



---

## R Shiny: SPA [Shipping Portfolio Analytics]

Master 1 Actuariat  
2016-2017

---

**Auteurs:**

Valentine NAPOLEON  
Bastien LAIZET  
Jordan MARIE-ROSE

**Encadré par:**

Fabrice HAMON

**Responsables universitaires:**

Rainer BUCKDAHN  
Franck VERMET



---

## Remerciements

Avant de commencer notre rapport, nous souhaitons remercier toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à notre bureau d'étude.

Tout d'abord, nous remercions chaleureusement Monsieur Fabrice HAMON, pour ce sujet particulièrement riche qui nous a permis d'acquérir de nouvelles compétences en finance et en informatique. Il nous a accompagné et guidé dans notre travail tout en s'assurant du bon déroulement de ce dernier. Nous tenons également à le remercier pour sa disponibilité et pour les documents qu'il a pu nous fournir.

Pour terminer, nous aimerions remercier nos tuteurs universitaires Messieurs Franck VERMET et Rainer BUCKDAHN ainsi que Monsieur Anthony NAHELOU, actuaire indépendant, responsable des bureaux d'études. Il nous ont conseillé et orienté lors des différentes séances de bureau d'étude afin de permettre à notre projet de progresser.

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>6</b>
1.1	Contexte . . . . .	6
1.2	Vue d'ensemble sur une opération de prêt . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Tableau d'amortissement</b>	<b>8</b>
2.1	Les différents types d'emprunts . . . . .	8
2.1.1	Remboursement in fine . . . . .	8
2.1.2	Remboursement avec amortissement constant . . . . .	8
2.1.3	Remboursement avec annuités constantes . . . . .	9
2.2	Construction du tableau d'amortissement . . . . .	9
2.3	Calcul des intérêts . . . . .	10
2.3.1	Travail préliminaire . . . . .	10
2.3.2	Utilisation des discount factors pour le calcul des taux forward	11
2.3.3	Calcul du coupon . . . . .	13
<b>3</b>	<b>Les accords de Bâle</b>	<b>15</b>
3.1	Bâle I . . . . .	15
3.2	Bâle II . . . . .	16
3.2.1	Pilier 1 : Exigences minimales de fonds propres . . . . .	16
3.2.2	Pilier 2 : La surveillance prudentielle . . . . .	17
3.2.3	Pilier 3 : Transparence et discipline de marché . . . . .	17
3.2.4	Les limites de Bâle II . . . . .	17
3.3	Bâle III . . . . .	18
<b>4</b>	<b>La gestion du risque de crédit dans le cadre des approches IRB et A-IRB</b>	<b>19</b>
<b>5</b>	<b>Le Risk-Weighted Assets (RWA)</b>	<b>23</b>
5.1	Calcul du RWA . . . . .	23
5.1.1	La corrélation entre les actifs . . . . .	23
5.1.2	La maturité ajustée . . . . .	24
5.1.3	La maturité effective . . . . .	24
5.1.4	Besoin en capital . . . . .	24
5.1.5	Le RWA . . . . .	24
5.2	Calcul du RWA, exemple chiffré . . . . .	25
5.3	Calcul du capital à immobiliser : le CT1 . . . . .	27
<b>6</b>	<b>Coût de financement et valeur économique</b>	<b>31</b>
6.1	Coût de financement . . . . .	31
6.2	Valeur économique . . . . .	32

## TABLE DES MATIÈRES

---

<b>7</b>	<b>Retour sur notre travail sous R et R-Shiny</b>	<b>36</b>
7.1	Fonctionnement de R-Shiny . . . . .	36
7.2	Conception des fonctionnalités . . . . .	37
7.3	Les graphiques et le package ggplot2 . . . . .	38
7.4	Conception de l'application . . . . .	39
<b>8</b>	<b>Prise en main de l'application</b>	<b>41</b>
8.1	Documents nécessaires . . . . .	41
8.1.1	Le portefeuille de prêts . . . . .	41
8.1.2	La courbe des taux . . . . .	42
8.2	L'application . . . . .	42
	<b>Conclusion</b>	<b>52</b>
<b>A</b>	<b>Annexe : Exemple 1</b>	<b>53</b>
A.1	Tableau d'amortissement . . . . .	53
A.2	Tableau Income . . . . .	54
A.3	Calcul du CT1 et du coût en capital . . . . .	54
A.4	Calcul du coût de financement . . . . .	54
A.5	Calcul de la valeur actuelle des flux financiers . . . . .	55
A.6	Calcul de la valeur économique . . . . .	55
<b>B</b>	<b>Annexe : Codes R</b>	<b>56</b>
	<b>Bibliographie</b>	<b>71</b>

## Liste des tableaux

1	Amortissement in fine . . . . .	8
2	Amortissement constant . . . . .	9
3	Annuités constantes . . . . .	9
4	Tableau d'amortissement . . . . .	14
5	Tableau Income . . . . .	14
6	Exemple de calcul du RWA . . . . .	26
7	Exemple de calcul du CT1 et du coût en capital . . . . .	28
8	Besoin en capital à appliquer pour le calcul du RWA . . . . .	30
9	PD à utiliser pour le calcul des EL . . . . .	30
10	Exemple de calcul du coût de financement . . . . .	32
11	Calcul de la valeur actuelle des flux financiers . . . . .	33
12	Calcul de la valeur économique . . . . .	34



## Table des figures

1	Opération de prêt . . . . .	7
2	Représentation de $Z_1$ et $Z_2$ . . . . .	12
3	Le taux forward . . . . .	12
4	Représentation de l'EL et de l'UL . . . . .	20
5	Distribution des pertes d'une banque . . . . .	22
6	Représentation du CT1 et des intérêts dans le temps . . . . .	27



# 1 Introduction

## 1.1 Contexte

Notre bureau d'étude consiste à créer un outil de gestion simplifié pour les banques afin qu'elles puissent analyser les risques et les performances inhérents à un portefeuille de prêts bancaires dans le domaine du financement des bateaux.

### **Pourquoi se focaliser précisément sur ce secteur ?**

Car aujourd'hui, plus de 20% des porte-conteneurs sur la planète sont à l'arrêt. En effet, nous sommes dans un contexte de crise du transport maritime puisqu'au début du 21ème siècle, avec la mondialisation et l'essor des échanges commerciaux mondiaux, les entreprises ont commandé un nombre important de porte-conteneurs. Ainsi, sur les quinze dernières années le nombre de porte-conteneurs a été multiplié par quatre.

Cependant, la crise économique de 2008 a provoqué un ralentissement du commerce mondial et donc une baisse des échanges au niveau mondial. De ce fait, les entreprises se sont retrouvées avec plus de porte-conteneurs mais moins de marchandises à transporter. Elles ont donc maintenant des difficultés à rembourser leurs emprunts exposant alors les banques à un risque de crédit pouvant être relativement important.

Le but est donc de fournir aux banques un outil pouvant les aider à maîtriser leur risque de crédit, en leur fournissant une vue d'ensemble sur la rentabilité de leur(s) portefeuille(s) de prêts.

Le critère qui sera utilisé par l'outil pour déterminer la rentabilité des prêts est **la valeur économique**.

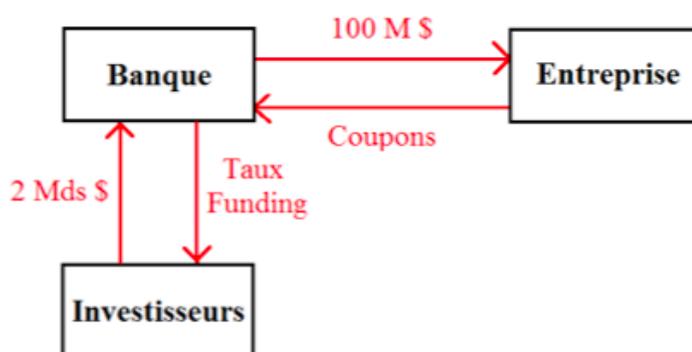
## 1.2 Vue d'ensemble sur une opération de prêt

Avant de pouvoir accorder un prêt, la banque va sur les marchés financiers à la rencontre d'investisseurs afin de pouvoir se constituer des liquidités.

Par conséquent, la banque emprunte une somme importante d'argent avec laquelle elle accordera un ou plusieurs prêts. Sur la figure suivante, la banque emprunte 2 milliards de dollars et en contrepartie, elle rembourse ce capital auquel sera appliqué un taux appelé taux de financement ou taux funding. Ce taux a deux composantes, le Libor, ici le Libor 3 mois et une marge qui est fixée par l'investisseur qui prête à la banque. Cette marge dépend principalement de la durée du prêt.

## 1. INTRODUCTION

---



$$\begin{aligned}\text{Taux de Coupon} &= \text{Libor 3M} + \text{Marge1} \\ \text{Taux Funding} &= \text{Libor 3M} + \text{Marge2}\end{aligned}$$

FIGURE 1 – Opération de prêt

Une fois qu'elle dispose de liquidités, la banque peut accorder des prêts. Par exemple, un prêt de 100 millions de dollars à une entreprise du secteur du transport maritime souhaitant acquérir un bateau. En plus de rembourser le nominal, l'entreprise paiera des intérêts (aussi appelés coupons). Le montant de ces intérêts sera déterminé à partir d'un taux fixé par la banque, c'est le taux de coupon. Comme le taux de financement, il a deux composantes, le Libor, ici le Libor 3 mois et une marge que la banque fixe.

Le **Libor 3 mois** est un taux interbancaire, c'est le taux auquel les banques à Londres échangent de l'argent sur une période de 3 mois. Le Libor est calculé chaque jour, c'est un taux journalier. Notons qu'il existe des taux Libor pour diverses maturités (1 mois, 3 mois, 6 mois, 12 mois, ...).

La banque n'a donc pas la main sur ce taux. Ainsi le seul moyen pour elle d'augmenter la rentabilité de ces prêts est donc de jouer sur la marge qu'elle va appliquer au taux de coupon.



## 2 Tableau d'amortissement

Un tableau d'amortissement est un échéancier dans lequel on fait figurer les périodes, le capital restant dû (en début et/ou en fin de période), les intérêts, l'amortissement du capital et les annuités (*amortissements + intérêts*) d'un emprunt.

### 2.1 Les différents types d'emprunts

Dans les exemples qui vont suivre, on va prendre :

- Capital (C) = 5 000 000 €
- Durée de l'emprunt (T) = 5 ans
- Taux d'intérêt (r) = 5 %

#### 2.1.1 Remboursement in fine

Dans ce mode de remboursement, le capital emprunté est remboursé en fin de période. Dans ce cas, nous avons le tableau d'amortissement suivant :

Période	Capital dû en début de période	Intérêts	Amortissements	Annuités
1	5 000 000	250 000	0	250 000
2	5 000 000	250 000	0	250 000
3	5 000 000	250 000	0	250 000
4	5 000 000	250 000	0	250 000
5	5 000 000	250 000	5 000 000	5 250 000

TABLE 1 – Amortissement in fine

#### 2.1.2 Remboursement avec amortissement constant

À chaque période, l'emprunteur va rembourser un montant d'amortissement constant qui vaut :

$$\frac{\text{Capital emprunté}}{\text{Durée de l'emprunt}} \quad (1)$$

Les intérêts quant à eux sont calculés sur le capital restant dû et sont payés en fin de période.



## 2. TABLEAU D'AMORTISSEMENT

---

D'où le tableau d'amortissement :

Période	Capital dû en début de période	Intérêts	Amortissements	Annuités
1	5 000 000	250 000	1 000 000	1 250 000
2	4 000 000	200 000	1 000 000	1 200 000
3	3 000 000	150 000	1 000 000	1 150 000
4	2 000 000	100 000	1 000 000	1 100 000
5	1 000 000	50 000	1 000 000	1 050 000

TABLE 2 – Amortissement constant

### 2.1.3 Remboursement avec annuités constantes

L'annuité ( $a$ ) est déterminée par la formule qui suit :

$$a = C \left[ \frac{(1 - (1 + r)^{-T})}{r} \right]^{-1} \quad (2)$$

D'où le tableau d'amortissement :

Période	Capital dû en début de période	Intérêts	Amortissements	Annuités
1	5 000 000	250 000	904 874	1 154 874
2	3 845 126	192 256	962 618	1 154 874
3	2 690 252	134 513	1 020 361	1 154 874
4	1 535 378	76 769	1 078 105	1 154 874
5	380 504	19 025	1 135 849	1 154 874

TABLE 3 – Annuités constantes

## 2.2 Construction du tableau d'amortissement

Le tableau d'amortissement que nous avons construit comprend les périodes, les dates de début et fin de période, l'amortissement et le capital restant dû en début et fin de période du prêt.

Le type de remboursement qui est généralement utilisé pour les financements de bateaux est celui avec amortissement constant.



## 2. TABLEAU D'AMORTISSEMENT

---

Pour ce faire, nous avons besoin au préalable de :

- la date à laquelle le prêt est contracté,
- la date d'échéance du prêt aussi appelée maturité qui est la date à laquelle le capital emprunté est amorti s'il n'y a pas de balloon,
- la périodicité du remboursement (trimestrielle, semestrielle, annuelle),
- le capital emprunté,
- le balloon<sup>1</sup> qui vaut 0 si l'emprunteur rembourse l'intégralité du capital emprunté.

Dans un premier temps, nous avons dû créer deux fonctions préliminaires dont on se servira pour créer le tableau final :

- *Addmonths* : Fonction qui en entrée prend une date et le nombre de mois qu'on souhaite lui ajouter et nous renvoie la date majorée du nombre de mois souhaité.
- *SchedNumPeriods* : Fonction qui à partir des dates de début et de fin du prêt et la périodicité calcule le nombre total de périodes.

Ces fonctions préliminaires étant créées, nous pouvons commencer à créer le tableau d'amortissement. Pour ce faire, nous avons créé plusieurs fonctions renvoyant les différentes colonnes du tableau puis nous les avons toutes concaténées sous la forme d'une matrice dans une fonction qui en entrée prend les différents éléments cités ci-dessus et renvoie le tableau ainsi qu'un histogramme montrant l'évolution du remboursement en fonction des périodes.

### 2.3 Calcul des intérêts

Après avoir construit le tableau d'amortissement, il a fallu construire un tableau permettant de déterminer les revenus de la banque ie les intérêts du prêt. Ce tableau sera appelé *Income* dans la suite. Le calcul des intérêts se fera à partir de courbes d'actualisation (aussi appelées *discount curves*).

#### 2.3.1 Travail préliminaire

Les *discount curves* sont utilisées afin de déterminer des discount factors (notés DF dans la suite).

Un DF, représente le prix à payer aujourd'hui pour obtenir 1  $e$  à une date future.

$$DF = \frac{1}{(1+r)^T} \quad (3)$$

avec :

---

1. Il s'agit de la somme que l'emprunteur remboursera directement à l'échéance du prêt. Par conséquent, si Balloon = Nominal alors on obtient un prêt avec remboursement in fine.

## 2. TABLEAU D'AMORTISSEMENT

---

- $r$  : le taux d'actualisation
- $T$  : la fraction de temps considérée

Néanmoins, les *discount curves* ne fournissent les DF que pour un nombre fini de dates ainsi afin de pouvoir obtenir les DF correspondants à nos prêts, il faut réaliser une **interpolation**.

Une **interpolation** est une opération permettant d'obtenir à partir d'un nombre fini de points des valeurs intermédiaires pour lesquelles aucune mesure n'a été effectuée. Il en existe de différents types : linéaires, cubiques, polynomiales ou encore cosinus.

Pour faire l'interpolation dont nous avons besoin, nous utilisons sur  $\mathbb{R}$  la fonction *splinefun* qui effectue une interpolation cubique.

### 2.3.2 Utilisation des discount factors pour le calcul des taux forward

Les DF vont ainsi nous permettre de calculer les taux Libor forward. En effet comme on l'a vu précédemment, le Libor est un taux journalier. De ce fait, le taux Libor à une date future n'est pas connu de la banque, c'est pourquoi elle a recours aux taux forward.

