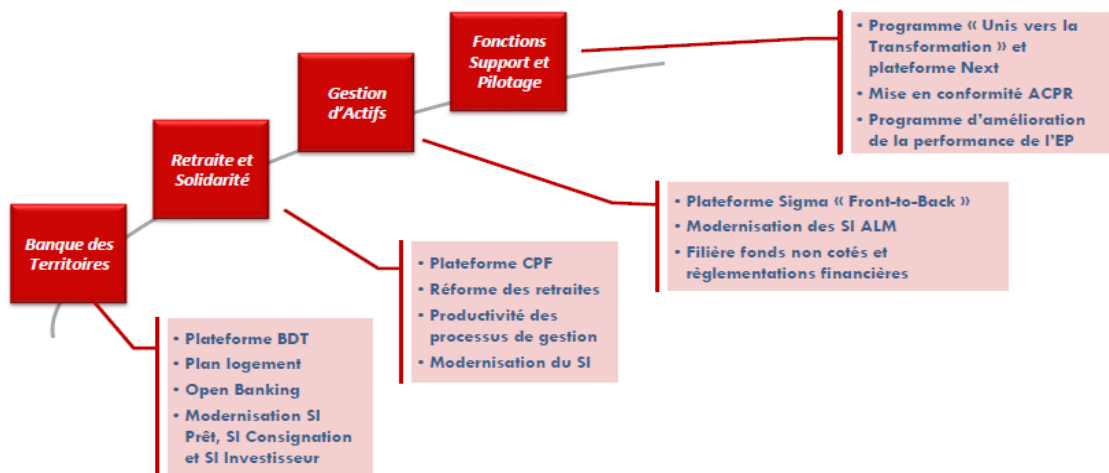
II. La Direction des Systèmes d'information :

1. Domaine d'intervention :

Au sein du Secrétariat Général, la Direction des Systèmes d'Information (DSI) définit avec et pour le compte des métiers, la stratégie des systèmes d'information de l'EP et met en œuvre les moyens financiers et opérationnels pour l'ensemble de la filière SI dans ses fonctions de MOA et de MOE.

Les compétences des métiers sont représentées au travers de domaines fonctionnels, complétés par des fonctions d'appui. Les enjeux de la DSI :

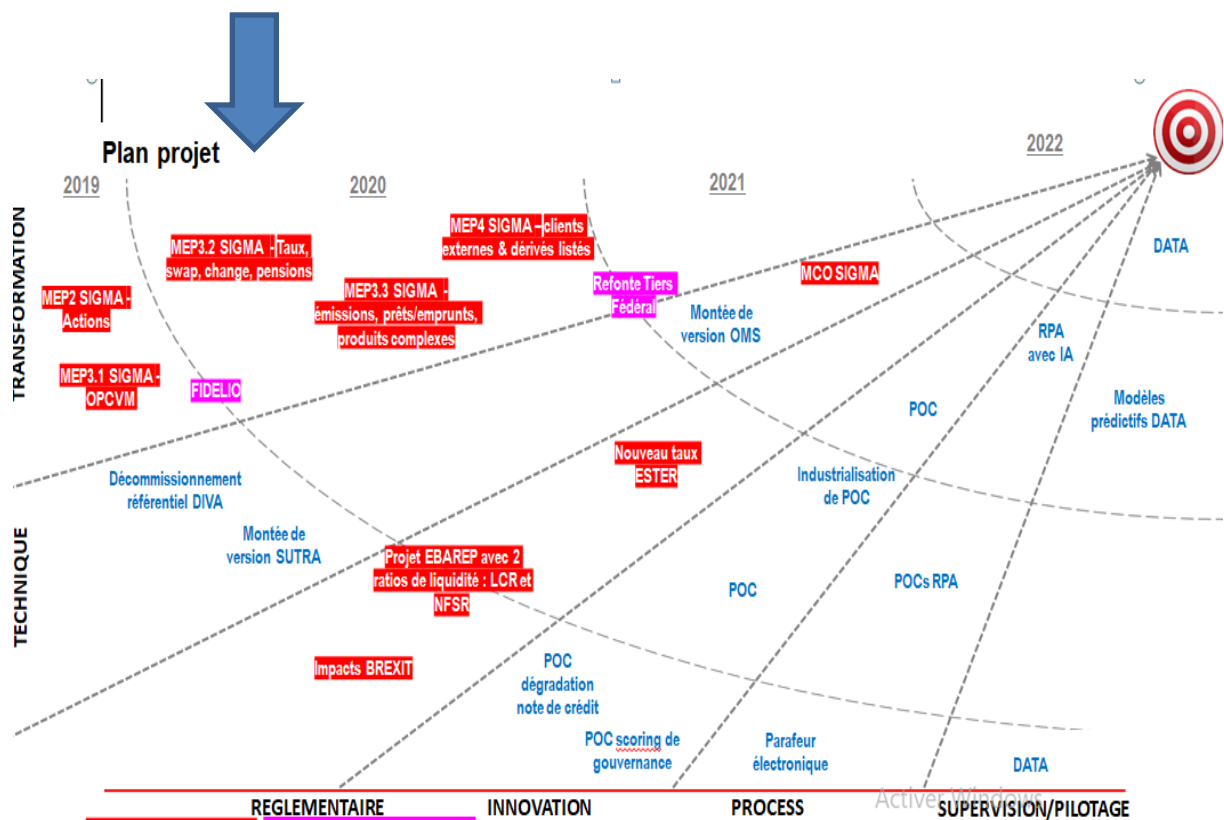
- Servir les métiers : satisfaire l'attente des métiers avec un service de qualité au quotidien, tenir un rôle d'expert pour faire émerger des solutions innovantes qui accompagnent leur transformation.
- Construire un SI solide et durable avec des enjeux d'urbanisation du SI tout en maîtrisant les dépenses de fonctionnement et en augmentant les capacités à investir.
- Contribuer à la transformation digitale aux côtés des métier avec une stratégie Plateforme tout en poursuivant la modernisation de l'environnement de travail des collaborateurs.



