

République Tunisienne

◆  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la  
Recherche Scientifique  
Université de Tunis  
◆  
Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de  
Tunis



Ecole Nationale  
Supérieure  
d'Ingénieurs  
de Tunis

Code : GSP-RP-03-00

Date de création : 18-05-2023



Département Informatique

Réf : .....

# Rapport de Stage d'été

de

## Deuxième année en Génie Informatique

Présenté et soutenu publiquement le ..../..../2024

Par

Cherni Rihab

---

# Conception et développement d'une application mobile de gestion du fret ferroviaire

---

Organisme d'accueil



الشركة الوطنية للسكك الحديدية التونسية  
SOCIETE NATIONALE DES CHEMINS DE FER TUNISIENS

Encadré par : Monsieur Mabrouk Ben Nour Cherif.

Période du stage : du 08 Juillet à 08 Août 2024.

Année universitaire : 2024-2025

# *Dédicaces*

*Je souhaite dédier ce projet à mes chers parents, mes sœurs, mes meilleures amis, ainsi qu'à tous mes collègues et mes professeurs.*



*Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à mes chers parents pour leur courage et leur patience infinie qui m'ont accompagné tout au long de ma vie, en particulier dans les moments difficiles, et pour les sacrifices qu'ils ont consentis pour m'offrir une éducation digne.*



*À mes sœurs, je suis reconnaissant pour leur encouragement continu de leur part, car elles ont su me soutenir de manière inestimable.*



*Je remercie du fond du cœur tous mes amis pour leur disponibilité et l'immense aide ainsi que le formidable soutien qu'ils m'ont apportés.*



# ***Remerciements***

*Au terme de mon stage d'été, je souhaite exprimer ma sincère gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué à la réussite à cette expérience.*

*Je tiens particulièrement à remercier Monsieur **Mabrouk Ben Nour Cherif**, mon encadrant, pour sa confiance, sa patience et ses précieux conseils tout au long du projet.*

*Ma reconnaissance va également à la SNCFT, l'entreprise où j'ai effectué mon stage, et à ses responsables pour leur soutien et leur rôle déterminant dans mon apprentissage.*

*Je remercie les membres du jury pour leur évaluation et leur jugement de mon travail.*

*Enfin, je suis reconnaissant envers tous mes enseignants de l'École nationale supérieure d'ingénieurs de Tunis ENSIT pour leur contribution à ma formation.*

***Un grand merci à tous.***

# Table des matières

<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre 1: Cadre général du projet</b>	<b>2</b>
<b>Introduction</b>	<b>2</b>
1. Présentation de la société d'accueil . . . . .	2
1.1. Introduction de la société SNCFT . . . . .	2
1.2. Fondements de la Société [2] . . . . .	4
1.3. Services de la Société . . . . .	4
1.4. Performances de la société . . . . .	5
1.5. Fret de SNCFT . . . . .	5
2. Contexte général du projet . . . . .	6
2.1. Problématique . . . . .	6
2.2. Étude de l'existant . . . . .	7
2.3. Critique de l'existant . . . . .	9
3. Description du travail demandé . . . . .	10
4. Méthodologie de travail . . . . .	11
5. Planification du projet . . . . .	12
<b>Conclusion</b>	<b>13</b>
<b>Chapitre 2: Spécification et analyse des besoins</b>	<b>14</b>
<b>Introduction</b>	<b>14</b>
1. spécification des besoins . . . . .	14
1.1. Besoins fonctionnels . . . . .	14
1.2. Besoins non fonctionnels . . . . .	16
2. Analyse . . . . .	16
2.1. Identification des acteurs . . . . .	16
2.2. Diagramme de cas d'utilisation global . . . . .	17
2.3. Raffinement des cas d'utilisation . . . . .	18

<b>Conclusion</b>	<b>28</b>
<b>Chapitre 3: Etude Architecturale et Conceptuelle</b>	<b>29</b>
<b>Introduction</b>	<b>29</b>
1. Architecture de l'application . . . . .	29
1.1. Architecture générale de l'application . . . . .	29
1.2. Architecture MVC . . . . .	30
2. Choix techniques pour l'application . . . . .	31
2.1. Partie back-end : Node.js et Express.js . . . . .	31
2.2. Partie front-end : Flutter . . . . .	31
2.3. Système de gestion de base de données : MongoDB . . . . .	32
3. Diagramme de classe . . . . .	33
3.1. Composants d'un diagramme de classe . . . . .	33
3.2. Diagramme de classe de notre projet SNCFT . . . . .	33
<b>Conclusion</b>	<b>34</b>
<b>Chapitre 4: Réalisation et étude technique</b>	<b>35</b>
<b>Introduction</b>	<b>35</b>
1. Environnement matériel . . . . .	35
2. Environnement logiciel . . . . .	35
3. Differents Interfaces graphique de l'application . . . . .	37
3.1. Interfaces du visiteur . . . . .	37
3.2. Interfaces de l'administrateur . . . . .	42
3.3. Interfaces du client . . . . .	43
3.4. Interfaces communes aux différents acteurs . . . . .	46
4. Tests . . . . .	47
4.1. Tests Unitaires . . . . .	48
4.2. Tests API avec Postman . . . . .	48
<b>Conclusion</b>	<b>49</b>
<b>Conclusion générale</b>	<b>50</b>
<b>Nétiographie</b>	<b>52</b>