On peut définir le **taux forward** comme l'espérance des taux futurs, il se calcule à partir des taux du marché.

En effet, considérons une origine des temps  $t_0$  et notons :

- $Z_1 = \frac{1}{(1+r_1)^{t_1}}$
- $Z_2 = \frac{1}{(1+r_2)^{t_2}}$

Ainsi, par définition d'un DF,  $Z_1$  (respectivement  $Z_2$ ) représente la valeur en  $t_0$  de 1€ payé en  $t_1$  (respectivement en  $t_2$ )

## 2. TABLEAU D'AMORTISSEMENT

---

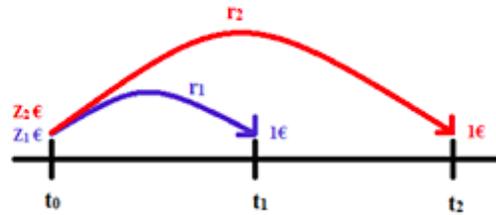


FIGURE 2 – Représentation de  $Z_1$  et  $Z_2$

Si en  $t_0$ , on place  $Z_2 \text{ €}$  au taux  $r_2$  alors on aura  $1 \text{ €}$  en  $t_2$ .

Cependant, les mêmes  $Z_2 \text{ €} = \frac{Z_2}{Z_1} \times Z_1 \text{ €}$  placés en  $t_0$  au taux  $r_1$ , donneront  $\frac{Z_2}{Z_1} \text{ €}$  en  $t_1$

Une fois en  $t_1$ , on replace les  $\frac{Z_2}{Z_1} \text{ €}$  au taux forward noté  $x$ .

Par conséquent, en  $t_2$  on récupère  $\frac{Z_2}{Z_1} \times (1 + x \times \text{Daycount})$

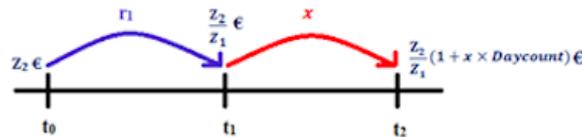


FIGURE 3 – Le taux forward

Avec

- $\text{Daycount} = \frac{\text{nombre exact de jours entre } t_1 \text{ et } t_2}{\text{Référence}}$
- Référence = 360 ou 365 selon la convention choisie

Ainsi, par **absence d'opportunité d'arbitrage**, on a :

$$1 = \frac{Z_2}{Z_1} \times (1 + x \times \text{Daycount})$$

D'où,

$$x = \frac{1}{\text{Daycount}} \times \left( \frac{Z_1}{Z_2} - 1 \right) \quad (4)$$

On sait donc maintenant comment les taux forward se calculent, ainsi, pour une période quelconque, si on note,



## 2. TABLEAU D'AMORTISSEMENT

---

- $Daycount = \frac{\text{date de fin de période} - \text{date de début de période}}{Référence}$
- $DF_{begin} = DF \text{ de début de période}$
- $DF_{end} = DF \text{ de fin de période}$

Avec référence = 360 ou 365 selon la convention choisie. Alors on a :

$$\boxed{Libor\ forward = \frac{1}{Daycount} \times \left( \frac{DF_{begin}}{DF_{end}} - 1 \right)} \quad (5)$$

### 2.3.3 Calcul du coupon

Une fois les taux forward connus, il ne reste plus qu'à ajouter la marge de la banque afin de calculer le montant des intérêts que devra payer l'emprunteur à chaque période.

$$\boxed{Coupon = CRD^2 \times Daycount \times (Libor\ forward + Marge)} \quad (6)$$

Notons que l'application offre à l'utilisateur plusieurs options pouvant influencer le calcul du coupon.

1. *Le Fixing*, il s'agit de la date de calcul des intérêts. Celle-ci peut être fixée en début ou en fin de période.
2. *La périodicité*, différente de celle utilisée pour le tableau d'amortissement, permet de déterminer la période qui sera considérée pour le calcul des intérêts. La périodicité peut être mensuelle, trimestrielle, semestrielle ou annuelle.
3. *La convention de calcul des intérêts*,  $\frac{Exact}{360}$  ou  $\frac{Exact}{365}$ .
4. *La devise*, l'euro (EUR), le dollar (USD) et la livre sterling (GBP).
5. *La marge* appliquée par la banque.

#### Exemple 1 :

Tout au long de ce rapport, nous développerons un même exemple afin d'illustrer les calculs réalisés par l'application. Cet exemple ne prendra en compte qu'un seul et unique prêt.

La généralisation à un portefeuille de n prêts ( $n > 1$ ) sera illustrée lors de la présentation de l'application.

Construction du tableau d'amortissement et du tableau Income.

Pour ce faire, considérons un prêt dont les caractéristiques sont les suivantes :

- 
2. Capital restant dû

## 2. TABLEAU D'AMORTISSEMENT

- Date de début : 31/12/2015
- Somme empruntée : 5 000 000
- Devise : USD
- Date de maturité : 15/10/2025
- Périodicité : 12 mois
- Balloon : 600 000
- Fixing : en début de période
- Périodicité des intérêts : 12 mois
- Convention :  $\frac{Exact}{360}$
- Marge : 0,50%

Période	Date de début	Date de fin	Amortissements	CRD <sup>3</sup> en début de période	CRD en fin de période
0		31/12/2015			5 000 000
1	31/12/2015	15/10/2016	440 000	5 000 000	4 560 000
2	15/10/2016	15/10/2017	440 000	4 560 000	4 120 000
3	15/10/2017	15/10/2018	440 000	4 120 000	3 680 000
4	15/10/2018	15/10/2019	440 000	3 680 000	3 240 000
5	15/10/2019	15/10/2020	440 000	3 240 000	2 800 000
6	15/10/2020	15/10/2021	440 000	2 800 000	2 360 000
7	15/10/2021	15/10/2022	440 000	2 360 000	1 920 000
8	15/10/2022	15/10/2023	440 000	1 920 000	1 480 000
9	15/10/2023	15/10/2024	440 000	1 480 000	1 040 000
10	15/10/2024	15/10/2025	440 000	1 040 000	600 000

TABLE 4 – Tableau d'amortissement

Fixing date	Date de début des intérêts	Date de fin des intérêts	$DF_{Begin}$	$DF_{End}$	Libor FWD	Marge	Coupon
31/12/2015	31/12/2015	31/12/2016	0,9959	0,9857	1,02%	0,50%	61 178
15/10/2016	15/10/2016	15/10/2017	0,9884	0,9735	1,50%	0,50%	92 557
15/10/2017	15/10/2017	15/10/2018	0,9735	0,9556	1,86%	0,50%	98 440
15/10/2018	15/10/2018	15/10/2019	0,9556	0,9357	2,09%	0,50%	96 765
15/10/2019	15/10/2019	15/10/2020	0,9357	0,9149	2,23%	0,50%	90 002
15/10/2020	15/10/2020	15/10/2021	0,9149	0,8937	2,34%	0,50%	80 553
15/10/2021	15/10/2021	15/10/2022	0,8937	0,8723	2,42%	0,50%	69 894
15/10/2022	15/10/2022	15/10/2023	0,8723	0,8510	2,48%	0,50%	57 927
15/10/2023	15/10/2023	15/10/2024	0,8510	0,8297	2,53%	0,50%	45 518
15/10/2024	15/10/2024	15/10/2025	0,8297	0,8088	2,54%	0,50%	32 064

TABLE 5 – Tableau Income

### 3. Capital restant dû



## 3 Les accords de Bâle

Créé en 1974, le Comité de Bâle est né quelques mois après la faillite de la banque allemande Herstatt.

En effet, cette faillite d'Herstatt permit de mettre en exergue le risque systémique planant sur les marchés financiers modernes. C'est pourquoi, sous l'impulsion du directeur de la banque d'Angleterre *Peter Cooke*, les gouverneurs des banques centrales du G10 se réunirent afin de discuter de la création d'une institution consacrée à la supervision bancaire à l'échelle mondiale.

Aujourd'hui, le Comité de Bâle réunit des superviseurs rattachés aux banques centrales de 27 pays et émet des recommandations que les Etats membres se chargent de transposer en droit applicable au sein de leur démocratie. Ces recommandations sont destinées à renforcer la solidité financière mondiale, à améliorer le contrôle prudentiel des banques ainsi que la coopération internationale entre ces dernières. Notons que le Comité de Bâle se réunit quatre fois par an à Bâle dans les locaux de la *Banque des règlements internationaux (BRI)*.

### 3.1 Bâle I

Les premières recommandations émises en 1988 constituent les premiers accords de Bâle (Bâle I). L'élément central de ces accords est un ratio international de solvabilité appelé **ratio Cooke**. Ce ratio traduit une volonté de contraindre les banques à constituer un « matelas » de fonds propres relatif aux risques qu'elles encourent.

L'objectif étant de limiter l'impact financier que la défaillance d'un client pourrait avoir sur une banque.

En effet, les fonds propres apparaissent comme une garantie de la capacité des banques à faire face à leurs engagements. Ainsi, Bâle I exige que les banques respectent un ratio minimal de 8% :

$$\text{Ratio Cooke} = \frac{\text{Fonds propres}}{\text{Risques pondérés sur actifs et hors bilan}} \geq 8\% \quad (7)$$

Les *risques pondérés sur actif et hors bilan* « constituent les engagements de la banque, à l'actif et hors bilan, auxquels un coefficient de pondération est appliqué en fonction du risque de contrepartie que présente le débiteur ».

La pondération varie en fonction de la nature du débiteur, de sa zone géographique ainsi qu'en fonction de la nature de l'opération considérée.

Au travers de ces premiers accords, on voit clairement apparaître la volonté qu'a le Comité de Bâle de se concentrer sur le risque de crédit.

### 3. LES ACCORDS DE BÂLE

---

Néanmoins, jugé trop minimaliste car n'intégrant que le risque de crédit, le ratio Cooke sera révisé en 1996 afin qu'il intègre également les risques de marché qui sont de plus en plus présents au sein des banques à cause du développement de leurs activités sur les marchés financiers.

Depuis les accords dits de Bâle I, le Comité a formulé de nouvelles recommandations afin d'améliorer le contrôle et la gestion des banques notamment en ce qui concerne leurs fonds propres.

En effet, avec l'évolution des activités des banques, la réglementation Bâle I est apparue comme insuffisante notamment car :

- La pondération associée au ratio Cooke ne reflétait pas tout le temps le degré réel de risque (La grille de pondération était trop simple et ne prévoyait que quatre niveaux de risque)
- Seuls les risques de crédit et de marché étaient pris en compte par le ratio Cooke
- Le système de pondération ne prenait pas en compte les évolutions faites en matière de techniques de réduction des risques depuis l'instauration du ratio Cooke.

Ainsi, sont apparus les accords de Bâle II, qui ont été adoptés en 2004 et qui sont entrés en vigueur au 31 décembre 2006.

## 3.2 Bâle II

Les accords de Bâle II reposent sur trois piliers auxquels les banques doivent se conformer :

- Pilier 1 : Exigences minimales de fonds propres.
- Pilier 2 : Surveillance prudentielle.
- Pilier 3 : Transparence et discipline de marché.

Le but de Bâle II est d'offrir aux banques un système plus flexible et plus proche de leur profil de risque respectif tout en les incitant à améliorer leurs procédures internes relatives à la mesure et la gestion des risques.

### 3.2.1 Pilier 1 : Exigences minimales de fonds propres

Ce pilier permet à la banque d'estimer quantitativement le montant minimal de fonds propres dont elle doit disposer relativement aux engagements qu'elle a contractés.

### 3. LES ACCORDS DE BÂLE

---

L'élément central de ce pilier est le **ratio McDonough**, c'est le ratio qui remplace le ratio Cooke. Il s'inscrit dans la même logique que son prédécesseur i.e qu'une banque doit respecter un ratio d'au moins 8% entre fonds propres et risques encourus. Cependant, les risques pris en compte par le ratio McDonough sont élargis (prise en compte du risque opérationnel), la mesure des risques a été modifiée et les techniques de réduction des risques sont davantage prises en compte. On a donc :

$$\text{Ratio McDonough} = \frac{\text{Fonds propres}}{\text{Risque de crédit} + \text{risque de marché} + \text{risque opérationnel}} \geq 8\% \quad (8)$$

Contrairement à Bâle I qui n'offrait qu'une méthode d'évaluation du risque de crédit, Bâle II donne aux banques la possibilité de choisir entre trois approches. La première approche est l'approche standard, l'échelle de pondération offre dix niveaux de risque allant de 0% à 1250% contrairement aux quatre niveaux de risques proposés par Bâle I. De plus, la pondération que la banque affectera à un débiteur devra tenir compte de la note attribuée à ce débiteur par les agences de rating afin que la mesure du risque de contrepartie soit plus fine.

Les deux autres approches (IRB et A-IRB) quant à elles sont basées sur des modèles internes de gestion des risques mis au point par les banques. Nous détaillerons ces approches dans la prochaine partie.

#### 3.2.2 Pilier 2 : La surveillance prudentielle

Ce pilier accroît la surveillance prudentielle et permet au régulateur (l'ACPR en France) de se prononcer quant à la concordance entre les fonds propres réglementaires dont dispose une banque et les risques réels auxquels elle est soumise. Par conséquent, l'ACPR peut exiger qu'une banque renforce ses fonds propres en lui imposant un ratio McDonough d'un certain niveau minimal mais supérieur au 8% initialement demandé. Le but de ce pilier est d'inciter les banques à développer une expertise plus fine en ce qui concerne la gestion des risques.

#### 3.2.3 Pilier 3 : Transparence et discipline de marché

Ce pilier impose aux banques une communication semestrielle notamment sur leurs fonds propres et les différentes méthodes d'évaluation des risques qu'elles utilisent. Cela favorise donc la transparence financière et facilite l'évaluation des banques.

#### 3.2.4 Les limites de Bâle II

Suite à la crise financière de 2008 et à la faillite de Lehman Brothers, le Comité décide de revoir ces recommandations et de renforcer les exigences préconisées.

### 3. LES ACCORDS DE BÂLE

---

C'est ainsi que naissent les accords dits de Bâle III. Il s'agit de la réponse du Comité à la crise.

Effectivement, malgré les améliorations apportées à Bâle II par le Comité, la crise de 2008 a mis en avant les insuffisances de cette réglementation. Celles-ci sont notamment :

- Une sous pondération de certains risques comme ceux liés à la titrisation.
- Un caractère pro-cyclique qui peut amplifier les phénomènes de ralentissement de l'économie.

On dit que Bâle II a un caractère pro-cyclique puisque lorsque la situation économique est bonne le niveau de fonds propres demandé est « bas » tandis qu'il est « élevé » lorsque la situation économique se dégrade.

Ainsi les banques sont souvent contraintes d'accroître leurs fonds propres quand la situation se dégrade alors que les capitaux deviennent plus rares et plus chers. De ce fait, afin de ne pas voir leur ratio de solvabilité augmenter de manière trop importante et donc avoir à mettre en réserve des fonds propres supplémentaires, les banques vont durcir leurs conditions d'attribution de crédits. Par conséquent, il y aura moins d'argent dans l'économie, donc moins d'investissement d'où l'amplification du ralentissement de l'économie.

#### 3.3 Bâle III

Au travers de cette nouvelle réglementation, le Comité de Bâle cherche principalement à :

- Renforcer le niveau et la qualité des fonds propres.
- Permettre une meilleure approche du risque de liquidité en mettant en place deux ratios, le LCR et le NSFR.
- Fournir une norme permettant de comparer les niveaux de capital et d'endettement (le leverage ratio) afin de limiter l'endettement des banques.
- Améliorer la gestion du risque de crédit en révisant l'approche standard et en encadrant de façon plus stricte les systèmes de notation issus des modèles internes des banques.