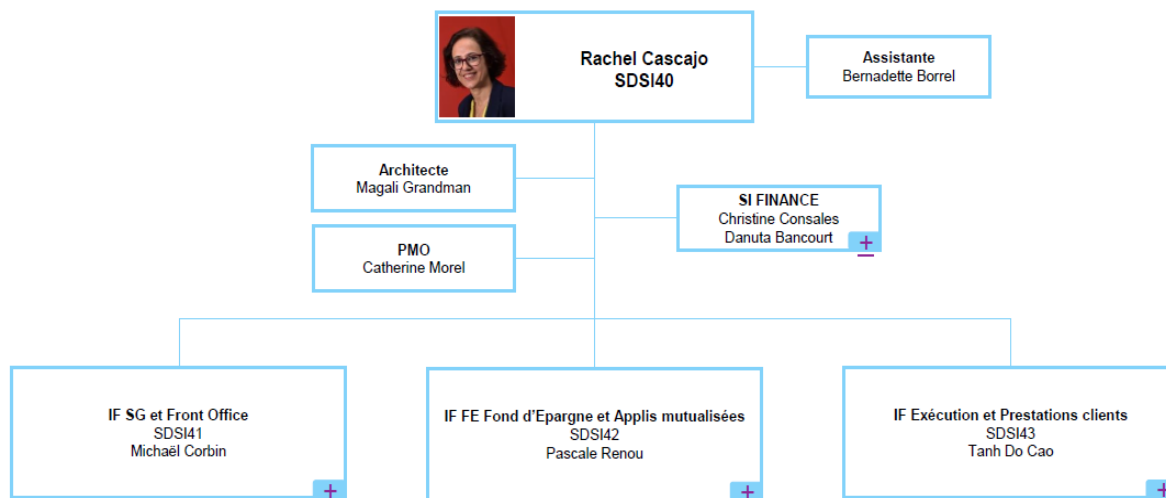
4

2. Le projet SIGMA :

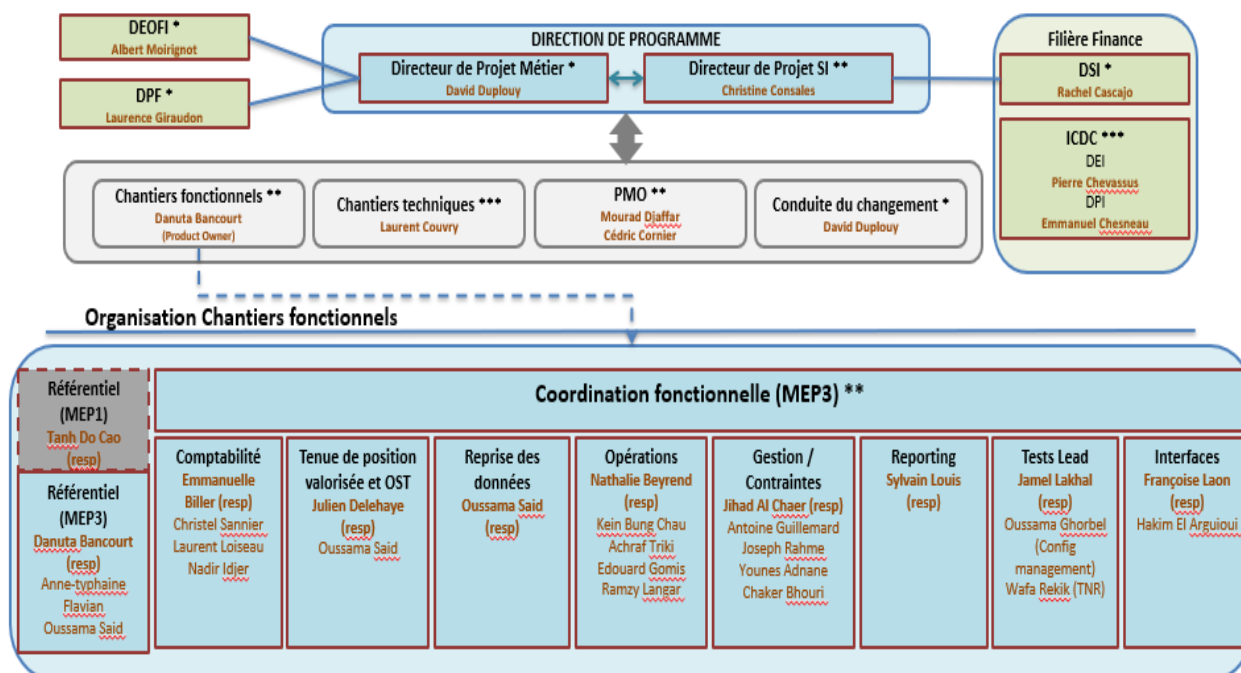
2.1 Plan du projet :



2.2 Organigramme :



Projet SIGMA – Equipe et chantiers :



III. Les outils utilisés :

1. Murex

Murex est un éditeur de logiciels fondé en 1986, offrant des produits pour les activités de trading, de trésorerie, de risque et de traitement des transactions pour les acteurs des marchés financiers.



L'outil Murex MX.3 pour sales et trading est un puissant catalyseur pour accélérer la transformation de l'entreprise et mettre en œuvre de nouveaux modèles de rentabilité, basés par exemple sur la distribution en ligne de produits avec une automatisation de bout en bout des processus ou sur l'introduction rapide de nouvelles générations de produits structurés pour certains segments de clientèle.

Fonctionnalité leader sur le marché pour chaque secteur d'activité, les solutions de front-office MX.3 sont reconnues comme l'un des leaders, et dans de nombreux cas comme le leader incontesté, de la trésorerie et des dérivés, dans chaque classe d'actifs et pour chaque métier. Sa couverture fonctionnelle complète s'étend de la tarification et de la structuration en fonction des risques à l'analyse en temps réel du portefeuille et du compte de résultat.

MX.3 offre une gamme de produits complète de l'industrie ainsi que la flexibilité nécessaire pour créer de nouveaux produits. Par exemple, le processus d'acquisition des transactions prend en charge le calcul IM en temps réel, la tarification des frais d'évaluation du crédit.

Plus généralement, MX.3 prend en charge les dernières nouveautés en matière d'analyse de front office et de processus métier, par exemple la tarification avec escompte multi-courbe et collatéral, et la connectivité complète avec les plateformes du marché.



Pre-Trade Analysis

xVA, Initial Margin. Real-time limits check.



Analytics

Multi-curve, Collateral discounting, xVA. Specialty analytics.

[> Read more](#)



Electronic Distribution

Web and mobile apps. One click trading. RFQs. Order management. Executions. Operations.

[> Read more](#)



Connectivity

Execution and clearing. Trade repositories. Data providers.

[> Read more](#)



P&L and Cash Management

Full analysis and allocation of P&L and funding.



Regulation and Reform

IBOR transition.

[> Read more](#)

Couverture fonctionnelle de la MX.3

2. Excel :

Excel ainsi que le langage VB (Visual Basic) est l'outil le plus utilisé durant mon stage de fin d'études. En effet, l'environnement informatique de la plateforme commerciale est en partie basé cet outil. Cet outil permet entre autre de créer des macros et d'automatiser des tâches (analyse des données, créer des courbes pricing...).

3. Bloomberg :

C'est est un groupe financier américain spécialisé dans les services aux professionnels des marchés financiers et dans l'information économique et financière aussi bien en tant qu'agence de presse que directement, via de nombreux médias (télévision, radio, presse, internet et livres) dont les plus connus sont probablement ses propres chaînes de télévision par câble/satellite.

Créé en 1981 par Michael Bloomberg, maire de New York de 2002 à 2013, ce groupe qui a commencé à opérer en 1983, emploie en 2008, plus de 10 000 employés répartis dans plus de 130 pays

La diffusion des informations se fait avec Bloomberg Terminal est un système informatique qui permet aux professionnels financiers d'accéder au service Bloomberg Professional par lequel les utilisateurs peuvent surveiller et analyser les transferts de données en temps réel des marchés financiers et des places financières. Le système fournit également des nouvelles et transmet des messages à travers son réseau sécurisé de propriété industrielle.

Les utilisateurs peuvent également se servir d'un service supplémentaire, Bloomberg Anywhere, qui permet grâce au Web d'avoir accès aux applications du Bloomberg Terminal sur Windows par l'intermédiaire d'un client de Citrix. Un portail WAP et une application pour BlackBerry ainsi que pour iPhone permettent un accès nomade.

GRAB

DHR US Equity		98) Actions ▾	99) Settings ▾	Price and Volume Dashboard			
15:54	06/29/18	🗑️	- Price Filter		-	Calculation	Bloomberg Definition ▾ 📄
✓ 15:55	06/29/18	🗑️	Vol Filter		-	Amount	@ Part%
Calculation			VWAP	Volume	Value Traded	Trades	Avg Size Std Dev
Bloomberg		🕒 d	99.0266	3,552	351,742.519	35	101 0.015651
Custom ▾		📄 d	99.0266	3,552	351,742.519	35	101 0.015651
1) Summary		2) Top Trades (AQR)		3) Volume at Price (VAP)		4) Trade Summary Matrix (TSM)	
10) Market Overview		11) By Trade Side		12) By Exchange			
21) Charts							
Breakdown			VWAP	Volume	Value Traded	Trades	Avg Size Std Dev
UD: FINRA ADF		d	99.0245	1,100	108,926.998	11	100 0.014531
UT: NASDAQ InterMa...		d	99.0375	800	79,230.001	8	100 0.007907
UB: NASDAQ OMX BX		d	99.0207	652	64,561.52	6	109 0.010714
UF: Cboe BZX Excha...		d	99.0100	300	29,702.999	3	100 0.014142
VK: EDGX		d	99.0450	200	19,809	2	100 0.005001
UN: New York		d	99.0050	200	19,801	2	100 0.005001
VY: Cboe BYX Excha...		d	99.0200	100	9,902	1	100 0.000000
VJ: EDGA		d	99.0500	100	9,905	1	100 0.000000
UP: NYSE Arca		d	99.0400	100	9,904	1	100 0.000000

Australia 61 2 9777 8600 Brazil 5511 2395 9000 Europe 44 20 7330 7500 Germany 49 69 9204 1210 Hong Kong 852 2977 6000
Japan 81 3 3201 8900 Singapore 65 6212 1000 U.S. 1 212 318 2000 Copyright 2018 Bloomberg Finance L.P.
SN 242106 G555-252-1 03-Jul-18 8:05:06 CEST GMT+2:00

Écran Bloomberg

IV. Les instruments financiers :

1. IRS: Swap de taux :

1.1 Definition:





Un swap de taux est un contrat d'échange de flux d'intérêts (fixe contre variable) entre deux contreparties A et B.

