

# 1. Introduction au problème posé

## 1.1 Contexte général

Les courbes de taux de trésorerie nationales (Allemagne, France, États-Unis) constituent des références fondamentales pour :

- la valorisation d’obligations et de produits dérivés,
- l’analyse macroéconomique,
- et la politique monétaire.

Elles traduisent les conditions de financement des États et les anticipations du marché sur les taux à court, moyen et long terme.

Dans un contexte post-crise marqué par la normalisation des taux et la fin des politiques de taux zéro, la forme et la pente des courbes diffèrent fortement entre zones économiques (inversion aux États-Unis, normalité en Europe).

---

## 1.2 Objectifs du projet

- **Construire** des courbes de taux pour trois marchés : DE Allemagne, FR France, US États-Unis.
- **Lisser** ces courbes à partir de données publiques (dépôts, swaps, obligations d’État).
- **Visualiser** et comparer les profils de pente, convexité et forme.
- Fournir un **outil réutilisable** pour l’analyse ou la valorisation basique.

---

## 1.3 Limites du projet

- Données de marché **simulées à partir de sources publiques** (pas de feed Bloomberg).
- Pas de calibration dynamique intra-journalière.
- Les obligations d’État sont intégrées via leurs **taux spot** (sans coupon).
- Le projet se concentre sur la **construction et le lissage** (pas de pricing complet).

---

## 1.4 Utilisateurs visés

- Étudiants en finance / ingénierie financière.
- Chercheurs ou praticiens souhaitant visualiser les différences de courbes souveraines.
- Formateurs souhaitant illustrer les méthodes de lissage de taux.

---

## 1.5 Sources théoriques principales

- Brigo & Mercurio (2007), *Interest Rate Models – Theory and Practice*.
  - Hagan & West (2006), *Interpolation Methods for Curve Construction*.
  - Smith & Wilson (2001), *FSA Yield Curve Methodology*.
  - Données : Banque de France, Bundesbank, U.S. Treasury.
- 

## 2. Expression fonctionnelle du besoin

N°	Fonctionnalité	Description	Objectif	Critère de réussite	Contraintes
F1	<b>Import des données</b>	Lecture de fichiers CSV (quotes de dépôts, swaps, obligations)	Alimenter la construction des courbes	Données correctement chargées, formats variés supportés	Délimiteur ; ou ,, gestion des nombres FR/EN
F2	<b>Conversion des maturités</b>	Conversion des tenors (1M, 3M, 1Y...) en années	Uniformiser les maturités	Tenors correctement transformés	Gestion des suffixes M/Y
F3	<b>Construction de la courbe</b>	Bootstrap d'une courbe de taux zéro à partir des instruments	Obtenir une courbe complète 0–30 ans	Courbe continue et cohérente	Respect conventions ACT/360
F4	<b>Lissage</b>	Implémentation de 3 méthodes : linéaire, Hagan-West, Smith-Wilson	Obtenir une interpolation fluide et réaliste	Monotonicité, continuité, stabilité	Stabilité numérique
F5	<b>Visualisation graphique</b>	Affichage des courbes zéro et forwards	Analyser et comparer visuellement	Graphiques lisibles et comparatifs	Résolution suffisante (PNG 1000×600)
F6	<b>Analyse de forme</b>	Calcul de la pente et convexité	Identifier la structure de la courbe	Valeurs cohérentes avec la forme visuelle	Mesures dérivées correctes
F7	<b>Comparaison inter-pays</b>	Superposition des 3 courbes (DE, FR, US)	Identifier différences macroéconomiques	Graphiques clairs, labels distincts	Échelles homogènes

N°	Fonctionnalité	Description	Objectif	Critère de réussite	Contraintes
F8	<b>Exportation des résultats</b>	Sauvegarde des courbes et graphiques	Réutilisation des résultats	Fichiers CSV et images exportés	Structure claire d'output

## 3. Solution proposée

### 3.1 Données manipulées

- **Entrées :**
  - Fichiers CSV pour chaque pays :
    - **Dépôts** (1M–12M)
    - **Swaps** (1Y–30Y)
    - **Obligations** (10Y–30Y, taux spot)
- **Sorties :**
  - Courbes de taux zéro, discount factors, forwards.
  - Graphiques comparatifs.
  - Fichiers CSV et PNG pour reporting.

### 3.2 Modèles mathématiques

#### ◆ *Interpolation linéaire*

Formule simple entre deux points successifs  $(t_i, r_i), (t_{i+1}, r_{i+1})$ :

$$r(t) = r_i + (r_{i+1} - r_i) \frac{t - t_i}{t_{i+1} - t_i}$$

→ Base de comparaison.

#### ◆ *Hagan-West (Monotone Convex)*

Assure continuité des taux instantanés et monotonie des discount factors.  
Très utilisé en pratique (Bloomberg, Murex).

#### ◆ *Smith-Wilson*

Méthode réglementaire (EIOPA) pour extrapoler la courbe vers un taux ultime  $u$ .

$$P(t) = e^{-ut} + \sum_i W(t, t_i)(q_i - e^{-ut_i})$$

→ utilisée pour prolonger les taux longs (30 ans+).

### 3.3 Structure logicielle (C# .NET 9)

```

/RateCurveProject
|
|— Data/
|   |— MarketDataLoader.cs (lecture CSV robuste)
|
|— Models/
|   |— Curve.cs
|   |— MarketInstrument.cs
|   |— Interpolation/
|       |— Linear.cs
|       |— HaganWest.cs
|       |— SmithWilson.cs
|
|— Engine/
|   |— Bootstrapper.cs
|   |— Analyzer.cs
|
|— UI/
|   |— CurvePlotter.cs (ScottPlot)
|
|— Output/
|   |— ExportManager.cs

```

## 4. Éléments annexes

### 4.1 Budget et délais

Phase	Tâches principales	Durée (théorique)	Durée (réelle)
1	Collecte & préparation des données	1 j	1 j
2	Conception architecture	1 j	1 j
3	Implémentation bootstrap & interpolations	3 j	4 j

Phase	Tâches principales	Durée (théorique)	Durée (réelle)
4	Visualisation et comparaisons	2 j	2 j
5	Analyse & rapport	2 j	2 j
6	Revue & finalisation	1 j	1 j
<b>Total</b>		<b>10 jours</b>	<b>10 jours (2 personnes)</b>

---

## 4.2 Livrables attendus

- Code source complet (C# .NET 9).
- Données CSV (DE, FR, US).
- Graphiques comparatifs (zero rates & forwards).
- Rapport PDF / présentation 4 min (avec ce cahier des charges en support).

---

## 4.3 Documentation

- **Documentation utilisateur :**  
Comment charger les fichiers, choisir la méthode de lissage, interpréter les graphiques.
- **Documentation technique :**  
Architecture des classes, formules mathématiques, choix de paramètres ( $\lambda$ ,  $u$ ).
- **Analyse des résultats :**
  - DE Allemagne → courbe normalisée, pente légère.
  - FR France → pente plus marquée.
  - US États-Unis → courbe inversée (politique monétaire restrictive).

---

## 4.4 Gestion de projet

- Équipe : 2 personnes.
- Organisation : pas encore faite.
- Outils : GitHub, Visual Studio Code.