La mise en œuvre de ces accords est progressive, l'application des premières mesures a commencé en 2013 et le Comité ambitionne un respect de l'ensemble des recommandations formulées pour le 1er Janvier 2019.

## 4 La gestion du risque de crédit dans le cadre des approches IRB et A-IRB

Comme on a pu le voir dans la partie précédente, la gestion du risque de crédit se situe au centre des accords de Bâle. Par définition, le **risque de crédit** est « le risque de subir une perte économique due au manquement des obligations contractuelles d'une contrepartie ».

Les développements et les avancées en matière de mesure et de gestion du risque ont permis d'améliorer la gestion du risque de crédit au cours des dernières années. Ainsi, dans le cadre du pilier 1 de Bâle II, « Exigence minimale de fonds propres », le Comité de Bâle propose aux banques de prendre en compte les récentes avancées en matière de gestion du risque de crédit via les approches IRB (Internal Rating Based) et A-IRB (Advanced Internal Rating Based).

Ces approches autorisent les banques, sous réserve de l'approbation par leur autorité de contrôle prudentiel, à utiliser un modèle interne leur permettant d'estimer leur risque de crédit et donc de calculer le besoin en capital relatif aux risques pris. Si l'approche IRB permet à la banque d'estimer les probabilités de défaut (PD) des emprunteurs, l'approche A-IRB, elle, autorise l'estimation des PD mais aussi des « exposure at default » (EAD) et des « Loss given default » (LGD) nécessaires aux différents calculs permettant d'estimer le risque de crédit et la part de capital à immobiliser relativement à ce risque.

Avant de continuer définissons la PD, l'EAD et le LGD :

- **Probability of default (PD)** : Pourcentage moyen d'emprunteur faisant défaut au cours d'une année. Cette probabilité est calculée en fonction de la note de l'emprunteur.
- **Exposure At Default (EAD)** : Estimation de la somme que l'on est susceptible de perdre si l'emprunteur fait défaut.
- **Loss Given Default (LGD)** : Somme effectivement perdue après le défaut de l'emprunteur (exprimée en pourcentage de EAD).

Ces notions sont centrales et nous permettent alors de définir ce que l'on appelle l'expected loss.

#### 4. LA GESTION DU RISQUE DE CRÉDIT DANS LE CADRE DES APPROCHES IRB ET A-IRB

**Expected loss (EL)** : Somme moyenne que la banque s'attend à perdre sur une période donnée consécutivement aux défauts de paiement de certains débiteurs. Elle est donnée par la formule :

$$EL = PD \times EAD \times LGD \quad (9)$$

Les pertes d'une banque fluctuent chaque année, néanmoins la banque peut établir une distribution des pertes qu'elle subit et donc estimer la perte moyenne qu'elle devrait faire au cours d'une année, c'est l'EL, représentée par la ligne en pointillés sur le schéma suivant :

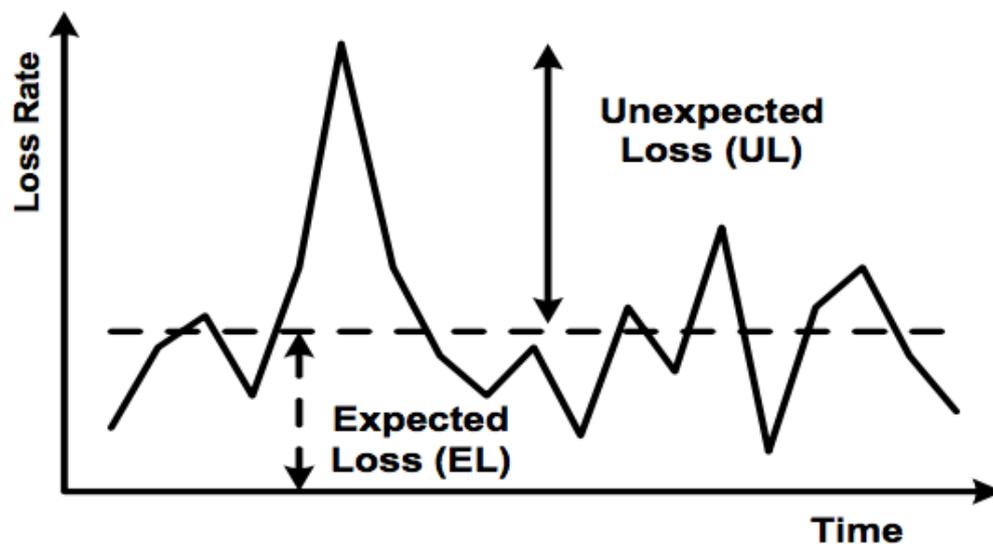


FIGURE 4 – Représentation de l'EL et de l'UL

Ainsi, toute perte se situant au dessus de la ligne en pointillés constitue ce que l'on appelle une **Unexpected Loss (UL)**.

Qu'une banque le veuille ou non, elle devra tôt ou tard faire face à des UL, c'est pourquoi le régulateur exige que la banque immobilise du capital afin de pouvoir couvrir d'éventuelles UL et éviter la faillite. Notons que les EL sont considérées comme un élément intrinsèque de l'activité de crédit, de ce fait, elles sont couvertes par les banques notamment via une prime de risque qu'elles intègrent à la tarification des crédits qu'elles accordent.



#### 4. LA GESTION DU RISQUE DE CRÉDIT DANS LE CADRE DES APPROCHES IRB ET A-IRB

---

Les approches IRB et A-IRB vont donc permettre aux banques de calculer le montant de capital qu'elles doivent immobiliser pour couvrir leur risque de crédit. Ces calculs doivent permettre de trouver un équilibre entre solvabilité et rentabilité.

En effet, une fois le capital immobilisé, la banque ne peut plus y toucher, c'est donc de l'argent en moins pour investir. Par conséquent, immobiliser trop de capital serait contre productif puisque les UL ne se produisent pas forcément chaque année et sont plus ou moins sévères selon les cas. Cependant, si la banque ne possède pas assez de capital pour couvrir les UL auxquelles elle fait face, elle peut faire faillite. Or la faillite d'une banque est précisément l'événement que souhaite éviter le Comité de Bâle.

Pour trouver l'équilibre cherché, le régulateur a décidé d'utiliser une mesure de risque spécifique, la Value-at-Risk (VaR).

**Value-at-Risk :** Etant donné un risque  $X$  et un niveau de probabilité  $\alpha \in ]0,1[$ , la VaR correspondante est le quantile de  $X$  d'ordre  $\alpha$  :

$$VaR(X, \alpha) = \inf \{x \in \mathbb{R}, P(X \leq x) \geq \alpha\}$$

Ainsi,  $VaR(X, \alpha)$  correspond au montant qui permettra de couvrir les pertes engendrées par le risque  $X$  avec une probabilité  $\alpha$ . Cette notion est importante car elle permet de définir la probabilité de ruine d'une banque.

En effet, si l'on considère que le risque de crédit est modélisé par une variable aléatoire  $X$  et que la banque dispose d'un montant de ressources égal à  $VaR(X, \alpha)$  alors sa probabilité de ruine vaut  $1-\alpha$ .

De ce fait, les banques doivent déterminer une VaR pour un  $\alpha$  fixé par le régulateur. Cela permet par la suite de déterminer le capital à immobiliser de manière à ce que les UL ne puissent excéder ce capital qu'avec une probabilité  $1-\alpha$ .

#### 4. LA GESTION DU RISQUE DE CRÉDIT DANS LE CADRE DES APPROCHES IRB ET A-IRB

---

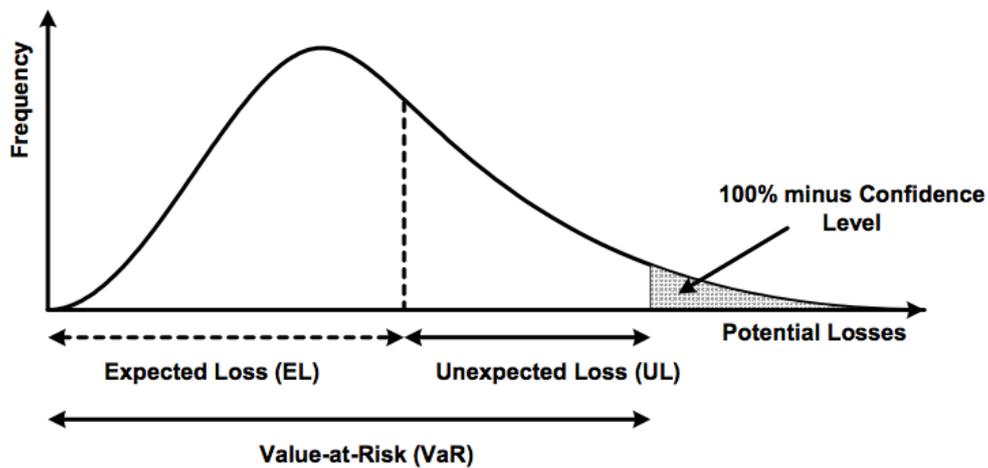


FIGURE 5 – Distribution des pertes d’une banque

La partie de la courbe hachurée en gris à droite sur la figure précédente correspond à un niveau de perte qui ne se produira qu’avec probabilité  $1-\alpha$ . Par conséquent, il est jugé inintéressant d’immobiliser du capital afin de couvrir des pertes d’un tel montant puisque leur probabilité de survenance est extrêmement faible ( $1-\alpha$ ). Notons que les UL correspondent ainsi à la différence entre VaR et EL.



## 5 Le Risk-Weighted Assets (RWA)

Le RWA (ou actifs à risques pondérés en français) est une valeur que doit calculer la banque conformément aux exigences réglementaires afin de déterminer les fonds propres dont elle a besoin pour couvrir ses risques. Ainsi, le capital réglementaire à immobiliser est un pourcentage du RWA.

Les formules pour le calcul du RWA sont issues d'un modèle développé par le Comité de Bâle.

L'une des caractéristiques centrales de ce modèle est qu'il est « **portfolio invariant** » c'est-à-dire que les fonds propres réglementaires dont la banque devra disposer pour couvrir un prêt quelconque ne devront dépendre que du risque inhérent au prêt et non du portefeuille dans lequel se trouve le prêt considéré.

Les modèles « portfolio invariant » classiques sont les **modèles ASRF** (Asymptotic Single Risk Factor).

Pour plus de précisions sur l'utilisation de ces modèles dans le cadre de la gestion du risque de crédit, le lecteur pourra se référer à : Basel Committee on Banking Supervision, *An explanatory note on the Basel II IRB Risk Weight Functions*, 2005 ainsi qu'à la vaste documentation présente sur internet.

### 5.1 Calcul du RWA

Les formules présentées ci-après sont extraites de la documentation officielle fournie par le comité de Bâle : Basel Committee on Banking Supervision, *An explanatory note on the Basel II IRB Risk Weight Functions*, 2005.

On considère connus l'EAD, la maturité de l'opération de crédit, la PD et le LGD.

#### 5.1.1 La corrélation entre les actifs

On note la corrélation  $R$ , et on a :

$$R = Cste \times 0,12 \times \left( \frac{1 - e^{-50 \times PD}}{1 - e^{-50}} \right) + 0,24 \times \left( 1 - \left( \frac{1 - e^{-50 \times PD}}{1 - e^{-50}} \right) \right) \quad (10)$$

$$Cste = \begin{cases} 1,25 & \text{si la totalité des actifs de l'établissement financier est supérieure ou égale à 100 Mds\$} \\ 1 & \text{sinon.} \end{cases}$$

## 5. LE RISK-WEIGHTED ASSETS (RWA)

---

### 5.1.2 La maturité ajustée

On note la maturité ajustée  $b$ , et on a :

$$b = (0,11852 - 0,05478 \times \ln(PD))^2 \quad (11)$$

### 5.1.3 La maturité effective

On note la maturité effective  $M$ , et on a :

$$M = \min(\max(\text{maturité}, 1), 5) \quad (12)$$

### 5.1.4 Besoin en capital

On note le besoin en capital  $K$  et on a :

$$K = LGD \times \left[ N \left( \sqrt{\frac{1}{1-R}} \times G(PD) + \sqrt{\frac{R}{1-R}} \times G(0,999) \right) - PD \right] \times \frac{1+(M-2,5) \times b}{1-1,5 \times b} \times 1,06 \times 12,5 \quad (13)$$

Avec :

- $N$  : la fonction de répartition d'une loi normale centrée réduite
- $G$  : la fonction quantile d'une loi normale centrée réduite

### 5.1.5 Le RWA

$$RWA = K \times EAD \quad (14)$$



### 5.2 Calcul du RWA, exemple chiffré

Supposons que :

- EAD = 1 000 000 \$
- Maturité = 3
- PD = 0,081%
- LGD = 50%

Alors en utilisant les formules détaillées dans la partie précédente on trouve :

- $R = 0,235$
- $b = 0,2585$
- $K = 35\%$
- RWA = 348 518 \$

De ce fait on peut calculer le RWA en utilisant différentes valeurs comme on peut le voir avec le tableau suivant :

## 5. LE RISK-WEIGHTED ASSETS (RWA)

EAD	Maturity	PD rate	LGD rate	R	b	K	RWA
1 000 000	3	0,00%	50%	0,240	0,4747	6%	58 189
1 000 000	3	0,009%	50%	0,239	0,3954	10%	100 046
1 000 000	3	0,0145%	50%	0,239	0,3633	13%	130 148
1 000 000	3	0,0205%	50%	0,239	0,3408	16%	158 366
1 000 000	3	0,029%	50%	0,238	0,3189	19%	193 250
1 000 000	3	0,041%	50%	0,238	0,2979	24%	235 971
1 000 000	3	0,0575%	50%	0,237	0,2780	29%	286 675
1 000 000	3	0,081%	50%	0,235	0,2585	35%	348 518
1 000 000	3	0,115%	50%	0,233	0,2394	42%	424 097
1 000 000	3	0,1625%	50%	0,231	0,2212	51%	512 003
1 000 000	3	0,2295%	50%	0,227	0,2038	61%	613 541
1 000 000	3	0,325%	50%	0,222	0,1869	73%	729 321
1 000 000	3	0,4595%	50%	0,215	0,1709	86%	856 077
1 000 000	3	0,6495%	50%	0,207	0,1556	99%	990 650
1 000 000	3	0,9185%	50%	0,196	0,1410	113%	1 128 387
1 000 000	3	1,299%	50%	0,183	0,1271	126%	1 264 151
1 000 000	3	1,8375%	50%	0,168	0,1139	140%	1 395 797
1 000 000	3	2,5985%	50%	0,153	0,1014	153%	1 527 758
1 000 000	3	3,6745%	50%	0,139	0,0897	167%	1 674 645
1 000 000	3	5,197%	50%	0,129	0,0787	186%	1 858 393
1 000 000	3	7,35%	50%	0,123	0,0684	209%	2 094 732
1 000 000	3	10,394%	50%	0,121	0,0588	237%	2 374 536
1 000 000	3	14,6995%	50%	0,120	0,0500	266%	2 658 231
1 000 000	3	20,7885%	50%	0,120	0,0418	289%	2 886 250
1 000 000	3	29,399%	50%	0,120	0,0344	298 %	2 981 077
1 000 000	3	67,221%	50%	0,120	0,0197	189%	1 894 436

TABLE 6 – Exemple de calcul du RWA



### 5.3 Calcul du capital à immobiliser : le CT1

Une fois les calculs de RWA effectués, la banque peut maintenant déterminer le capital réglementaire qu'elle se doit de posséder relativement à la somme qu'elle a prêté. Ce capital est appelé le **CT1**, c'est un pourcentage du RWA. Pour notre application, le taux utilisé pour le calcul du CT1 sera rentré par l'utilisateur, c'est le taux de capitalisation.