Ces flux (appelés “branches” ou “jambes” du swap) sont calculés sur la base de positions obligataires sous-jacentes (fictives) en tous points identiques à l'exception du mode d'indexation.

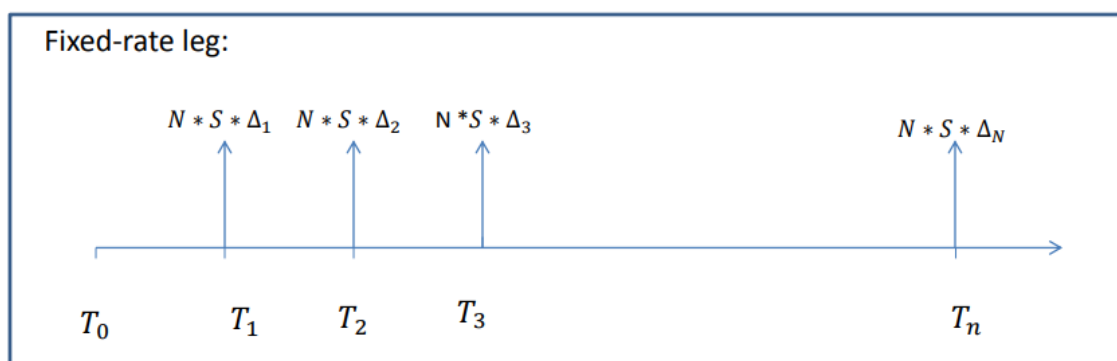
Le swap le plus classique est structuré comme suit :

- Le montant nominal N
- Les dates des flux T_1, T_2, \dots, T_n
- Date de règlement (Settlement date) T_0
- Le taux fixe (S)
- Le taux variable

Exemple de taux variable :

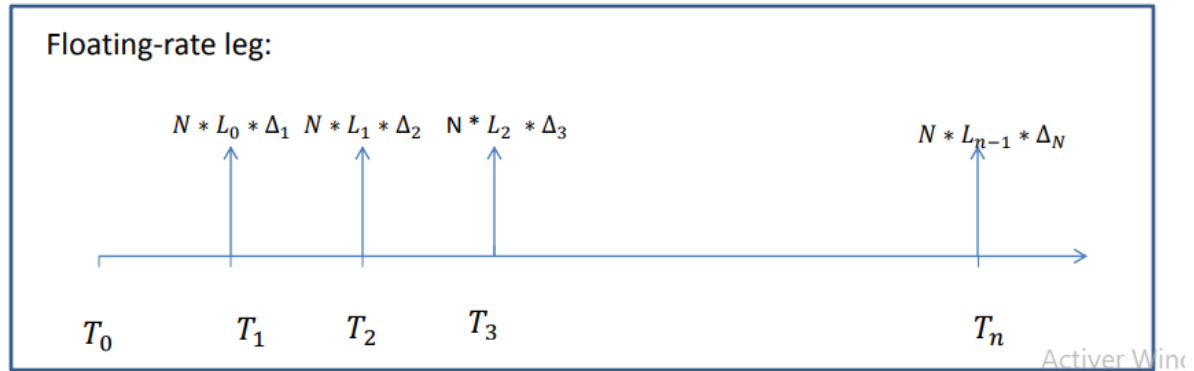
Local RFR (Risk-Free Rates)		
	SOFR	Secured Overnight Funding Rate
	SONIA	Sterling Overnight Index Average
	SARON	Swiss Average Rate Overnight
	TONAR	Tokyo overnight average rate

Regardons maintenant le flux provenant de la jambe fixe :



Δ_i : Les intervalles de temps annuel sont déterminés par une convention de comptage des jours : " réel/360 ". Par exemple s'il y a 181 jours entre deux dates de paiement (semestrielles), T_{a-1} et T_a , alors $\Delta_a = \frac{181}{360}$

Le flux provenant de la jambe variable :



1.2 Pricing des IRS:

Le pricing des swaps de taux (IRS) est calculé en actualisant les flux en utilisant le facteur d'actualisation (le discount factor) tel que :

Si $T_{j-1} < t < T_j$

$$\text{Jambe_fixe}(t) = N * \sum_{i: T_i > t} S * \Delta_i D(T_i)$$

$$\text{Jambe_variable}(t) = N - N \frac{t - T_{j-1}}{T_j - T_{j-1}} \Delta_j L_{j-1}$$

Si $T_j \leq t$

$$\text{Jambe_fixe}(t) = N * \sum_{i: T_i > t} S * \Delta_i D(T_i)$$

$$\text{Jambe_variable}(t) = N$$

Tel que le facteur d'actualisation s'écrit de la façon suivante :

$$D(T_i) = \frac{1}{1 + \text{taux_variable}(t, T_i) * (T_i - t)}$$

2. Swaption :

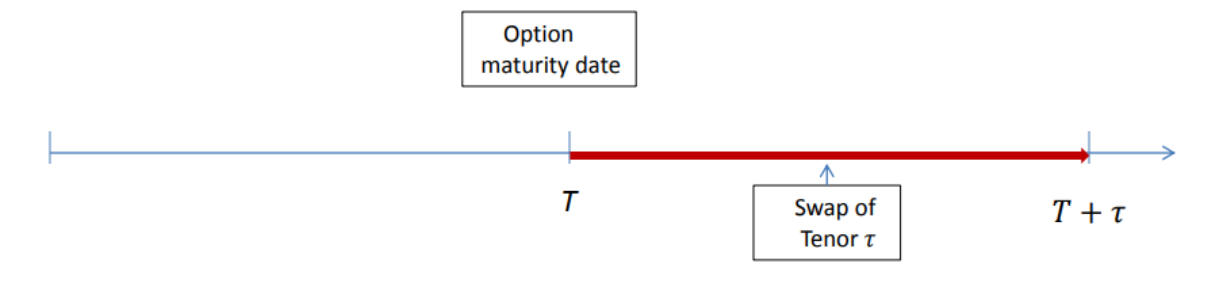
2.1 Définition :

Une swaption est une option donnant le droit à son détenteur, et non l'obligation, d'entrer dans un swap. Sa forme la plus courante est celle d'une swaption permettant d'entrer dans un swap de taux d'intérêt.

- Une swaption payeuse : donne ainsi la possibilité à son détenteur d'entrer dans un swap où il paierait un taux fixe, et recevrait un taux flottant.
- Une swaption receveuse : donne la possibilité d'entrer dans un swap afin de recevoir un taux fixe, en l'échange d'un taux flottant.

Si le détenteur de la swaption n'est pas satisfait des taux se présentant à lui lors de la date d'exercice, par rapport aux taux prédéfinis, il peut très bien abandonner son option.

2.2 Pricing d'une swaption :



À la date d'échéance, si le taux de swap est supérieur au taux d'exercice, le swap payeur est exercé, la valeur de la swaption à la date T est :

$$\max\left(N * \sum_{i=1}^n (S_{atm}(T) - K) \Delta_i D(T, T_i), 0\right)$$

Avec :

$$S_{atm}(T) = \frac{D(T_n) - D(t)}{\sum_{i: T_i > t} \Delta_i D(T_i)}$$

N = Nominal

K = Strike

T = maturité

$$-\text{Payer off} = \max(N * \sum_{i=1}^n (S_{atm}(T) - K) \Delta_i D(T, T_i), 0)$$

$$= N * \sum_{i=1}^n D(T, T_i) \Delta_i \max(S_{atm}(T) - K, 0)$$

$$-\text{Receiver payoff} = (N \sum_{i=1}^n D(T, T_i) \Delta_i) \max(K - S_{atm}(T), 0)$$

$$-\text{Long payer/ short reciever} = (N \sum_{i=1}^n D(T, T_i) \Delta_i) (S_{atm}(T) - K)$$

Mais vu qu'il s'agit d'un swap à taux fixe dont la valeur actualisée des paiements nets à taux fixe est égale à la valeur actualisée nette des rentrées nettes à taux variable du point de vue un payeur à taux fixe.

De même, du point de vue d'un payeur à taux variable, le swap serait à parité lorsque la valeur actualisée des paiements nets à taux variable est égale à la valeur actualisée des recettes nettes à taux fixe.

En appliquant la parité call/put pour une swaption, nous avons :

$$Pay(k, T, \tau) - Rec(K, T, \tau) = (N * \sum_{i=1}^N D(0, T_i) \Delta_i) (FS(T) - K)$$

Avec $FS(T)$ est le taux d'intérêt forward à la date T .