Le CT1 est apporté par les actionnaires de la banque. Ainsi en contrepartie, ceux-ci demandent à la banque un retour sur investissement appelé **Return on equity (ROE)**. Le CT1 a donc un coût pour la banque, on parle de coût en capital. Ce dispositif est illustré sur le schéma suivant :

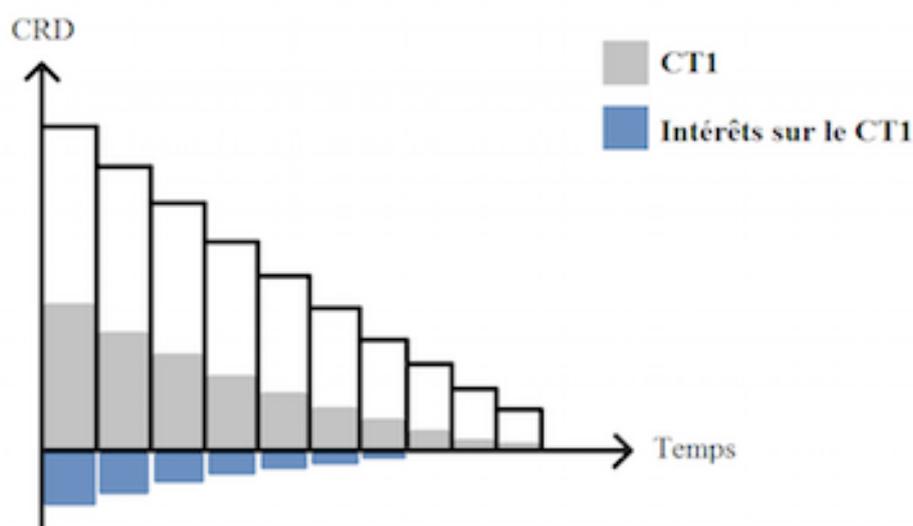


FIGURE 6 – Représentation du CT1 et des intérêts dans le temps

À chaque période, le capital restant dû (CRD) par le débiteur de la banque est représenté. En gris, apparaît le CT1 qui dépend du capital restant dû. Et enfin en bleu, apparaissent les intérêts que la banque devra payer à chaque période à ses actionnaires pour l'apport des liquidités ayant permis de constituer le CT1. Par conséquent, comme le capital restant dû, les intérêts et le CT1 diminuent à chaque période.



## 5. LE RISK-WEIGHTED ASSETS (RWA)

### Exemple 1 (suite) :

- Taux de capitalisation : 13%
- ROE : 15%
- Taux de taxation : 25%
- PD : 10,24%
- LGD : 35%

On suppose également le RWA connu, alors pour notre prêt, on obtient :

EAD	PD	LGD	EL	RWA	CT1	Coût en capital
5 000 000	10,24%	35%	179 200	9 218 145	1 198 359	186 970
4 560 000	10,24%	35%	163 430	8 406 948	1 092 903	218 581
4 120 000	10,24%	35%	147 661	7 595 751	987 448	197 490
3 680 000	10,24%	35%	131 891	6 784 555	881 992	176 398
3 240 000	10,24%	35%	116 122	5 973 358	776 537	155 763
2 800 000	10,24%	35%	100 352	4 896 601	636 558	127 312
2 360 000	10,24%	35%	84 582	3 902 691	507 350	101 470
1 920 000	10,24%	35%	68 813	2 992 472	389 021	77 804
1 480 000	10,24%	35%	53 043	2 165 559	281 523	56 470
1 040 000	10,24%	35%	37 274	1 521 744	197 827	39 565

TABLE 7 – Exemple de calcul du CT1 et du coût en capital

Regardons de plus près la première ligne afin de comprendre comment les calculs du CT1 et du coût en capital sont effectués.

$$CT1 = RWA \times \text{taux de capitalisation} \quad (15)$$

$$CT1 = 9\,218\,145 \times 0,13 = 1\,198\,359 \$$$

$$\text{Intérêts sur le CT1} = CT1 \times \left[ (1 + ROE)^{\frac{T}{365}} - 1 \right] \quad (16)$$

avec T le nombre de jours exact sur la période considérée.

Dans l'exemple considéré, T représente le nombre de jours entre le 31/12/2015 et le 15/10/2016 d'où  $T = 289 \text{ jours}$



## 5. LE RISK-WEIGHTED ASSETS (RWA)

---

$$\text{Intérêts sur le CT1} = 1\,198\,359 \times \left[ (1 + 0,15)^{\frac{289}{365}} - 1 \right] = 140\,227,2 \text{ \$}$$

$$\boxed{\text{Coût en capital} = \frac{\text{Intérêts sur le CT1}}{1 - \text{taux de taxation}}} \quad (17)$$

$$\text{Coût en capital} = \frac{140\,227,2 \text{ \$}}{1 - 0,25} = 186\,970 \text{ \$}$$

Notons que pour le calcul du RWA, l'utilisateur de l'application pourra choisir entre trois méthodes de calcul :

- LCM
- Standardized
- Slotting

La méthode **LCM** correspond à celle présentée dans la partie 5, Le Risk-Weighted Assests. Cette méthode est également utilisée pour les exemples précédents.

La méthode **Standardized** est plus simple. En effet, l'utilisateur doit donner en entrée un pourcentage qui sera ensuite utilisé pour déterminer le RWA. Appelons ce pourcentage S alors on a  $\boxed{RWA = S \times EAD}$ .

Le pourcentage S joue le rôle du besoin en capital (voir équations 9 et 10, partie 5).

Enfin, la méthode **Slotting** est basée sur la notation du débiteur et fournit en fonction de celle-ci, les PD et le besoin en capital.

Cette méthode s'appuie sur les deux tables suivantes :

## 5. LE RISK-WEIGHTED ASSETS (RWA)

---

Term	1 Strong	2 Good	3 Satisfactory	4 Weak	5 Default
< 2,5 years	50%	70%	115%	250%	0%
> 2,5 years	70%	90%	115%	250%	0%

TABLE 8 – Besoin en capital à appliquer pour le calcul du RWA

Term	1 Strong	2 Good	3 Satisfactory	4 Weak	5 Default
< 2,5 years	0%	0,4%	2,8%	8%	50%
> 2,5 years	0,4%	0,8%	2,8%	8%	50%

TABLE 9 – PD à utiliser pour le calcul des EL

## 6 Coût de financement et valeur économique

### 6.1 Coût de financement

Comme nous avons pu le voir dans la section 1.2, Vue d'ensemble sur une opération de prêt, la banque se finance auprès d'investisseurs afin de pouvoir accorder des prêts. Ce financement a donc un coût que nous allons expliciter dans cette partie.

Dans un premier temps, il faut calculer le montant financé par l'emprunt de la banque auprès des investisseurs, si on l'appelle  $F$  alors, étant donné que le CT1 est apporté par les actionnaires de la banque, on a :

$$F = \text{Capital restant dû en début de période} - \text{CT1} \quad (18)$$

Ensuite, on peut calculer le coût de financement (i.e les intérêts payés sur le montant  $F$ ) qui est donné par :

$$\text{Coût de financement} = F \times (\text{Libor forward}) \times \frac{T}{\text{référence}} \quad (19)$$

avec  $T$  le nombre de jours exact sur la période considérée et référence = 360 ou 365 selon la convention choisie.

#### Exemple 1 (suite) :

On reprend notre prêt dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Date de début : 31/12/2015
- Somme empruntée : 5 000 000
- Devise : USD
- Maturité : 15/10/2025
- Périodicité : 12 mois
- Amortissement : 440 000
- Balloon : 600 000
- Fixing : en début de période
- Périodicité des intérêts : 12 mois
- Convention :  $\frac{\text{Exact}}{360}$
- Méthode de calcul du RWA : LCM
- Taux de capitalisation : 13%
- Taux de taxation : 25%

Alors avec ces données de départ, on retombe en ce qui est du CT1 et du coût en capital sur le tableau suivant (qui a été obtenu en partie 5.3, Calcul du capital à immobiliser : le CT1)

## 6. COÛT DE FINANCEMENT ET VALEUR ÉCONOMIQUE

EAD	PD	LGD	EL	RWA	CT1	Coût en capital
5 000 000	10,24%	35%	179 200	9 218 145	1 198 359	186 970
4 560 000	10,24%	35%	163 430	8 406 948	1 092 903	218 581
4 120 000	10,24%	35%	147 661	7 595 751	987 448	197 490
3 680 000	10,24%	35%	131 891	6 784 555	881 992	176 398
3 240 000	10,24%	35%	116 122	5 973 358	776 537	155 763
2 800 000	10,24%	35%	100 352	4 896 601	636 558	127 312
2 360 000	10,24%	35%	84 582	3 902 691	507 350	101 470
1 920 000	10,24%	35%	68 813	2 992 472	389 021	77 804
1 480 000	10,24%	35%	53 043	2 165 559	281 523	56 470
1 040 000	10,24%	35%	37 274	1 521 744	197 827	39 565

On peut maintenant calculer la valeur de F et du coût de financement pour chaque période :

Période	CRD <sup>4</sup> en début de période	F	Marge	Coût de financement
1	5 000 000	3 801 641	0,35%	41 937
2	4 560 000	3 467 097	0,35%	65 100
3	4 120 000	3 132 552	0,35%	70 082
4	3 680 000	2 798 008	0,35%	69 318
5	3 240 000	2 463 463	0,35%	64 674
6	2 800 000	2 163 442	0,35%	58 949
7	2 360 000	1 852 650	0,35%	52 051
8	1 920 000	1 530 979	0,35%	43 861
9	1 480 000	1 198 477	0,35%	35 032
10	1 040 000	842 173	0,35%	24 684

TABLE 10 – Exemple de calcul du coût de financement

### 6.2 Valeur économique

La valeur économique est l'élément central de notre projet. Développée par RBS, la valeur économique permet à la banque de mesurer la rentabilité d'un prêt.

Notons VE la valeur économique. Alors :

- Si  $VE > 100\%$  alors le prêt est rentable,
- Si  $VE < 100\%$  alors le prêt n'est pas rentable,
- Si  $VE = 100\%$  alors la banque ne perd pas d'argent mais n'en gagne pas non plus.

4. Capital restant dû



## 6. COÛT DE FINANCEMENT ET VALEUR ÉCONOMIQUE

---

Le calcul de la VE se base sur l'actualisation des différents flux financiers entrants et sortants de la banque (intérêts du prêt, coût en capital, coût de financement et pertes dues aux emprunteurs défaillants).

Ainsi la valeur économique d'un prêt correspond à la valeur actuelle nette inhérente à sa détention jusqu'à sa maturité.

Pour pouvoir actualiser les flux, il faut calculer des DF. Comme on l'a vu précédemment, les DF sont donnés par la formule :

$$DF = \frac{1}{(1+r)^T}$$

avec :

- r : le taux d'actualisation
- T : la fraction de temps considérée

Dans notre cas, les discounts factor sont calculés avec :

- r = ROE
- $T = \frac{\text{date de fin de période} - \text{date de début de période}}{365}$

Une fois l'ensemble des DF calculé, il suffit de multiplier chaque flux par le DF correspondant à la période considérée afin d'obtenir la valeur actuelle du flux.

### Exemple 1 (suite) :

On reprend notre prêt, ainsi avec ROE = 15% on obtient :

DF <sub>ROE</sub>	Income	Coût en capital	Coût de financement
0,90	54 769	-167 383	-37 544
0,78	72 053	-170 159	-50 679
0,68	66 637	-13 3687	-47441
0,59	56 959	-103 834	-40 803
0,51	46 051	-79 698	-33 091
0,44	35 840	-56 644	-26 228
0,39	27 041	-39 258	-20 138
0,34	19 488	-26 175	-14 756
0,29	13 311	-16 514	-10 244
0,25	8 154	-10 061	-6 277
<b>Total</b>	<b>400 303</b>	<b>-803 413</b>	<b>-287 201</b>

TABLE 11 – Calcul de la valeur actuelle des flux financiers

## 6. COÛT DE FINANCEMENT ET VALEUR ÉCONOMIQUE

Une fois ce tableau obtenu, on exprime les sommes sur chaque colonne en pourcentage du nominal i.e :

$$\begin{aligned} & \text{--- } \frac{\sum_i (Income_{actualisés_i})}{Nominal} \\ & \text{--- } \frac{\sum_i (Coût en capital_{actualisés_i})}{Nominal} \\ & \text{--- } \frac{\sum_i (Coût de financement_{actualisés_i})}{Nominal} \end{aligned}$$

L'émetteur n'étant pas considéré comme défaillant, la banque n'a pas à passer de provisions pour d'éventuelles pertes, ainsi pour notre exemple on obtient le tableau suivant :

<b>Nominal</b>	100%
Income	8,01%
Financement	-5,74%
Pertes	0%
Coût en capital	-16,07%
<b>Valeur économique</b>	86,20%

TABLE 12 – Calcul de la valeur économique

Ainsi on a :  $VE = 100\% + 8,01\% - 5,74\% + 0\% - 16,07\% = 86,20\%$

Par conséquent, le prêt considéré n'est pas rentable puisque la valeur économique de ce dernier est inférieure à 100 %.

La valeur économique est donc un indicateur de rentabilité financière permettant à la banque de savoir s'il faut prêter ou pas, ou s'il faut vendre ou garder un prêt déjà en cours.

Pour calculer la VE d'un portefeuille composé de n prêts, on a besoin des composantes suivantes :

$$\begin{aligned} & \text{--- } \frac{\sum_{j=1}^n (\sum_i (Income_{actualisés_i}))_j}{\sum_{j=1}^n Nominal_j} \\ & \text{--- } \frac{\sum_{j=1}^n (\sum_i (Coût en capital_{actualisés_i}))_j}{\sum_{j=1}^n Nominal_j} \\ & \text{--- } \frac{\sum_{j=1}^n (\sum_i (Coût de financement_{actualisés_i}))_j}{\sum_{j=1}^n Nominal_j} \end{aligned}$$

## 6. COÛT DE FINANCEMENT ET VALEUR ÉCONOMIQUE

---

Puis on procède comme précédemment pour extraire la VE.

Notons qu'en cas de défaut, les pertes estimées correspondront à la valeur actuelle du bateau qui sera saisi par la banque à laquelle on soustrait la valeur actuelle du capital restant dû et des intérêts que le débiteur n'aura pas remboursé.

# 7 Retour sur notre travail sous R et R-Shiny

Nous allons maintenant faire un tour des différentes étapes qui ont rythmé notre projet, d'un point de vue purement technique tout en livrant nos impressions sur le travail effectué.

## 7.1 Fonctionnement de R-Shiny

L'objectif ici n'est pas de faire une présentation complète de R-Shiny et de ses fonctionnalités.

Néanmoins, il nous a paru bon de faire une rapide présentation de l'outil pour mieux comprendre les enjeux de notre bureau d'étude. Pour plus de précisions sur R-Shiny, nous vous invitons à vous rendre sur le site officiel de R-Shiny <http://shiny.rstudio.com> qui présente parfaitement l'outil sous forme de petits exercices facilitant la prise en main.

R-Shiny est un package de R, il possède un double avantage :

- Il permet de mettre en ligne l'application ainsi créée.
- Il permet la création d'une application interactive et simple d'utilisation.

De plus, le programmeur n'a besoin que de connaissances sur la programmation R pour apprendre à utiliser le package : il n'a pas besoin de savoir utiliser un langage HTML par exemple. Pour autant, R-Shiny permet de gérer de manière assez fine l'affichage avec des fonctions simples d'utilisation déjà implémentées dans le package.

De plus, R-Shiny offre la possibilité aux utilisateurs ayant plus de connaissances en langage informatique d'utiliser du HTML et du CSS afin de modifier en profondeur l'application.

Le package dispose de particularités d'utilisation et peut paraître déroutant pour un utilisateur de R sans connaissance sur le sujet. Le code doit en effet être divisé en deux parties (deux pages de codes distinctes) :

- Une page qui doit être nommée **Server** : Cette page contient la partie « calculatoire » du code. C'est ici que s'effectue l'ensemble des calculs devant aboutir à des sorties sous forme de variables.

- L'autre page doit être nommée **ui** (user interface) : cette page joue un triple rôle.

Elle définit la mise en page de l'application, la manière dont sont disposés les différents éléments sur l'application. A fortiori et deuxièmement, on détermine ici les sorties (calculées dans le Server) que l'on souhaite afficher à l'utilisateur. Enfin, elle sert à définir les variables (entrées) sur lesquelles l'utilisateur aura un impact, celles qu'il pourra modifier.

Dans le Server, on peut définir des « **reactive** » qui sont des variables qui dépendent des valeurs des autres « reactive » et des entrées de l'utilisateur. On comprend ainsi que les variables modifiées par l'utilisateur entraînent un nouveau calcul des sorties. Cela implique une modification de l'affichage de l'application. Un des avantages de R-Shiny c'est qu'il détecte directement qu'une entrée a été modifiée et procède donc automatiquement aux modifications adéquates.

### 7.2 Conception des fonctionnalités

Notre objectif était de modéliser les différentes étapes de la vie d'un prêt sur R. Ce travail nous a occupé pendant les trois quart de l'année.

Dans un premier temps, il a fallu effectuer tous les calculs intermédiaires permettant d'aboutir à la valeur économique du prêt. Nous avons décidé de réaliser ces calculs sous R pour permettre la retranscription ensuite sous R-Shiny.

Néanmoins, même si l'objectif du BE (mesurer la rentabilité d'un portefeuille de prêts) a tout de suite été clair pour nous, le cheminement du travail à fournir restait un peu flou. C'est pourquoi on nous a demandé d'agir étape par étape. On a donc d'abord construit un tableau d'amortissement, puis un tableau faisant apparaître les intérêts, un tableau sur le coût en capital, ... jusqu'à arriver au dernier tableau résumant la valeur économique du prêt. À chaque étape, il fut nécessaire de comprendre les nouvelles notions (RWA, CT1, ...) avant de les implémenter.

Pour plus de lisibilité, plus de souplesse et en prévoyant l'implémentation sous R-Shiny, nous sommes partis dès le début sur des calculs procédant petite fonction par petite fonction.

Cela signifie que chacune de nos étapes intermédiaires devait être contenue dans un vecteur ou une matrice.

Le manque de visibilité du projet nous a souvent amené à revenir en arrière.

Par exemple, en découvrant plus en profondeur R-Shiny, nous avons réalisé que beaucoup de nos petites fonctions faisaient appel à d'autres de nos fonctions.

Or si ce type de codage est très pratique d'emploi sur R, cela pouvait amener R-Shiny à calculer de multiples fois la même chose. Par conséquent, vers le milieu



d'année, nous avons repris l'ensemble de nos fonctions et réécrit leurs entrées pour ne plus faire appel à nos anciennes fonctions.

Cette démarche a rendu notre code plus compliqué à exploiter mais nous a simplifier le travail par la suite lors du passage sous R-Shiny.

De plus, et bien que cela ne fasse pas partie des exigences de départ, il était capital pour nous, que notre code soit un minimum optimisé afin de s'assurer que l'application puisse supporter un grand nombre d'entrées.

En cours de projet, nous avons donc veillé à supprimer toutes les boucles de nos fonctions, afin d'éviter tout ralentissements des calculs faits par R et R-Shiny.

À l'arrivée, nous sommes parvenus à retirer toutes les boucles sauf une, concernant une fonction sensible touchant aux dates de notre application.

Dans le cadre de l'application, il a également été nécessaire de travailler sur les sorties graphiques. Cependant, les graphes classiques de R étant limités et pas forcément très esthétiques, nous avons utilisé le package *ggplot 2*.

### 7.3 Les graphiques et le package ggplot2

Pour l'application, nous avons dû réaliser 3 graphiques.

Le premier graphique que nous avons réalisé est un graphique en cascade (Waterfall) qui représente les pourcentages des valeurs totales du *Nominal*, *Income*, *Funding*, *Losses*, et *Capital cost* par rapport au *Nominal*, ainsi que la valeur économique.

Les 5 premières données sont représentées en cascade c'est-à-dire qu'à partir de la valeur du *Nominal* si le pourcentage *Income* est positif la barre de l'histogramme va monter sinon elle descendra et ainsi de suite jusqu'à la valeur du *Capital cost*. Une fois cette cascade réalisée, on revient à zéro et on affiche la valeur économique.

Afin de tracer ce graphe, un travail préliminaire a dû être effectué sur le tableau contenant ces différents pourcentages. Nous avons dans un premier temps dû le transformer en un *data.frame* puis nous avons rajouté des colonnes dont une qui indique si la valeur du pourcentage est positive ou négative : elles nous serviront pour tracer le graphe. Une fois notre *data.frame* construit nous avons utilisé une succession de fonctions pour obtenir le visuel voulu :

## 7. RETOUR SUR NOTRE TRAVAIL SOUS R ET R-SHINY

---

- **ggplot** : on donne à cette fonction le *data.frame* créé et on lui indique les données qui sont en abscisses, celles qui sont en ordonnées et par rapport à quoi on effectue le remplissage des barres de l’histogramme.
- **geom\_rect** : Cette fonction va permettre de tracer le graphe sous forme de barres mais on va lui indiquer les valeurs à prendre pour tracer les barres.
- **theme\_minimal** : Il existe dans *ggplot2* plusieurs thèmes pour afficher les graphes. Nous avons fait le choix d’un thème minimaliste.
- **scale\_x\_discrete** : Cette fonction nous permet d’effectuer des modifications sur l’axe des abscisses.
- **theme** : Nous avons utilisé cette fonction en plus de *theme\_minimal* afin de faire disparaître la légende qui ne nous intéresse pas ici.
- **geom\_text** : Cette fonction nous permet d’ajouter les valeurs sur le graphe.

La principale difficulté technique rencontrée pour ce graphe a été de placer les valeurs affichées là où on le souhaitait.

Ensuite, nous avons réalisé un deuxième graphe qui est un histogramme empilé des valeurs *Income*, *Funding* et *Capital* par *Période*. Comme le graphique précédent nous avons transformé notre tableau en *data.frame* puis nous avons utilisé cette fois-ci pour tracer le graphe les fonctions *ggplot*, *theme\_minimal* ainsi que la fonction *geom\_bar* qui nous permet de tracer des barres de largeur proportionnelle.

Enfin, nous avons réalisé un autre histogramme empilé mais cette fois-ci sur les valeurs du *CT1*, *Funded Amount* et *RWA – CT1 – Funded Amount* par *Période*.

### 7.4 Conception de l’application

Au tout début de notre BE, au vu de notre sujet, un de nos objectifs a été de se familiariser avec R-Shiny.

Pour se faire, nous avons utilisé la documentation du site officiel <http://shiny.rstudio.com>. Celle-ci nous a permis une première prise de contact assez facile avec l’environnement Shiny.

Nous avons ainsi réalisé une première application afin de tester nos compétences, mais nous avons assez vite abandonné le code Shiny pour nous consacrer à l’élaboration des fonctionnalités de l’application.

Une fois cette première partie largement avancée, nous avons pu démarrer la conception de l’application.

Ceci commençait par un travail fastidieux : faire calculer au Server, dans des *reactives*, l’ensemble des éléments à notre disposition (plus de 20 fonctions in-



## 7. RETOUR SUR NOTRE TRAVAIL SOUS R ET R-SHINY

---

termédiaires). Encore une fois, nous avons été amenés à remodifier plusieurs de nos fonctions pour une meilleure structure de notre code final.

Ce travail a été d'autant plus fastidieux, puisqu'au cours de l'implémentation sous Shiny, il a également fallu considérer un portefeuille de prêts et non plus un seul prêt. Il fallait donc calculer pour chaque prêt chacun des éléments nécessaires.

Une fois cette longue phase terminée, nous avons pu travailler sur l'interactivité de l'application.

En effet, nous voulions que l'application soit la plus interactive possible pour le bien-être de l'utilisateur. C'est d'ailleurs pour cela que notre ui est composé de beaucoup de *conditional panels* qui sont des parties qui ne s'affichent que si des conditions sont vérifiées. Ceci nous permet d'afficher uniquement le strict nécessaire pour plus de clarté.

Par exemple, une fois les fichiers de l'utilisateur chargés, il nous a semblé inutile de laisser l'outil de chargement de fichier à l'écran puisqu'il prend beaucoup de place. Ainsi une fois les fichiers chargés, cet outil a été caché tout en offrant à l'utilisateur la possibilité d'y accéder s'il le souhaite.

Nous avons également pu développer des parties de l'ui qui s'adaptent au portefeuille de prêts considérés. C'est le cas de notre *slider* dont la valeur maximale dépendra du nombre de prêts présents dans le portefeuille.

Nous avons aussi travaillé sur le design de l'application. Nous voulions sortir un peu du canevas classique de R shiny pour avoir une application plus originale. Ce travail, bien qu'annexe au projet, nous a apporté une très bonne expérience.

En effet, nous avons été amenés à modifier un fichier CSS alors qu'aucun de nous n'avait de connaissances sur le sujet. En utilisant la documentation présente sur internet et surtout les forums, nous sommes parvenus à faire ressembler l'application à ce que l'on voulait et nous avons pu modifier certains détails. Ainsi, cela nous a permis d'améliorer notre compréhension générale concernant le fonctionnement d'une page internet et de ses codes HTML et CSS.

# 8 Prise en main de l'application

Cette section se veut être un guide d'utilisation de notre application. Elle devrait répondre aux questions majeures que vous vous posez sur l'utilisation de l'application.

## 8.1 Documents nécessaires

Avant de pouvoir utiliser l'application, il faut se munir de deux documents Excel (format csv) :

- Votre portefeuille de prêts, une ligne doit correspondre à un prêt.
- La courbe des taux.

### 8.1.1 Le portefeuille de prêts

Sur la première ligne, vous devez avoir les noms des caractéristiques du prêt. Vous ne devez pas changer les noms (qui sont souvent des abréviations) car l'application les utilise. Par contre l'ordre des cases est à votre bon vouloir.

Voici pour chaque prêt les caractéristiques à remplir :

- CurrentBalance : le nominal du prêt.
- Currency : La monnaie dans laquelle le prêt est réalisé (l'application supporte USD, EUR, GBP).
- start : La date de début du prêt (format date sous Excel).
- mat : La date de maturité du prêt.
- Periodicite : La périodicité utilisée dans le tableau d'amortissement.
- EndBalance : Le ballon de votre prêt.
- Margin Interest : la marge que vous désirez appliquer pour le calcul des intérêts.
- Capital Regime : méthode de calcul du capital réglementaire (l'application supporte Standardized, LCM, Slotting).
- PD : la probabilité de défaut à appliquer à l'emprunteur (La case peut être ignorée en mode Slotting).
- LGD : Loss Given Default.
- Funding spread : la marge payée par la banque lors de son financement sur les marchés financiers
- Arrears : Paiement des intérêts en fin de périodes (YES) ou au début (NO).
- PeriodiciteIN : périodicité utilisée pour les intérêts
- Grade : notation de l'entreprise qui emprunte. Uniquement valable pour la méthode Slotting (Strong, Good, Satisfactory, Weak, Default sont acceptés)



## 8. PRISE EN MAIN DE L'APPLICATION

---

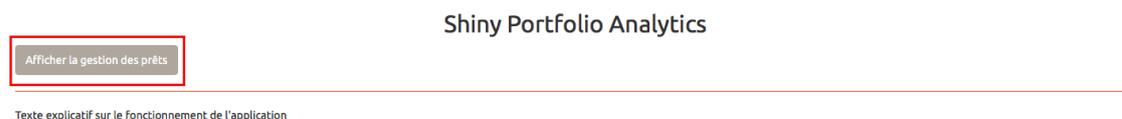
### 8.1.2 La courbe des taux

Sur la première colonne doivent figurer les dates auxquelles on connaît les taux. Sur la deuxième, les DF de la courbe en euro, la troisième ceux en dollar, et sur la quatrième ceux en livre sterling.

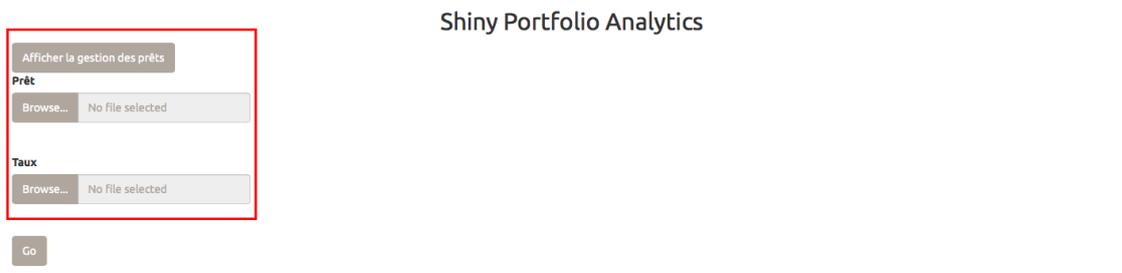
Si vous ne disposez pas de l'une de ces trois courbes vous pouvez tout simplement ne pas remplir la colonne (l'ordre reste à conserver pour un bon fonctionnement de l'application). Sur la première ligne doivent figurer les titres suivant : date, EUR, USD, GBP.

## 8.2 L'application

Une fois en possession des documents nécessaires, l'application est simple d'emploi. Il faudra, dans un premier temps, appuyer sur le bouton "Afficher la gestion des prêts".



Une fois ici, vous devrez sélectionner dans vos dossiers le fichier de votre portefeuille de prêts dans la case Prêt et le fichier avec votre courbe de taux dans la case Taux.



## 8. PRISE EN MAIN DE L'APPLICATION

Il vous suffit maintenant d'appuyer sur le bouton "Go" pour voir le traitement de votre portefeuille.

De base l'application vous affiche les informations sur la valeur économique de votre portefeuille. Vous avez donc le tableau avec la valeur économique ainsi que ses différentes composantes et de manière plus visuelle le graphe correspondant.



Vous pouvez choisir d'afficher cette information prêt par prêt en cochant simplement la petite case "prêt par prêt".