Or $S_{atm}(T)$ diffère d'un état à un autre, dans chaque état, la swaption vaut soit zéro soit $S_{atm}(T) - K$.

Nous donnons cette nouvelle formule du Pay de la swaption, que nous pourrions l'appliquer pour n'importe quel état de $S_{atm}(T)$:

$$\begin{aligned}
Pay(K, T, \tau) &= D(0, T) E\{ (N \sum_{i=1}^n D(T, T_i) \Delta_i) \max(S_{atm}(T) - K, 0) \} \\
&= D(0, T) E\{ (N \sum_{i=1}^n D(T, T_i) \Delta_i) S_{atm}(T) - K \} \\
&= (N \sum_{i=1}^n D(0, T_i) \Delta_i) (FS(T) - K) \quad \forall K
\end{aligned}$$

Alors

$$D(0, T) E\left\{ \left(\sum_{i=1}^n D(T, T_i) \Delta_i \right) S_{atm}(T) \right\} = \left(\sum_{i=1}^n \Delta_i D(0, T_i) \right) FS(T)$$

Donc

$$E\left\{ \left(\sum_{i=1}^n D(T, T_i) \Delta_i \right) S_{atm}(T) \right\} = \left(\sum_{i=1}^n \Delta_i \frac{D(0, T_i)}{D(0, T)} \right) FS(T)$$

Reformulation de la formule du pricing d'une swaption :

$$\begin{aligned}
Pay(K, T, \tau) &= D(0, T) \left\{ \left(N \sum_{i=1}^n D(T, T_i) \Delta_i \right) \max(S_{atm}(T) - K, 0) \right\} \\
&= \frac{N \sum_{i=1}^n D(0, T_i) \Delta_i}{E\{ (N \sum_{i=1}^n D(T, T_i) \Delta_i) \}} E\left\{ \left(\sum_{i=1}^n D(T, T_i) \Delta_i \right) \max(S_{atm}(T) - K, 0) \right\} \\
&= N \left(\sum_{i=1}^n D(0, T_i) \Delta_i \right) \hat{E}\{ \max(S_{atm}(T) - K, 0) \}
\end{aligned}$$

Tel que

$$\hat{E}\{\emptyset\} = \frac{E\{A\emptyset\}}{E\{A\}}, \quad \hat{E}(S_{atm}(T)) = FS(T)$$

$$Pay(K, T, \tau) = N \left(\sum_{i=1}^n D(0, T_i) \Delta_i \right) BSCall(FS(T, \tau), T, K, 0, 0, \sigma)$$

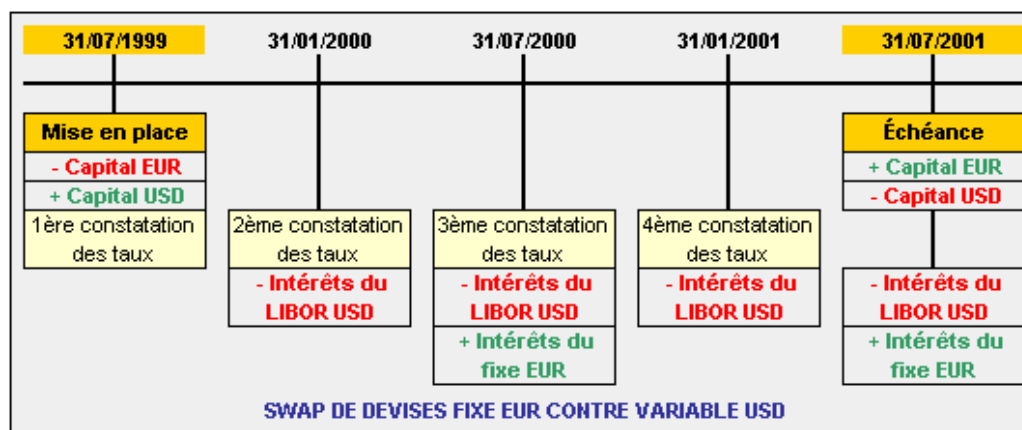
3. Currency Swap :

3.1 Définition :

Un swap de devises ou cross currency swap est un échange de capital entre deux sociétés dans deux devises différentes. La durée du contrat est convenue à l'avance et peut aller jusqu'à 30 ans, délai durant lequel les deux entités doivent se verser des intérêts selon des fréquences et des taux préalablement établis. À la fin du contrat, les deux sociétés échangent à nouveau leur capital respectif. En règle générale, ces différentes transactions s'effectuent par l'intermédiaire d'une banque. Les différents intervenants sur le Forex peuvent également avoir recours au swap de devises.

Il existe 3 formes de swap de devises :

- taux fixe contre taux fixe
- taux fixe contre taux flottant
- taux flottant contre taux flottant



Un exemple : USD LIBOR /EUR FIX

4. Swap d'inflation:

4.1 Définition

Un swap d'inflation est un contrat utilisé pour transférer le risque d'inflation d'une partie à une autre au moyen d'un échange de flux monétaires.

Dans un swap d'inflation, une partie paie un flux à taux fixe sur un montant nominal tandis

que l'autre partie paie un taux variable lié à un indice d'inflation, comme l'indice des prix à la consommation (IPC).

La partie qui paie le taux variable paie le taux rajusté en fonction de l'inflation multiplié par le montant nominal de référence.

4.2 Payoff d'un swap d'inflation :

	Receive ▼	floating rate ▼	
Index	FG EUR HICP XT ▼		x 2.30
Currency ▼	EUR ▼		
Start date	05 Feb 2002		05 Feb 2002
1st fixing	0.000000		
Convention	LIN 30/360 ▼		
Margin	0.300000		

Taux variable est un un indice d'inflation

Si le ratio = $\frac{P_2 - P_1}{P_1}$

$$\text{Payoff} = \text{Nominal} * [L * \left(\frac{F_2}{F_1} - 1\right) * dcf_{return} + \frac{M}{100} * dcf_{margin}]$$

Avec

F_i : le taux variable

dcf_{return} : Ce facteur calcule le nombre de jours pour le calcul du rendement

dcf_{margin} : Ce facteur calcule le nombre de jours pour le calcul du rendement

M : la marge en %

L : Le facteur d'indexation

Si le ratio = $P_2 - P_1$

$$\text{Payoff} = \text{Nominal} * [L * (F_2 - F_1) * dcf_{return} + \frac{M}{100} * dcf_{margin}]$$

4.3 Exemple :

First CPI	Last Fixing Date	Actual Fixing Date 2	Last CPI	Rate	Margin	Payment Date	Flows	Cur
112.6000	05 Feb 2004	01 Nov 2003	113.2000	1.38000	0.3000	05 Feb 2004	840,000.00	EUR
113.2000	05 Aug 2004	01 May 2004	115.0000	4.14000	0.3000	05 Aug 2004	2,220,000.00	EUR
115.0000	07 Feb 2005	01 Nov 2004	115.6000	1.38000	0.3000	07 Feb 2005	849,333.33	EUR
115.6000	05 Aug 2005	01 May 2005	117.2000	3.68000	0.3000	05 Aug 2005	1,967,888.89	EUR
117.2000	06 Feb 2006	01 Nov 2005	118.0000	1.84000	0.3000	06 Feb 2006	1,075,944.44	EUR
118.0000	07 Aug 2006	01 May 2006	119.5803	3.63465	0.3000	07 Aug 2006	1,978,254.97	EUR
119.5803	05 Feb 2007	01 Nov 2006	120.7494	2.68897	0.3000	05 Feb 2007	1,477,879.23	EUR

Figure 4 : Spread and apply

$$dcf_{return} = 0.5$$

$$dcf_{margin} = 0.5$$

$$Le\ spread = 113.2 - 112.6 = 0.6$$

$$L * (F_2 - F_1) = 2.3 * 0.6 = 1.38$$

$$Payoff = 100M * 1.38\% * 0.5 + 0.3 * 0.5 * 100M = 840.000\ EUR$$

5. Courbe des taux :

5.1 Definition :




Une courbe de taux est une fonction qui, à une date donnée, associe pour chaque maturité le niveau de taux d'intérêt associé.