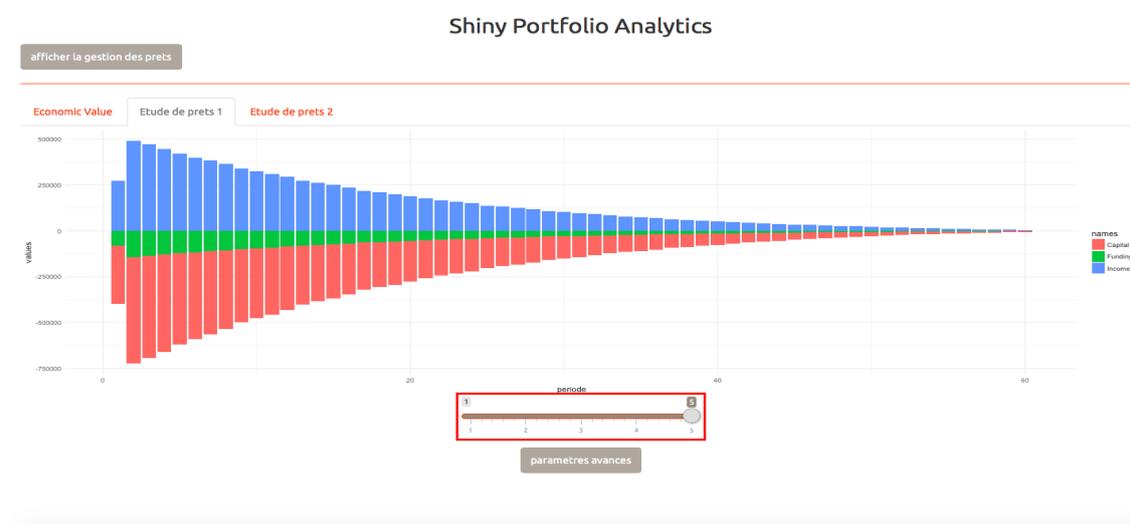
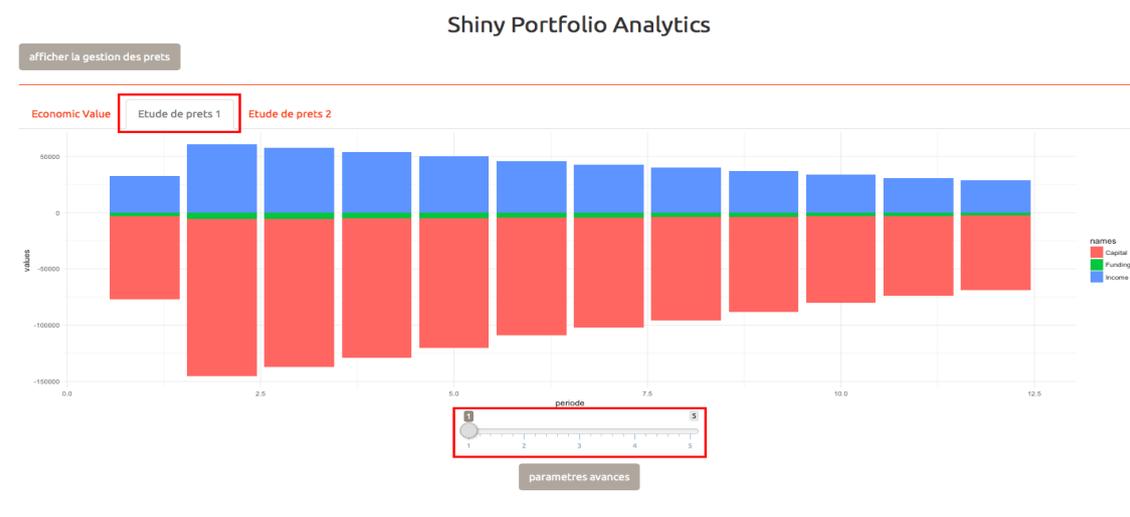
## 8. PRISE EN MAIN DE L'APPLICATION

Dans ce cas, un slider apparaîtra juste en dessous du tableau et vous pourrez afficher la rentabilité du prêt souhaité (ils sont numérotés dans l'ordre où ils sont inscrits dans le fichier des prêts).

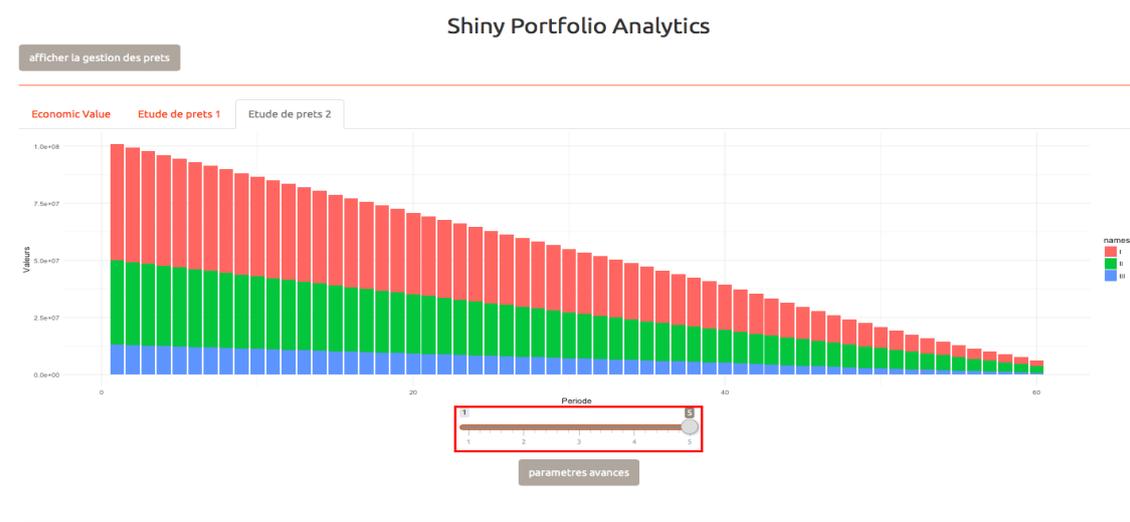


## 8. PRISE EN MAIN DE L'APPLICATION

En sélectionnant les onglets « Etude de prêts 1 » et « Etude de prêts 2 » de la barre de navigation, vous pouvez afficher des graphes représentant l'évolution de chaque prêt dans le temps. Là encore, un petit slider vous permettra de changer le prêt que vous souhaitez considérer.



## 8. PRISE EN MAIN DE L'APPLICATION



Avec :

- I :  $RWA - (CT1 + F)$
- II : F (Voir formule (18), Partie 6.1, Coût de financement)
- III : CT1



## 8. PRISE EN MAIN DE L'APPLICATION

En appuyant sur le bouton "Paramètres avancés", vous ferez apparaître de nouveaux widgets que vous pourrez modifier. Comme son nom l'indique, ce sont des paramètres de calculs que vous pouvez modifier. En voici la liste :

- **Référence** : Permet de choisir entre convention  $\frac{Exact}{360}$  et  $\frac{Exact}{365}$
- **Capital rate** : Permet de modifier le taux de capitalisation (fixé par défaut à 13%)
- **ROE** : Permet de modifier le Return on Equity (fixé par défaut à 15 %)
- **Tax rate** : Permet de modifier le taux de taxation (fixé par défaut à 25 %)
- **Standardized** : permet de déterminer le pourcentage S utilisé pour calculer le RWA en mode Standardized, voir Partie 5.3, Calcul du capital à immobiliser : le CT1, pour plus de précisions. (fixé par défaut à 100%)

**Shiny Portfolio Analytics**

afficher la gestion des prets

Economic Value Etude de prets 1 Etude de prets 2

pret par pret

Economic Value Table

	value (% of nominal)
Nominal	1.00
Income	0.08
Funding	-0.02
losses	0.00
Capital	-0.09
Economic Value	0.97

[Download](#)

Economic Value plot

[parametres avances](#)

---

Economic Value Table

	value (% of nominal)
Nominal	1.00
Income	0.08
Funding	-0.02
losses	0.00
Capital	-0.09
Economic Value	0.97

[Download](#)

Economic Value plot

[parametres avances](#)

reference

Capital Rate

ROE

Tax Rate

Standardized



## 8. PRISE EN MAIN DE L'APPLICATION

---

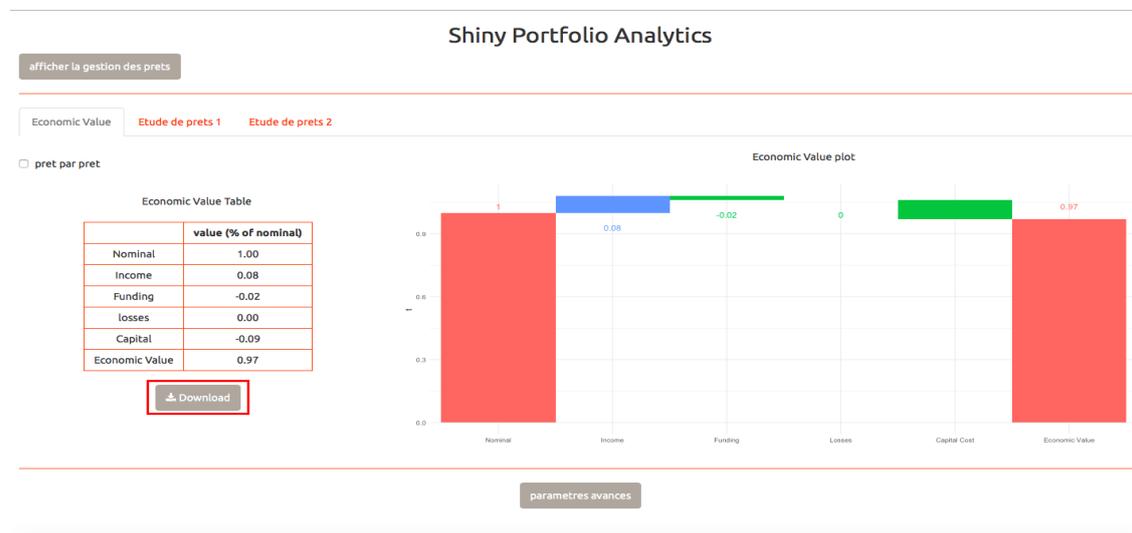
Enfin, l'application offre la possibilité à l'utilisateur de télécharger au format csv un tableau récapitulatif pour l'ensemble du portefeuille ou pour un prêt précis.

Ce tableau comporte 11 colonnes résumant les informations principales relatives au(x) prêt(s) considéré(s) :

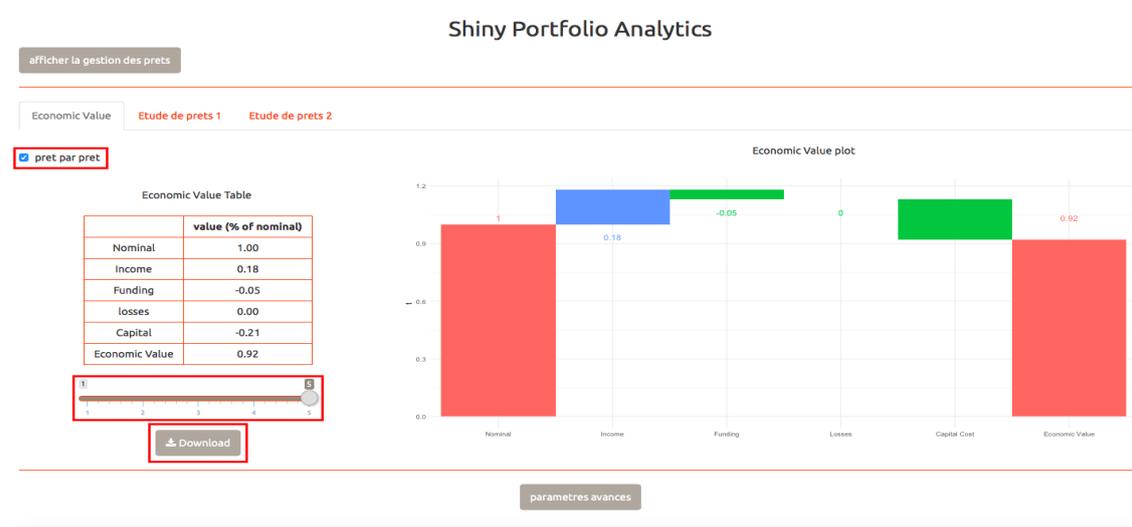
- Période
- Begin Date
- End Date
- Open Balance
- End Balance
- Amortissement
- Coupon
- RWA
- CT1
- Capital Cost
- Cost of Funding

## 8. PRISE EN MAIN DE L'APPLICATION

Dans cette configuration, l'utilisateur télécharge le tableau avec les données relatives à l'ensemble du portefeuille



Tandis qu'ici, le tableau téléchargé est relatif au prêt 5.



## 8. PRISE EN MAIN DE L'APPLICATION

---

Voilà un aperçu du fichier taux et du portefeuille utilisés pour l'explication précédente :

	A	B	C	D
1	date	EUR	USD	GBP
2	02/02/15	1	1	1
3	28/02/15	0,9999	0,9998	0,9995
4	31/05/15	0,9996	0,9989	0,9978
5	31/08/15	0,9992	0,9978	0,9961
6	30/11/15	0,9989	0,9965	0,9942
7	29/02/16	0,9986	0,9947	0,9922
8	31/05/16	0,9982	0,9925	0,99
9	31/08/16	0,9978	0,9898	0,9876
10	30/11/16	0,9974	0,9868	0,985
11	28/02/17	0,997	0,9834	0,9822
12	31/05/17	0,9964	0,9796	0,9791
13	31/08/17	0,9958	0,9756	0,9759
14	30/11/17	0,9951	0,9714	0,9727
15	28/02/18	0,9943	0,9672	0,9693
16	31/05/18	0,9935	0,9626	0,9658
17	31/08/18	0,9925	0,9579	0,9623
18	30/11/18	0,9914	0,9531	0,9586
19	28/02/19	0,9902	0,9482	0,955
20	31/05/19	0,989	0,9432	0,9513
21	31/08/19	0,9876	0,9382	0,9475
22	30/11/19	0,9861	0,9331	0,9437
23	29/02/20	0,9845	0,928	0,9399
24	31/05/20	0,9828	0,9228	0,936
25	31/08/20	0,981	0,9175	0,9321
26	30/11/20	0,9791	0,9123	0,9282
27	28/02/21	0,9771	0,9071	0,9244
28	31/05/21	0,975	0,9017	0,9204
29	31/08/21	0,9727	0,8964	0,9164
30	30/11/21	0,9704	0,891	0,9125
31	28/02/22	0,968	0,8857	0,9086
32	31/05/22	0,9654	0,8804	0,9046
33	31/08/22	0,9627	0,875	0,9005
34	30/11/22	0,96	0,8696	0,8965
35	28/02/23	0,9572	0,8643	0,8926



## 8. PRISE EN MAIN DE L'APPLICATION

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	loan	Current Balance	currency	start	mat	periodicite	EndBalance	Margin inter	Capital Regim	PD	LGD	Funding Spre	arrears	periodicite	IN grade
1	1	10000000	USD	01/12/17	15/10/20	3	6000000	0,025	Slotting	0,1	0,35	0,0023	NO	3	Weak
3	2	100000000	USD	14/05/17	05/03/22	12	0	0,02	Slotting	0,07	0,35	0,0015	NO	12	Strong
4	3	14000000	USD	31/12/15	15/10/25	6	600000	0,005	Slotting	0,1024	0,35	0,0035	NO	6	Strong
5	4	25000000	USD	14/05/17	05/03/22	12	25000000	0,0125	Standardized	0,07	0,35	0,0015	NO	12	
6	5	50000000	USD	12/02/15	01/01/30	3	3000000	0,04	LCM	0,14	0,35	0,015	NO	3	
7															



### Conclusion

Notre application R Shiny permet à un utilisateur de mesurer la rentabilité d'un portefeuille de prêts qu'il va importer. Cette application se veut visuelle et permet à l'utilisateur d'avoir une vue synthétique sur son portefeuille grâce aux graphiques présentés. De plus, l'application offre une vue détaillée sur chaque prêt et sur ses principales caractéristiques financières (CT1, RWA, ...).

Cependant, faute de temps nous n'avons pas pu intégrer toutes les fonctionnalités souhaitées à notre application.

Ainsi, en plus du travail effectué jusqu'à présent, il serait intéressant d'inclure dans l'application la valeur des bateaux pour ainsi pouvoir calculer le « rapport »  $\frac{\text{prêt}}{\text{valeur}}$  (Loan To Value) et le taux de couverture de la dette par exemple.

La valeur des bateaux permettrait à la banque d'estimer plus finement les pertes potentielles auxquelles elle s'expose en cas de défaut du débiteur. Effectivement, en cas de défaut, la banque peut saisir le(s) bateau(x) acheté(s) par le débiteur afin d'amortir sa perte. Toutefois une question subsiste, que faire des bateaux saisis sachant que le commerce maritime international n'est pas porteur ?

Il faudrait également rajouter un tableau journalier permettant d'avoir une vue sur le capital restant dû, les intérêts à percevoir et le CT1 à posséder un jour donné.

En conclusion, ce bureau d'étude a été extrêmement enrichissant et cela à divers niveaux.

En effet, il nous a donné un aperçu du travail en entreprise et nous a illustré les contraintes et avantages du travail en équipe.

Enfin, grâce à ce travail nous avons pu acquérir de nouvelles connaissances et développer de nouvelles compétences aussi bien en informatique qu'en mathématiques financières.

## A Annexe : Exemple 1

Nous considérons un prêt dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Date de début : 31/12/2015
- Somme empruntée : 5 000 000
- Devise : USD
- Date de maturité : 15/10/2025
- Périodicité : 12 mois
- Balloon : 600 000
- Fixing : en début de période
- Périodicité des intérêts : 12 mois
- Convention :  $\frac{Exact}{360}$
- Marge : 0,50%
- taux de capitalisation : 13%
- ROE : 15%
- taux de taxation : 25%
- PD : 10,24%
- LGD : 35%
- Méthode de calcul du RWA : LCM

### A.1 Tableau d'amortissement

Période	Date de début	Date de fin	Amortissements	CRD <sup>5</sup> en début de période	CRD en fin de période
0		31/12/2015			5 000 000
1	31/12/2015	15/10/2016	440 000	5 000 000	4 560 000
2	15/10/2016	15/10/2017	440 000	4 560 000	4 120 000
3	15/10/2017	15/10/2018	440 000	4 120 000	3 680 000
4	15/10/2018	15/10/2019	440 000	3 680 000	3 240 000
5	15/10/2019	15/10/2020	440 000	3 240 000	2 800 000
6	15/10/2020	15/10/2021	440 000	2 800 000	2 360 000
7	15/10/2021	15/10/2022	440 000	2 360 000	1 920 000
8	15/10/2022	15/10/2023	440 000	1 920 000	1 480 000
9	15/10/2023	15/10/2024	440 000	1 480 000	1 040 000
10	15/10/2024	15/10/2025	440 000	1 040 000	600 000

## A.2 Tableau Income

Fixing date	Date de début des intérêts	Date de fin des intérêts	$DF_{Begin}$	$DF_{End}$	Libor FWD	Marge	Coupon
31/12/2015	31/12/2015	31/12/2016	0,9959	0,9857	1,02%	0,50%	61 178
15/10/2016	15/10/2016	15/10/2017	0,9884	0,9735	1,50%	0,50%	92 557
15/10/2017	15/10/2017	15/10/2018	0,9735	0,9556	1,86%	0,50%	98 440
15/10/2018	15/10/2018	15/10/2019	0,9556	0,9357	2,09%	0,50%	96 765
15/10/2019	15/10/2019	15/10/2020	0,9357	0,9149	2,23%	0,50%	90 002
15/10/2020	15/10/2020	15/10/2021	0,9149	0,8937	2,34%	0,50%	80 553
15/10/2021	15/10/2021	15/10/2022	0,8937	0,8723	2,42%	0,50%	69 894
15/10/2022	15/10/2022	15/10/2023	0,8723	0,8510	2,48%	0,50%	57 927
15/10/2023	15/10/2023	15/10/2024	0,8510	0,8297	2,53%	0,50%	45 518
15/10/2024	15/10/2024	15/10/2025	0,8297	0,8088	2,54%	0,50%	32 064

## A.3 Calcul du CT1 et du coût en capital

EAD	PD	LGD	EL	RWA	CT1	Coût en capital
5 000 000	10,24%	35%	179 200	9 218 145	1 198 359	186 970
4 560 000	10,24%	35%	163 430	8 406 948	1 092 903	218 581
4 120 000	10,24%	35%	147 661	7 595 751	987 448	197 490
3 680 000	10,24%	35%	131 891	6 784 555	881 992	176 398
3 240 000	10,24%	35%	116 122	5 973 358	776 537	155 763
2 800 000	10,24%	35%	100 352	4 896 601	636 558	127 312
2 360 000	10,24%	35%	84 582	3 902 691	507 350	101 470
1 920 000	10,24%	35%	68 813	2 992 472	389 021	77 804
1 480 000	10,24%	35%	53 043	2 165 559	281 523	56 470
1 040 000	10,24%	35%	37 274	1 521 744	197 827	39 565

## A.4 Calcul du coût de financement

Période	CRD <sup>6</sup> en début de période	F	Marge	Coût de financement
1	5 000 000	3 801 641	0,35%	41 937
2	4 560 000	3 467 097	0,35%	65 100
3	4 120 000	3 132 552	0,35%	70 082
4	3 680 000	2 798 008	0,35%	69 318
5	3 240 000	2 463 463	0,35%	64 674
6	2 800 000	2 163 442	0,35%	58 949
7	2 360 000	1 852 650	0,35%	52 051
8	1 920 000	1 530 979	0,35%	43 861
9	1 480 000	1 198 477	0,35%	35 032
10	1 040 000	842 173	0,35%	24 684

## A.5 Calcul de la valeur actuelle des flux financiers

$DF_{ROE}$	Income	Coût en capital	Coût de financement
0,90	54 769	-167 383	-37 544
0,78	72 053	-170 159	-50 679
0,68	66 637	-13 3687	-47441
0,59	56 959	-103 834	-40 803
0,51	46 051	-79 698	-33 091
0,44	35 840	-56 644	-26 228
0,39	27 041	-39 258	-20 138
0,34	19 488	-26 175	-14 756
0,29	13 311	-16 514	-10 244
0,25	8 154	-10 061	-6 277
<b>Total</b>	<b>400 303</b>	<b>-803 413</b>	<b>-287 201</b>

## A.6 Calcul de la valeur économique

<b>Nominal</b>	100%
Income	8,01%
Financement	-5,74%
Pertes	0%
Coût en capital	16,07%
<b>Valeur économique</b>	<b>86,19%</b>

## B Annexe : Codes R

```

1 library(shiny)
3
5 shinyUI(fluidPage(
7
9   tags$style("charset=utf-8"),
   tags$style(type="text/css",
11     ".shiny-output-error { visibility: hidden; }",
     ".shiny-output-error:before { visibility: hidden; }"
13   ),
15
   column(12, align="center", titlePanel("Shiny Portfolio Analytics")),
17   actionButton("go", "afficher la gestion des prets"),
   conditionalPanel(condition="output.go==1",
19     fileInput("pret", 'pret'),
     fileInput("taux", 'taux'),
21     actionButton("go2", "go")),
   tags$hr(style="border-color: #E95420;"),
23
   conditionalPanel(condition="input.go2==0", textOutput("text")),
25
   conditionalPanel(condition="input.go2>0",
27
29     tabsetPanel(
       tabPanel("Economic Value", br()),
31       fluidRow(column(2, checkboxInput("choix", "pret par pret")),
         column(7, align="right", "Economic Value plot")),
       fluidRow(
33         column(4, align="center",
           br()),
35       HTML("Economic Value Table"),
           br(), br()),
37       htmlOutput("table"),
           tags$style(type="text/css", "#table th, td {border: thin solid #
             E95420; text-align:center}"),
39       uiOutput("mod"), downloadButton('download', 'Download')),
           column(8, plotOutput("plot")))),
41
   tabPanel("Etude de prets 1", plotOutput("plot2"),
43
       column(12, align="center", uiOutput("mod2"))),
45
   tabPanel("Etude de prets 2", plotOutput("plot3"),
47

```

```
        column(12, align="center", uiOutput("mod3")))
49 ) ,
tags$hr(style="border-color: #E95420;"),
51 column(12, align="center",
  actionButton("para", "parametres avances")),
53
conditionalPanel(condition="output.para>0",
55
      column(4, align="center", numericInput("ref", "
reference", 360, 360, 365, 5)),
57      column(4, align="center", numericInput("Caprate", "
Capital Rate", 0.13, 0, 1, 0.01)),
      column(4, align="center", numericInput("ROE", "ROE"
, 0.15, 0, 1, 0.01)),
59      column(6, align="center", numericInput("TaxRate", "Taxe
Rate", 0.25, 0, 1, 0.01)),
      column(6, align="center", numericInput("standardized",
"Standardized", 1, 0, 3, 0.01))
61 )
63
65 ), theme="orangetest.css"))
```

ui.R

```

1 library(shiny)

3
shinyServer(function(input, output){
5   library(lubridate)
   library(stringr)
7   library(ggplot2)
   library(RColorBrewer)
9

11   Cor1=0.12
13   Cor2=0.24
   TaxRate=0.25
15

17   SlottingTable=as.data.frame(matrix(c
     (0,0.004,0.028,0.08,0.5,0.004,0.008,0.028,0.08,0.5), ncol=2))
19   colnames(SlottingTable)=c("RM<2.5y", "RM>2.5y")
   rownames(SlottingTable)=c("Strong", "Good", "Satisfactory", "Weak", "
     Default")
21

   SlottingTableRWA=as.data.frame(matrix(c
     (0.5,0.7,1.15,2.5,0,0.7,0.9,1.15,2.5,0), ncol=2))
23   colnames(SlottingTableRWA)=c("RM<2.5y", "RM>2.5y")
   rownames(SlottingTableRWA)=c("Strong", "Good", "Satisfactory", "Weak",
     "Default")
25

27 #periodicit des paiements (1=annuels,2=Semestriels, 3=trimestriels,
     12=mensuels)

29 Addmonths=function(t,N){
   S=ymd(t)+months(N)
31   j=0
   while(is.na(S)){
33     S=(ymd(t)+days(-j))+months(N)
     j=j+1
35   }
   return(S)
37 }

39 #nombre de periodes
SchedNumPeriods=function(start,mat,periodicite){
41   i=0
   while(Addmonths(mat,-i*periodicite)>start)
43     i=i+1
   return(i)
45 }
##date de paiements

```

```

47 #1re ligne = periode 0
49 SchedRollDate_I=function(start ,mat ,periodicite ,N){
  X=NULL
51   for(i in 1:N){
     x=Addmonths(mat, -(i-1)*periodicite)
53     X=rbind(as.character(x),X)
     }
55   X=rbind(as.character(start),X) #vecteur des end dates
  W=as.matrix(X[-(N+1),]) #on va creer le vecteur pour les start
  dates
57   W=rbind(0,W)

59   Y=cbind(W,X) #start dates, end dates
     return(Y)
61 }

63 #Amortissements
65 AmtGetFixedAmort=function(start ,mat ,periodicite ,CurrentBalance ,
  EndBalance ,N){
67   #N=SchedNumPeriods(start ,mat ,periodicite)
     AmtGetFixedAmort = round((CurrentBalance - EndBalance)/N,0)
69   B=as.matrix(rep(AmtGetFixedAmort ,N))
     B=rbind(0,B)
71   return(format(B, scientific=FALSE))
     }

73

75 Balance=function(CurrentBalance ,EndBalance ,N){
  #N=SchedNumPeriods(start ,mat ,periodicite)
77   AM=(CurrentBalance - EndBalance)/N #amortissement
  #On peut enlever le for B=CurrentBalance-AM*(0:N)
79   B=CurrentBalance-AM*(0:N)
     B=as.matrix(round(B,0)) #End Balance
81   A=as.matrix(B[-(N+1),])
     A=rbind(0,A)#Open Balance
83   C=cbind(A,B)
     return(format(C, scientific=FALSE))
85 }

87
89 rm=function(mat ,enddate ,N){
  rm=as.numeric((ymd(mat)-as.Date(enddate))/365)
  rm[1]=0
91   return(rm)
     }

93

95 DayCount=function(begin ,end ,ref){

```

```

    return (as.numeric(as.Date(end)-as.Date(begin))/ref)
97 }

99
discountfactor=function(date, devise="USD", T){
101   taux=as.data.frame(T)
    if (devise=="EUR"){
103     return(splinefun(as.Date(taux[,1], format="%d/%m/%Y"), taux[,2])(
as.Date(date)))}
    else{
105     if (devise=="USD"){
        return(splinefun(as.Date(taux[,1], format="%d/%m/%Y"), taux
[ ,3])(as.Date(date)))
107     }
        else{return(splinefun(as.Date(taux[,1], format="%d/%m/%Y"), taux
[ ,4])(as.Date(date)))}
109     }
    }
111 }

DC=function(N, BeginDate, EndDate, ref){
113   DayC=DayCount(BeginDate[1:N], EndDate[1:N], ref)
    return(as.matrix(DayC))} #colonne daycount
115

117
Fixing_Date=function(dates, arrears){
119   if (arrears=="NO"){
        FixDate=as.matrix(dates[-1,1])} #Fixing date
121   else {
        FixDate=as.matrix(dates[-1,2])} #fixing date
123
    return(FixDate)}
125

IDE=function(N, FD, periodiciteIN){ #periodiciteIN = periodicite pour
income, FD=Fixing date
127   InterestE=NULL
    for(i in 1:N){
129     InterestE=rbind(InterestE, as.character(Addmonths(FD[i],
periodiciteIN)))}
    #InterestE=as.character(Addmonths(FD[1:N], periodiciteIN))
131   return(InterestE)}

133
CouponI=function(DayCount, Libor, Margin, BAL){
135   Coupon=DayCount*(Libor+Margin)*as.numeric(BAL)
    return(as.matrix(Coupon))}
137

139
INT=function(InterestB, InterestE, ref, DFBegin, DFEnd){
    jours=DayCount(InterestB, InterestE, ref)
141   Interest=(1/jours)*((DFBegin/DFEnd)-1)

```

```

    return(Interest)}
143

145
pd=function(t,N){
147   rep(t,N)
  }
149
pdSlotting=function(N,RM,grade){
151   k=1
153   while(rownames(SlottingTable)[k]!=grade){k=k+1}
    bool=(RM>2.5)
155   pd=SlottingTable[k,bool+1]
    pd=matrix(pd,ncol=1)
157   return(pd)#return(pd)
  }
159

161
el=function(N,RM,ead,pd,lgd,CapRegime,grade){
163   if(CapRegime=="Slotting"){
    return(ead*as.numeric(pdSlotting(N,RM,grade))*lgd)
165   }
    else{
167     return(ead*pd*lgd)}
  }
169

171
lcm=function(RM,Cor1,Cor2,PD,LGD){
173   Cor=(Cor1*(1-exp(-50*PD))/(1-exp(-50)))+Cor2*(1-(1-exp(-50*PD))/(
    (1-exp(-50)))
    b=(0.11852-0.05478*log(PD))^2
175   N1=pnorm(sqrt(1/(1-Cor))*qnorm(PD)+sqrt(Cor/(1-Cor))*qnorm(0.999)
    )
    m=pmin(pmax(RM,1),5)
177   mess=(1+(m-2.5)*b)/(1-1.5*b)
    return((N1-PD)*LGD*mess*12.5*1.06)
179 }

181
rwa=function(RM,ead,standardized,PD,LGD,CapRegime="LCM",grade="
Strong",cor1,cor2){
  if(CapRegime=="LCM"){
183    return(ead*lcm(RM,cor1,cor2,PD,LGD))}
  if(CapRegime=="Standardized"){
185    return(ead*standardized)}
  else{
187    k=1
    while(rownames(SlottingTableRWA)[k]!=grade){k=k+1}
189    bool=(RM>2.5)