En pratique, il existe sur les marchés non pas une courbe des taux mais plusieurs courbes des taux. Nous pouvons distinguer deux familles :

- Courbes de marchés, i.e. construites directement à partir des cotations sur les marchés :
 - ✚ courbe de taux swap
 - ✚ courbe de rendement des obligations d'Etat
- Courbes implicites, i.e. construites indirectement à partir des cotations de marché d'instruments comme les obligations et les swaps :
 - ✚ courbe de taux zéro-coupon
 - ✚ Courbe des taux forward
 - ✚ courbe des taux forward instantanes

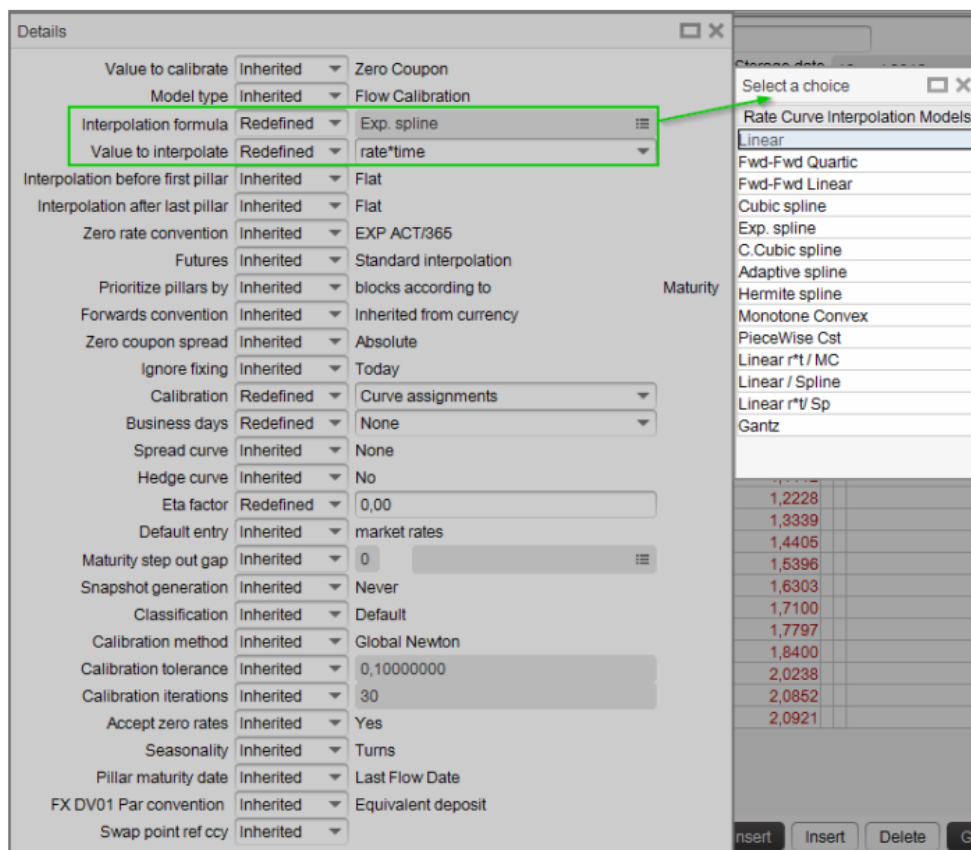
Courbe des taux de rendement au pair

Il existe différentes techniques qui permettent de construire une courbe des taux à partir des données de marche :

-  bootstrapping
-  Nelson-Siegel
-  Smith-Wilson.

5.2 Interpolation:

Les méthodes d'interpolations sont :



Selection des méthodes d'interpolation

5.2.1 Interpolation linéaire :

Nous allons interpoler $t \rightarrow y(t)$, tel que $y(t)$ peut-être : (swap, facteur d'actualisation.).

On note $y_i(t)$ l'interpolation de $y(t)$ pour tout $i \in [1, n]$.

La formule d'interpolation s'écrit de la manière suivante :

$$y(t) = \frac{t - t_i}{t_{i+1} - t_i} y_i + \frac{t_{i+1} - t}{t_{i+1} - t_i} y_{i+1} \quad \forall [t_i, t_{i+1}]$$

5.3 Calibration de la courbe des taux :

5.3.1 Introduction à la calibration

Le but de calibrer un modèle est d'ajuster des paramètres afin de pouvoir améliorer la Prédiction. Il existe plusieurs techniques de calibration pour un la courbe des taux. Nous avons choisi un que nous allons le présenter dans la suite de cette partie.

5.3.2 Définir l'équation :

$$\overbrace{\sum_{i=0}^{n-1} R\Delta(t_i, t_{i+1})DF(0, t_{i+1})}^{\text{Leg 1}} = \overbrace{\sum_{i=0}^{n-1} F(t_i, t_{i+1})\Delta(t_i, t_{i+1})DF(0, t_{i+1})}^{\text{Leg 2}} \quad (5.2.2)$$

Avec

* R est la cotation du swap de taux

* $\Delta(t_i, t_{i+1}) = t_{i+1} - t_i$

* $F(t_i, t_{i+1})$ est le taux forward entre t_{i+1} et t_i

* $DF(0, t_{i+1})$ est le facteur d'actualisation entre aujourd'hui et t_{i+1}

D'une manière générale, l'évaluation de tout instrument linéaire qui sera ajouté dans une courbe de taux se fait en fonction de la cotation de l'instrument et de la courbe utilisée pour estimer les taux variables futurs.

Pour actualiser les flux, on utilise la formule suivante :

$$NPV(R, Z) = 0,$$

Avec

NPV = Net present value = La valeur actuelle nette

Z est un vecteur utilisé pour calculer le flux du futur (F et DF sont déduits de Z)

Dans ce cas, l'équation (5.2.2) devient :

$$NPV(R, Z) = Leg_1 - Leg_2 = 0$$

En connaissant Z , il est trivial de calculer le prix de l'instrument.

La calibration d'une courbe de taux, consiste à résoudre le problème inverse : Trouver Z qui recouvre R

5.3.3 Résoudre le problème :

On suppose $t = (t_1, \dots, t_n)$ un échantillon de notre instrument tel que

$$Z = Z(t) = (z(t_1), \dots, z(t_n))$$

On suppose $T = (T_1, \dots, T_n)$ la date de maturité.

Pour déterminer les taux Zéro-coupon, on utilise la méthode d'interpolation tel que :

$$z(t) = f(Z)$$

Avec

$$Z = (Z(t_1), \dots, Z(t_n)) = (Z_1, \dots, Z_n)$$

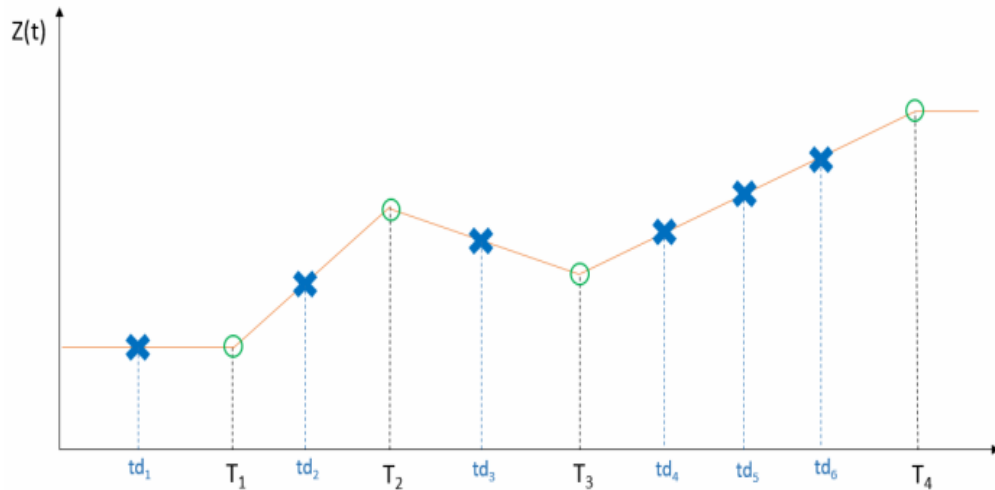
f = la fonction d'interpolation des nœuds $\{(T_i, Z_i)\}_{i \in [1, n]}$

Nous prenons l'exemple d'une courbe de 4 piliers et 10 dates indépendantes (LIBOR 6M : 1Y, 2Y, 3Y, 5Y avec une dépendance de 6M).

Nous nous retrouvons avec 10 inconnus pour les 10 dates dépendantes avec seulement 4 équations $\{(T_i, Z_i)\}_{i \in [1, n]}$, ($n = 4$).