```

```

    slot=SlottingTableRWA [k, bool+1]
191   rownames( slot )=c ()
    colnames( slot )=c ()
193   return (as . vector (ead*as . matrix ( slot )))
  }
195 }

197 Cap_Cost=function ( dates , CT1, ROE, Tax_Rate ) {
199   SD=dates [ -1, 1]
    ED=dates [ -1, 2]
201   CC=CT1*(((1+ROE) ^ ( as . numeric (( as . Date (ED)-as . Date (SD))) / 365)) -1) /
    (1-Tax_Rate)
    return (CC)
203 }

205

207 DFROE=function ( ROE, dates ) {
    dates=dates [ , 2]
209   T=NULL
    T=DayCount ( dates [ 1] , dates [ -1] , 365)
211   DFR=1/(1+ROE) ^T
    return (DFR)
213 }

215

217 Waterfall=function ( Eco_Val ) {
    finald=data . frame ( name=c ( "Nominal" , "Income" , "Funding" , "Losses" , "
    Capital Cost" , "Economic Value" ) , value=Eco_Val [ 1:6] )
219   finald$id =seq_along ( finald$value )
    finald$type <- ifelse ( finald$value > 0 , "plus" , "moins" )
221   finald [ finald$name %in% c ( "Nominal" , "Economic Value" ) , "type" ] <-
    ""
    finald$end <- cumsum ( finald$value )
223   finald$end <- c ( head ( finald$end , -1) , 0)
    finald$start <- c ( 0 , head ( finald$end , -1) )
225   finald <- finald [ , c ( 3 , 1 , 4 , 6 , 5 , 2) ]
    finald$t = pmax ( pmin ( finald$end , finald$start ) , finald$end [ 1] )
227   finald$t [ which ( finald$end > finald$end [ 1] ) ] = finald$t [ which ( finald$
    end > finald$end [ 1] ) ] - 0.1
    ggplot ( finald , aes ( fill = type , label = value ) ) + geom_rect ( aes (
229     xmin = id - 0.5 ,
    xmax = id + 0.5 ,
231     ymin = end ,
    ymax = start
233   ) ) + theme_minimal () + scale_x_discrete (
    name = "" ,
235   limits = c ( "Nominal" , "Income" , "Funding" , "Losses" , "Capital
    Cost" , "Economic Value" )

```

```

    )+ theme(legend.position = 'none') + geom_text(
237   data = finald ,
      aes(
239     x = name,
      y = t,
241     label = value ,
      colour = type #on peut enlever pour couleur texte
243   ),
      size = 4,
245     vjust = -0.6)
  }

247 GEV=function(EV){
249   ECO_D=data.frame(periode=c(1:EV[1,1],1:EV[1,1],1:EV[1,1]),values=
c(EV[,2],EV[,3],EV[,4]),names=c(rep("Income",each=EV[1,1]),rep("
Capital",each=EV[1,1]),rep("Funding",each=EV[1,1])))
  ggplot(ECO_D, aes(x=periode, y=values, fill=names))+geom_bar(stat =
251 "identity")+theme_minimal()
}

253 CTR=function(CT1,FundAM,RWA,N){
255   Tab=data.frame(Periode=c(1:N,1:N,1:N),Valeurs=c(III=CT1,II=FundAM
,I=RWA-CT1-FundAM),names=c(rep("III",each=N),rep("II",each=N),rep(
"I",each=N)))
  ggplot(data=Tab, aes(x=Periode, y=Valeurs, fill=names))+geom_bar(
257   stat="identity", position = "stack")+theme_minimal()
}

259

261 caract_prets=reactive({P=read.csv(input$pret$datapath, sep=";", dec=","
)
263   N=c()
for (i in 1:dim(P)[1]){
265     N=c(N, SchedNumPeriods(as.Date(P[i,4], format="
%d/%m/%Y"), as.Date(P[i,5], format="%d/%m/%Y"), as.numeric(P[i,6])))
}
267   return(data.frame(P,N=N))})

269 nbrpret=reactive({P=caract_prets()
return(dim(P)[1])})

271 pos=reactive({P=caract_prets()
273 l=0
for (i in 1:nbrpret()){
275   l=c(l, l[length(l)]+P$N[i]+1)
}
277 return(l)})

```

```

279 dates=reactive({P=caract_prets()
280 a=c()
281 for (i in 1:nbrpret()){
282 a=rbind(a, SchedRollDate_I(as.Date(P$start[i], format="%d/%m/%Y"), as.
    Date(P$mat[i], format="%d/%m/%Y"), P$periodicite[i], P$N[i]))}
283 return(a)})
284
285
286
287
288
289 amo=reactive({P=caract_prets()
290 a=c()
291 for (i in 1:nbrpret()){
292 a=rbind(a, AmtGetFixedAmort(as.Date(P$start[i], format="%d/%m/%Y"), as.
    Date(P$mat[i], format="%d/%m/%Y"), P$periodicite[i], P$
    CurrentBalance[i], P$EndBalance[i], P$N[i]))}
293 return(a)})
294
295
296
297 bal=reactive({P=caract_prets()
298 a=c()
299 for (i in 1:nbrpret()){
300 a=rbind(a, Balance(P$CurrentBalance[i], P$EndBalance[i], P$N[i]))}
301 return(a)})
302
303
304
305 RM=reactive({P=caract_prets()
306 a=c()
307 for (i in 1:nbrpret()){
308 a=rbind(a, as.matrix(rm(as.Date(P$mat[i], format="%d/%m/%Y"), dates()
    [(pos()[i]+1):pos()[i+1], 2], P$N[i])))}
309 return(a)})
310
311
312
313 taux=reactive({T=read.csv(input$taux$datapath, sep=";", dec="," )
314 return(T)})
315
316
317 dc=reactive({P=caract_prets()
318 a=c()
319 d=dates()
320 for (i in 1:nbrpret()){
321 a=rbind(a, DC(P$N[i], d[(pos()[i]+2):pos()[i+1], 1], d[(pos()[i]+2):pos
    ()[i+1], 2], input$ref))}
322 return(a)})
323

```

```

325 FD=reactive({P=caract_prets()
a=c()
327 for (i in 1:nbrpret()){
329 a=rbind(a, Fixing_Date(dates()[ (pos()[i]+1):pos()[i+1] ], P$arrears [ i
]))}

331 return(a)})

333 InterestEndDate=reactive({P=caract_prets()
335 a=c()
for (i in 1:nbrpret()){
337 a=rbind(a, IDE(P$N[i], as.Date(FD()[ (pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i) ]), P
$periodiciteIN [ i ]))}

339 return(a)})

341 discountfactorbegin=reactive({P=caract_prets()

343 a=c()
for (i in 1:nbrpret()){
345 a=rbind(a, as.matrix(discountfactor(FD()[ (pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-
i) ]), P$currency [ i ], taux()))}

347 return(a)})

349 discountfactorend=reactive({P=caract_prets()
351 a=c()
353 for (i in 1:nbrpret()){
a=rbind(a, as.matrix(discountfactor(InterestEndDate()[ (pos()[i]+2-i)
:(pos()[i+1]-i) ]), P$currency [ i ], taux()))}
355 return(a)})

357

359 interet=reactive({P=caract_prets()
a=c()
361 for (i in 1:nbrpret()){
a=rbind(a, as.matrix(INT(FD()[ (pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i) ],
InterestEndDate()[ (pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i) ], input$ref ,
discountfactorbegin()[ (pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i) ],
discountfactorend()[ (pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i) ])))}

363 return(a)})

365

367 coupon=reactive({P=caract_prets()
a=c()

```

```

369 for (i in 1:nbrpret()) {
      a=rbind(a, CouponI(dc() [(pos() [i]+2-i):(pos() [i+1]-i)], interet() [(
        pos() [i]+2-i):(pos() [i+1]-i)], P$Margin.interest[i], bal() [(pos() [i
          ]+2):(pos() [i+1])]))}
371 return(a)}
373

375 ead=reactive({P=caract_prets()
      a=c()
377 for (i in 1:nbrpret()) {
          a=rbind(a, as.matrix(bal() [(pos() [i]+1):(pos() [i+1]-1), 2]))}
379 return(a)}

381 PD=reactive({P=caract_prets()
383 a=c()
      for (i in 1:nbrpret()) {
385   a=rbind(a, as.matrix(rep(P$PD[i], P$N[i])))}
      return(a)}

387 EL=reactive({P=caract_prets()
389 a=c()
      for (i in 1:nbrpret()) {
391   a=rbind(a, as.matrix(el(P$N[i], RM() [(pos() [i]+2):pos() [i+1]], as.
        numeric(ead() [(pos() [i]+2-i):(pos() [i+1]-i)], P$PD[i], P$LGD[i], P$
          Capital.Regime[i], P$grade[i])))}
      return(a)}
393

395 RWA=reactive({P=caract_prets()
      a=c()
397 for (i in 1:nbrpret()) {
          a=rbind(a, as.matrix(rwa(RM() [(pos() [i]+2):pos() [i+1]], as.numeric(
            ead() [(pos() [i]+2-i):(pos() [i+1]-i)], input$standardized, P$PD[i], P
              $LGD[i], P$Capital.Regime[i], P$grade[i], Cor1, Cor2))))}
399 return(a)}

401 RWAB=reactive(
      return(as.numeric(RWA())-as.numeric(ead())))
403

405 CTI=reactive(
      return(as.numeric(RWA())*input$Caprate))

407

409 capcost=reactive({P=caract_prets()
      a=c()
      for (i in 1:nbrpret()) {
411   a=rbind(a, as.matrix(Cap_Cost(dates() [(pos() [i]+1):pos() [i+1]], CTI
        () [(pos() [i]+2-i):(pos() [i+1]-i)], input$ROE, input$TaxRate))))}
      return(a)}

```

413

```

415 FundAM=reactive({
      a=c()
417 for (i in 1:nbrpret()){
          a=rbind(a, as.matrix(as.numeric(bal()[(pos()[i]+2):pos()[i+1],1)]-as
            .numeric(CT1()[(pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i)])))}
419 return(a)}

```

421

```

CostFund=reactive({
423 P=caract_prets()
      a=c()
425 for (i in 1:nbrpret()){
          a=rbind(a, as.matrix(FundAM()[(pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i)]*(
            interet()[(pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i)]+P$Funding.Spread[i])*dc()
            [(pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i)]))}
427
      return(a)}

```

429

431

```

DFR=reactive({
433 a=c()
      for (i in 1:nbrpret()){
435 a=rbind(a, as.matrix(DFROE(input$ROE, dates()[(pos()[i]+1):pos()[i
        +1],]))}
      return(a)}

```

437

```

439 EV=reactive({
      P=caract_prets()
441 a=c()
      i=input$num
443 balance=P$CurrentBalance[i]
      DFR=DFR()[(pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i)]
445 ev_income=sum(DFR*coupon()[(pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i)])/balance
      ev_capital=sum(-DFR*capcost()[(pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i)])/
        balance
447 ev_funding=sum(-DFR*CostFund()[(pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i)])/
        balance
      ecovalue=1+ev_income+ev_funding+ev_capital
449 a=matrix(c(1, ev_income, ev_funding, 0, ev_capital, ecovalue), ncol=1,
      dimnames = list(c("Nominal", "Income", "Funding", "losses", "Capital",
        "Economic Value"), c("value (% of nominal)")))
      return(round(a, 2))}

```

451

```

453 EVgeneral=reactive({
      P=caract_prets()
455 a=c()

```

```

ev_income=0
457 ev_capital=0
ev_funding=0
459 ecovalue=0
for (i in 1:nbrpret()){
461   DFR=DFR()[ (pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i)]
   ev_income=ev_income+sum(DFR*coupon()[ (pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i)
   ])
463   ev_capital=ev_capital+sum(-DFR*capcost()[ (pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i)
   ])
   ev_funding=ev_funding+sum(-DFR*CostFund()[ (pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i)
   ])
465 balance=sum(P$CurrentBalance)
   ecovalue=balance+ev_income+ev_funding+ev_capital
467 a=matrix(c(balance, ev_income, ev_funding, 0, ev_capital, ecovalue), ncol
   =1, dimnames = list(c("Nominal", "Income", "Funding", "losses", "
   Capital", "Economic Value"), c("value (% of nominal)")))/balance
   return(round(a, 2))
469

471 periodeEV=reactive({
   P=caract_prets()
473 a=c()
   i=input$num2
475 balance=P$CurrentBalance[i]
   DFR=DFR()[ (pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i)]
477 ev_income=DFR*coupon()[ (pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i)]
   ev_capital=-DFR*capcost()[ (pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i)]
479 ev_funding=-DFR*CostFund()[ (pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i)]
   a=cbind(P$N[i], ev_income, ev_capital, ev_funding)
481 return(a)}

483
tableau=reactive({
485 P=caract_prets()
   Periode=c()
487 coupon=c()
   RWA=c()
489 CT1=c()
   Capcost=c()
491 CostFund=c()
   for (i in 1:nbrpret()){
493     Periode=c(Periode, 0:P$N[i])
     coupon=c(coupon, 0, coupon()[ (pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i) ])
495     RWA=c(RWA, 0, RWA()[ (pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i) ])
     CT1=c(CT1, 0, CT1()[ (pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i) ])
497     Capcost=c(Capcost, 0, capcost()[ (pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i) ])
     CostFund=c(CostFund, 0, CostFund()[ (pos()[i]+2-i):(pos()[i+1]-i) ])
499   }
   BeginDate=dates()[, 1]
501   EndDate=dates()[, 2]

```

```

OpenBalance=bal() [ ,1]
503 EndBalance=bal() [ ,2]
amo=amo()
505 X=data.frame(Periode=Periode, BeginDate=BeginDate, EndDate=EndDate,
OpenBalance=OpenBalance, EndBalance=EndBalance, Amortissement=amo,
Coupon=coupon, RWA=RWA, CT1=CT1, CapitalCost=Capcost, CostFunding=
CostFund)
if (input$choix==TRUE){
507 i=input$num
X=X[(pos() [i]+1) : pos() [i+1] ,]
509 }
return(X)
511 })

513
output$go=reactive({
515 f=input$go
f2=input$go2
517 if (floor((f+f2)/2)==(f+f2)/2){
g=0
519 }
else {g=1}
521 return(g)})

523

525 outputOptions(output, "go", suspendWhenHidden=FALSE)

527 output$mod=renderUI({ if (input$choix==TRUE){

529 sliderInput("num", label=NULL, min=1, max=nbrpret(), value=1, step=1)
})

531
output$mod2=renderUI({

533 sliderInput("num2", label=NULL, min=1, max=nbrpret(), value=1, step=1)
535 })

537 output$mod3=renderUI({

539 sliderInput("num3", label=NULL, min=1, max=nbrpret(), value=1, step=1)
})

541

543 output$para=reactive({
f=input$para
545 if (floor((f)/2)==(f)/2){
g=0
547 }
else {g=1}
549 return(g)})

```

```
551 outputOptions(output,"para",suspendWhenHidden=FALSE)

553 output$text=renderText("Texte explicatif sur le fonctionnement de l'
    application")
555

557

559 output$table=renderTable({ if (input$choix==TRUE){

561     i=EV()}
    else {i=EVgeneral()}}

563     return(i)},rownames = TRUE,colnames = TRUE,bordered = FALSE)
565

567 output$plot=renderPlot({ if (input$choix==TRUE){
    i=EV()}
569     else {i=EVgeneral()}}
    return(Waterfall(i)))

571 output$plot2=renderPlot({
573     i=periodeEV()
    return(GEV(i))})
575

577 output$plot3=renderPlot({
    i=input$num3
579     P=caract_prets()
    CT1=CT1()[ ( pos() [i]+2-i) : ( pos() [i+1]-i) ]
581     FundAM=FundAM()[ ( pos() [i]+2-i) : ( pos() [i+1]-i) ]
    RWA=RWA()[ ( pos() [i]+2-i) : ( pos() [i+1]-i) ]
583     N=P$N[i]
    return(CTR(CT1,FundAM,RWA,N))})
585

587 output$download=downloadHandler(filename=function(){return("Tableau.
    csv")},content=function(file){
    write.csv(tableau(),file)
589 })
    })
```

server.R

## Références

- [1] Fabrice Hamon, *Cours de gestion des risques financiers*, EURIA, 2016.
- [2] Fabrice Hamon, *Cours de gestion obligataire*, EURIA, 2017.
- [3] Basel Committee on Banking Supervision, *An explanatory note on the Basel II IRB Risk Weight Functions*, 2005.
- [4] Frédéric Visnovsky, *Bâle 1, 2, 3 ... de quoi s'agit-il ?*, 2017.
- [5] Jérôme Le Fur, *Théorie et pratique de la banque*, 2016.
- [6] Swan Broutard, *Introduction aux mathématiques financières*, 2015.
- [7] ACPR Banque de France, <https://acpr.banque-france.fr> .
- [8] R-Shiny, <http://shiny.rstudio.com/tutorial/> .