Dans ce cas nous réduisons le nombre des inconnus en utilisant la méthode d'interpolation :

$$z(td) = \text{Interp}(T_i, T_{i+1})$$



La dépendance des dates

Alors,

La formule du pricing du i^{th} instrument est :

$$NPV_i(R_i, Z) = 0$$

On définit

$$NPV(T) = (NPV_1, \dots, NPV_n) \in \mathbb{R}^n$$

Le NPV total de la courbe tel que Z est la solution de :

$$NPV(T)(R, Z) = 0$$

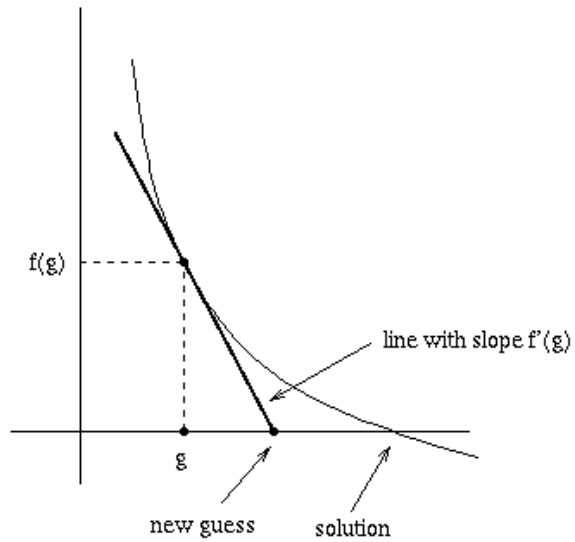
Pour trouver les racines de cette équation nous allons utiliser l'algorithme de Newton – Raphson :

La méthode consiste à introduire une suite (Z_n) d'approximation successives de L'équation

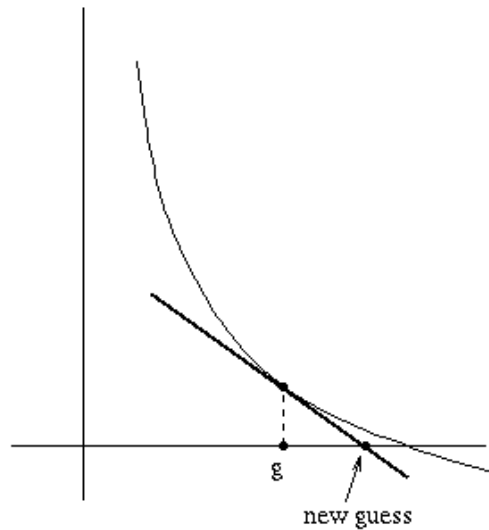
$$NPV(T)(R, Z) = 0$$

✚ On part d'un Z_0 proche de la solution.

✚ À partir de Z_0 , on calcule un nouveau terme Z_1 de la manière suivante : on trace la tangente à Cf en Z_0 . Cette tangente coupe l'axe des abscisses en Z_1 . Comme indiqué sur la figure ci-dessous.



Première interpolation de la méthode Newton – Raphson



Deuxième interpolation de la méthode Newton – Raphson

En appliquant cet algorithme, l'approximation linéaire de la NPV est la première dérivée de

$$\frac{dNPV}{dZ} = DV01$$

La matrice de dérivation de chaque pilier de la NPV est appelée la matrice jacobienne tel que $J \in M_{i,i}(\mathbb{R})$

Nous écrivons l'approximation linéaire de la manière suivante :

$$NPV(Z^0) + J(Z^0)(Z - Z^0) \quad \text{Tel que } Z^0 \text{ est le premier estimateur de } Z$$

Le deuxième estimateur est l'intersection avec l'axe de abscisses :

$$Z^1 = Z^0 - J(Z^0)^{-1}NPV(Z^0)$$

En suivant le même raisonnement, on obtient pour la n^{th} itération

$$Z^n = Z^{n-1} - J(Z^{n-1})^{-1}NPV(Z^{n-1})$$

L'algorithme de calibration s'arrête quand l'approximation est très proche de la racine.

V. Missions : De User story à scénario de test :

Item	Porteur
User Story	Murex
Critère d'acceptation	CDC
Jeu de données	CDC
Fiche de test	Murex
Scénario de test	CDC

1. User story :

Ce sont les exigences de la Caisse des dépôts :

- *En tant que <rôle>, je veux <faire une action>, pour <réaliser un but>.*

Avec une équipe de 4 personnes, nous avons participé aux réunions de collecte et de clarifications de besoins avec les métiers, les gérants afin de pouvoir rédiger les user story du desk taux.

Cette étape nécessite une bonne connaissance des instruments financiers de la Caisse des dépôts, c'est pour cela dans un premier temps, nous avons été mis en contacts avec les gérants pour étudier avec eux leurs besoins pour le trading, Ensuite avec les métiers pour voir la possibilité de modéliser leurs demandes.

32	CDCIMPL-2433	MEP3	En tant que Gérant, j'aimerais voir l'empreinte Carbone dans le dashboard
33	CDCIMPL-2430	MEP3	J'aimerais que Murex gère les périodes brisées avec une interpolation linéaire en cas de besoin
34	CDCIMPL-2429	MEP3	J'aimerais spécifier un floor pour le taux et un floor pour les flux pour la jambe interest du repo
35	CDCIMPL-2428	MEP3	Interaction entre open repo et les annocés de trésor
36	CDCIMPL-2427	MEP3	En tant que Gérant, j'aimerais pouvoir, au besoin, exclure les Asset Swaps du Dashboard
37	CDCIMPL-2426	MEP3	J'aimerais évaluer le dirty price forward dans un buy and sell back avec les repo rates
38	CDCIMPL-2422	MEP3	En tant que Gérant, je souhaite voir l'intitulé de l'indice flottant pour un Asset (Micro) swap
39	CDCIMPL-2420	MEP3	Ajouter les champs « Z spread » et « Asset swap spread » dans le layout de bond
40	CDCIMPL-2417	MEP3	En tant que Gérant, j'aimerais une vue DV01 spécifique MM
41	CDCIMPL-2414	MEP3-CONCEPTION	En tant que Gérant, je souhaite afficher dans la vue contextuelle du Dashboard le rating de
42	CDCIMPL-2413	MEP3	En tant que Gérant, j'aimerais visualiser le DTS (Duration Times Spread) au niveau de la vue Summary
43	CDCIMPL-2412	MEP3	En tant que Gérant, j'aimerais visualiser le 'ZC spread Risk' dans la vue Summary
44	CDCIMPL-2411	MEP3	En tant que Gérant, j'aimerais visualiser la NAV dans la devise native
45	CDCIMPL-2367	MEP 3	J'aimerais insérer une mise en pension (repo) sur le masque de saisie
46	CDCIMPL-2151	MEP3	Import de programme d'investissement de Cash dans les portefeuilles front
47	CDCIMPL-2131	MEP3	J'aimerais insérer une transaction de type IRS
48	CDCIMPL-2130	MEP3	J'aimerais insérer une transaction de type Cross currency swap (CCS)
49	CDCIMPL-2123	MEP3	Ajouter les champs « Z spread » et « Asset swap spread » dans le layout de bond
50	CDCIMPL-2120	MEP3	J'aimerais que les données de saisonnalité pour indice d'inflation impact l'évaluation des produits
51	CDCIMPL-2119	MEP3	J'aimerais que les indices d'inflation soient présents dans le référentiel et qu'ils soient rattachés à des
52	CDCIMPL-2116	MEP3	J'aimerais voir le « mid swap spread » dans l'écran de saisie du bond

2. Critère d'acceptation :

Cette étape permet de définir les critères qui permettront de valider que la user story est atteinte. Les critères d'acceptation d'une user story doivent être couplés aux résultats attendus des fiches de test. Une user story est validée si, non seulement son critère d'acceptation est validé lors des tests, mais également si la (ou toutes les) fiche(s) de test qui lui est (sont) associée(s) est (sont) validée

Par exemple

Besoin	Priorité	Epic Link	Desk	Component/s	Description	Labels	Critère d'acceptation
J'aimerais que les transactions antidatées (date de transaction) remontent une exception lors des contrôles économiques et s'arrêtent pour vérification	3-Medium	VT-Contrôles économiques	Contrôleur	Ops-Validation des transactions	L'utilisateur en charge de processus est l'utilisateur Contrôleur	MEP2-ACTIONS	<ul style="list-style-type: none"> - La transaction s'arrête dans l'OSP de l'utilisateur MO avec l'exception "Back-dated Trade" - La transaction est en statut "EcoToValidate" - L'utilisateur peut soit valider la transaction avec commentaire obligatoire, soit l'envoyer à l'utilisateur FO pour vérification avec commentaire obligatoire

Cette étape est primordiale, en effet, il faut vérifier que la modélisation mathématique satisfait les exigences des user story.

Dans cette partie, nous prenons un exemple :

Ce que la CDC demande et ce que Murex a fourni :

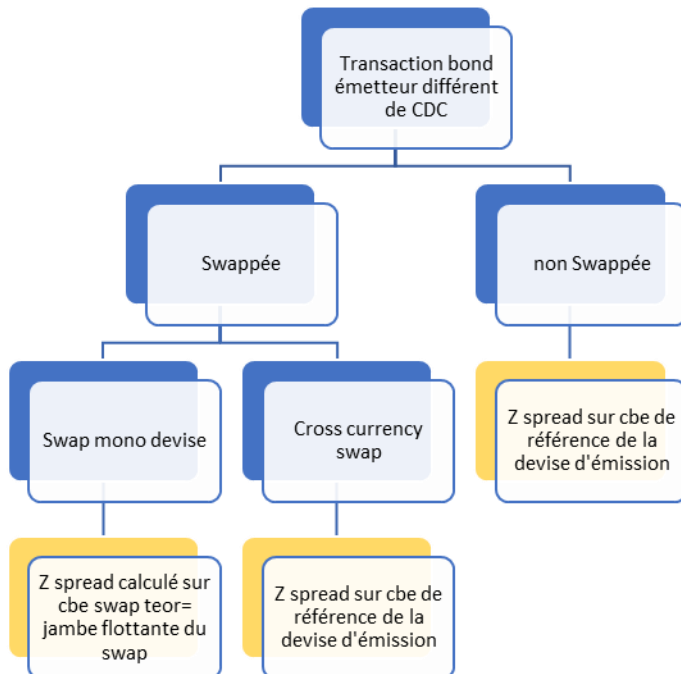
Mise au point sur les différents spreads utilisés et leurs usages :

Le Z spread initial est la marge fixe à appliquer en parallèle shift aux zéro-coupons de la courbe de référence :

$$PxTitre = \sum_1^N \frac{TF}{(1 + TZ_i + Z)^i} + \frac{100}{(1 + TZ_N + Z)^N}$$

Les TZ_i sont les taux zéro coupons départ spot de la courbe swap choisie en fonction des branchements ci-dessous.

Il sera calculé dans l'opération sur le bond et figurera dans un champ particulier.



Problématique :

Lors de la création d'un titre il est impossible de choisir la courbe de référence pour le calcul du spread dans le cas des émissions couvertes par un swap mono devise, il faut trouver une solution qui pourrait être celle proposée en ci-dessous

Le Z spread affiché dans l'opération ne servira pas pour la couverture et Murex ne se référera qu'à la courbe de référence dépendant de la devise de l'émission et de l'émetteur (CDC ou pas).

Objectif :

Spread pour couverture : Nous avons besoin d'un spread qui dans le cas d'une couverture sera dépendant de la jambe flottante du swap.

Après des réunions avec Murex :

CDC : Le swap d'origine ci-dessous

swap d'origine				
Taux Fixe TF du bond	Index tenor devise traité +Marge M1 traitée par le gérant			
actualisation des flux	actualisation des flux			
courbe swap tenor	courbe swap tenor			
La valorisation de ce swap n'est pas nulle si le Tf du titre ne correspond pas aux conditions de marché, elle est égale à la soulte (pas de remise au pair)				

Murex : propose que le swap d'origine soit dupliqué en un swap fictif ayant les caractéristiques suivantes :

swap fictif		
Taux Fixe TF du bond	Index tenor devise traité +Marge M2 calculée Murex	
actualisation des flux	actualisation des flux	
courbe swap tenor	courbe swap tenor	
La marge M2 calculée par Murex est telle que la valorisation du swap en date d'opération est nulle		

$$TF * \sum_1^N DF_t^{tenor} + 100 * DF_N^{OIS} - \sum_1^N DF_k^{tenor} * (fwdTenor_{k-1,k}^{tenor} + M1) * \delta_{k-1,k} - 100 * DF_N^{OIS} = 0$$

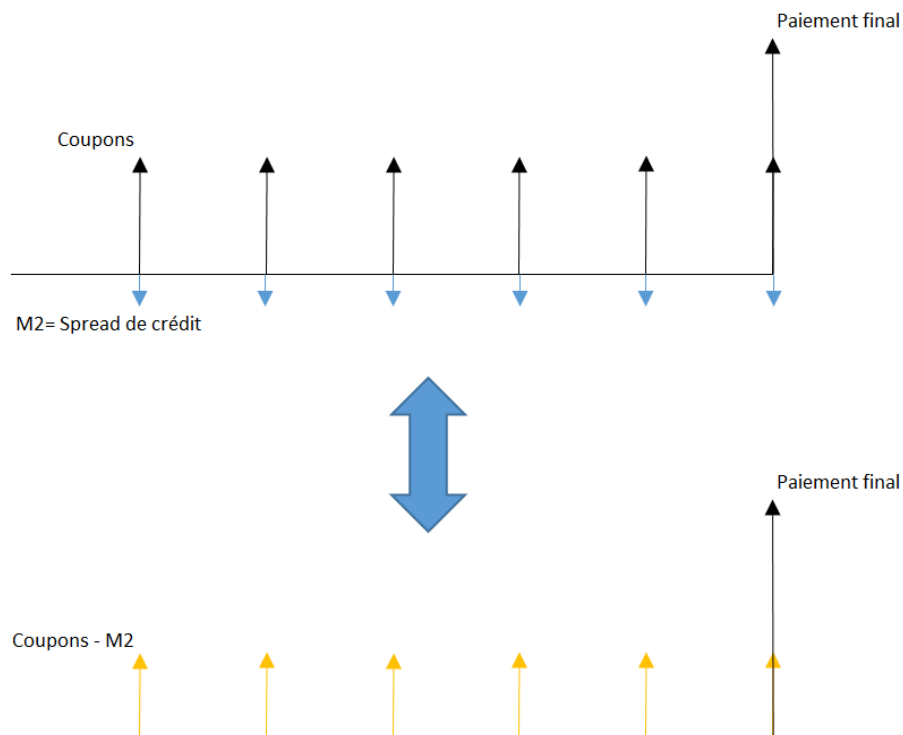
Par ailleurs, un swap fictif représentant le bond sera utilisé et sera de la forme suivante :

Swap fictif représentant le bond		
	Taux fixe TF du bond + Capital	M2
	actualisation des flux	actualisation des flux
	courbe de l'indice de la jambe flottante de l'opération swap négocié	courbe de l'indice de la jambe flottante de l'opération swap négocié

Ce swap fictif aura donc :

1. Jambe 1 : Réplication des flux du bond inclus les paiements intermédiaires et le paiement final
2. Jambe 2 : jambe à taux fixe et égal au spread de crédit avec le même échéancier que la jambe 1

Le swap fictif représentant le bond sera donc de la forme suivante :



Ce qui permet de représenter le bond sans le spread de crédit

Avant de valider, nous devons :

- vérifier que nous avons compris le processus proposé par Murex, merci à Murex de corriger éventuellement
- Dès que Murex aura validé le processus proposé, la CDC devra procéder à des calculs chiffrés pour vérification et impact par rapport à la méthode actuelle afin d'adopter ou adapter si possible la méthode.

3. Jeu de donné :

La création d'un jeu de donné a pour but de tester ses besoins. Un choix se basant sur les plus courantes en production ou les plus utilisés en volume ou en chiffre ou les jeux de données ayant des problèmes connus ou un comportement spécifique.

Par exemple :

- La transaction sera une Equity.
- Spécifiquement, j'utiliserai les titres 'A' ou 'B' ou 'C', **car il s'agit des titres les plus utilisés**
- J'aimerai bien également faire le test avec le titre 'Y', **car je sais qu'il a un comportement inédit.**

Comment tester unitairement mon besoin et le valider ?





4. Fichier test :

Cette étape sert à préparer un fichier qui contient la liste des tests à faire et les étapes à suivre.

Action du scénario	User Story	Description	Fiche de test
Insertion d'une transaction antidatée Validation d'une transaction antidatée	CDCIMPL-245	J'aimerais que les transactions antidatées (date de transaction) remontent une exception lors des contrôles économiques et s'arrêtent pour vérification	MEP2-ACTIONS_BPI6_-_EPIC012_US0245_Vérification d'une transaction antidatée – Validation MO avec commentaires (le rejet avec commentaire est implicitement inclus)

4.1 Objectifs des tests

Les tests permettant d'atteindre les objectifs suivants, inhérents au projet :

-  Tenir les coûts et les délais du projet.
-  Réduire les coûts de maintenance du logiciel livré.
-  Maîtriser les risques associés à la mise en service du logiciel livré.
-  Améliorer l'expérience utilisateur et la valeur rendue par le logiciel livré.

Cette approche permet de :

- Choisir les tests les plus pertinents à dérouler ;
- Découvrir les points critiques en début des phases.

4.2 Processus de test

L'approche standard des tests suit le processus ci-dessous :

Stratégie de test et planning	Conception et réalisation	Exécution	Fermeture des tests
<ul style="list-style-type: none">Définition de la stratégie de test : phases, moyens, environnements, contributeurs, livrables, etc.	<ul style="list-style-type: none">Définition des user stories et critères d'acceptation des exigencesRédaction des cas de testsRéalisation de la solution	<ul style="list-style-type: none">Exécution des testsRemontée et suivi des anomaliesSuivi régulier de l'avancement et la conformité des tests	<ul style="list-style-type: none">Rapport de test finalRétrospective sur la phase de test
Suivi et reporting des tests			

4.3 Un exemple de test :

4.3.1 Saisie des transactions :

Premier cas :

J'aimerais insérer une transaction de type FX Swap USD férié et GBP ouvert :

Insérer une transaction de type FX Swap GBP/EUR avec trade date le 02/07/19
Insérer une autre transaction de type FX Swap GBP/EUR avec trade date le 03/07/19

Vérifier pour ces 2 transactions que la settlement date est bien au 05/07 et qu'on ne tient pas compte du 04/07/2018

Deuxième cas :

J'aimerais insérer une transaction de type FX spot GBP férié mais USD ouvert :

Insérer une transaction de type FX Spot GBP/EUR avec trade date le 23/08/19
Vérifier que la settlement date est bien au 28/08
Insérer une autre transaction de type FX Spot GBP/EUR avec trade date le 24/08/19

Vérifier que la settlement date est bien au 29/08

4.3.2 Les courbes de taux :

Premier cas :

J'aimerais avoir les courbes dans la devise EUR :

Il faut que le taux de forward soit correctement calculé :

Sélectionner EUR EURIBOR 3M 6M EUR EURIBOR 3M-EUR EURIBOR 6M, maturity 1y, nominal 1m

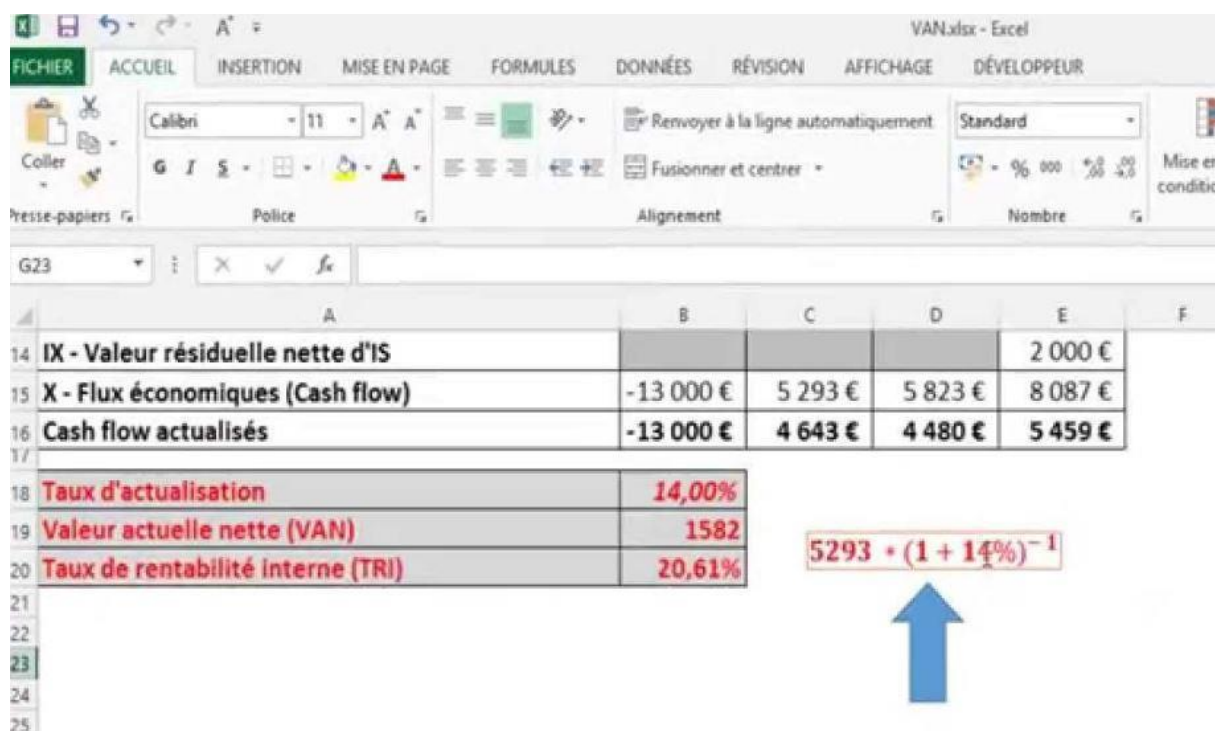
Vérifier que le discount factor est égal au résultat donné par l'interpolateur entre spot date et eval date.

Vérifier que les taux forward sont correctement calculés pour l'ensemble des tombées (intérêt et capital) avec le jeu de données fournies par la CDC (17/12/18 au 07/01/19)

Vérifier que les DFs sont correctement calculés pour l'ensemble des tombées (intérêt et capital) avec le jeu de données fournies par la CDC (17/12/18 au 07/01/19)

Deuxième cas :

J'aimerais avoir les courbes dans la devise USD:



	A	B	C	D	E	F
14	IX - Valeur résiduelle nette d'IS				2 000 €	
15	X - Flux économiques (Cash flow)	-13 000 €	5 293 €	5 823 €	8 087 €	
16	Cash flow actualisés	-13 000 €	4 643 €	4 480 €	5 459 €	
17						
18	Taux d'actualisation	14,00%				
19	Valeur actuelle nette (VAN)	1582				
20	Taux de rentabilité interne (TRI)	20,61%				
21						
22						
23						
24						
25						

5293 * (1 + 14%)⁻¹

Conclusion :

Il est évident que ce stage a renforcé mon expérience du travail en entreprise aussi bien en termes de compétences techniques que de relations humaines.

En effet, cela m'a tout d'abord fait découvrir le monde de la banque et plus précisément le front office.

Ce stage a été une opportunité améliorer mes compétences en informatique notamment en VBA et d'approfondir mes connaissances sur les instruments financiers et les produits dérivés.

J'ai eu également l'opportunité de travailler sur un projet concret en collaboration avec les équipes de « Project Management » et en participant aux différentes étapes de son élaboration.

Enfin, ce stage a été une expérience très enrichissante et je pense avoir réellement acquis un savoir-faire dans la compréhension et la modélisation d'instruments financiers et le développement d'outils informatiques.

Bibliographie :

- <http://www.libertalia.org/consommation/finance/bourse/forex/le-swap-de-devises.html>
- http://www.fly06.fr/Pdf/Cours_5_Swap_de_Taux_et_Asset_Swap
- <http://financedemarche.fr/finance/quest-ce-quune-swaption-definition-fonctionnement>
- <https://www.math.nyu.edu/faculty/avellane/DerivativeSecurities7.pdf>
- http://beewise.fr/wp-content/uploads/2017/11/Niels_Haqueberge_Framework_Multicurve.pdf
- <http://yats.free.fr/doc/fixed-income-project-fr-ppt.pdf>
- <file:///C:/Users/DELL/Desktop/fixed-income-project-fr-ppt.pdf>
- <https://www.math.univ-paris13.fr/~audusse/ensfr.html>