# Table des figures

1.1	Logo Société Nationale des Chemins de Fer Tunisiens (SNCFT) [1] . . . . .	3
1.2	Siège Social et Administratif de la SNCFT [1] . . . . .	3
1.3	Organigramme de la SNCFT . . . . .	4
1.4	Réseau ferroviaire tunisien [3] . . . . .	5
1.5	Logo Transporeon [6] . . . . .	7
1.6	Interface du l'application Transporeon [7] . . . . .	7
1.7	Logo FreightPOP [8] . . . . .	8
1.8	Interface du l'application FreightPOP [8] . . . . .	8
1.9	Logo Freightos [9] . . . . .	9
1.10	Interface du l'application Freightos[9] . . . . .	9
1.11	Modèle en cascade générique avec les principaux livrables [10] . . . . .	11
1.12	Planification du projet avec trello . . . . .	13
2.1	Diagramme de cas d'utilisation global . . . . .	18
2.2	Diagramme de séquence du cas d'utilisation de "Créer un compte" . . . . .	22
2.3	Diagramme de cas d'utilisation raffiné du cas d'utilisation "Passer une commande de fret" . . . . .	23
2.4	Diagramme de séquence du cas d'utilisation "Passer une commande de fret" . . .	25
2.5	Diagramme de cas d'utilisation raffiné du cas d'utilisation "Gérer les trains" . . .	26
2.6	Diagramme de séquence du cas d'utilisation "Ajouter un train" . . . . .	28
3.1	Architecture MVC . . . . .	30
3.2	Logo Node.js . . . . .	31
3.3	Logo Express.js . . . . .	31
3.4	Logo Flutter . . . . .	32
3.5	Logo MongoDB . . . . .	32
3.6	Diagramme de classe . . . . .	34

4.1	Interface de chargement de l'application . . . . .	37
4.2	Interfaces d'accueil . . . . .	38
4.3	Interface d'inscription . . . . .	39
4.4	Interface de company . . . . .	39
4.5	Interface OTP . . . . .	40
4.6	Interface de connexion . . . . .	40
4.7	Interfaces de consultation des horaires des trains . . . . .	41
4.8	Interfaces d'accès aux informations générales de SNCFT . . . . .	41
4.9	Interface tableau de bord d'administrateur . . . . .	42
4.10	Interface de gestion des utilisateurs . . . . .	42
4.11	Interface de gestion des trains . . . . .	43
4.12	Interface tableau de bord client . . . . .	43
4.13	Interface horaires des Trains . . . . .	44
4.14	Interfaces de gestion des commandes . . . . .	44
4.15	Interfaces de gestion des réclamations . . . . .	45
4.16	Interfaces des avis . . . . .	45
4.17	Interface des paramètres . . . . .	46
4.18	Interface de gestion de profil . . . . .	47
4.19	Interface de conversation par messagerie . . . . .	47
4.20	Interface notifications . . . . .	47
4.21	Test Unitaire avec Mocha et Chai en Node.js . . . . .	48
4.22	Tests API avec Postman . . . . .	49

# Liste des tableaux

1.1	Fiche de présentation de la SNCFT [1] . . . . .	3
1.2	Trafic ferroviaire en Tunisie en 2022 [4] . . . . .	5
1.3	Tableau comparatif des solutions de gestion du transport [6][8][9] . . . . .	10
2.1	Description textuelle du cas d'utilisation : Créer un compte . . . . .	19
2.2	Description du cas d'utilisation : Passer une commande de fret . . . . .	23
2.3	Description textuelle du cas d'utilisation : "Ajouter un train" . . . . .	26
4.1	Environnement matériel . . . . .	35
4.2	Environnement logiciel . . . . .	35

# Liste des acronymes

**SNCFT** Société Nationale des Chemins de Fer Tunisiens

**API** Application Programming Interface

**UML** Unified Modeling Language

**MVC** Modèle-Vue-Contrôleur

# Introduction générale

L'expérience de stage revêt une importance cruciale pour les étudiants en génie informatique, car elle leur permet de mettre en pratique les connaissances théoriques acquises. Lors de notre deuxième année, dans le cadre de notre stage d'été à la SNCFT, nous avons eu l'opportunité d'explorer le secteur du transport ferroviaire tout en participant au développement d'une application mobile dédiée à l'optimisation du fret ferroviaire. Conçue à l'aide de technologies modernes telles que Flutter pour le front-end, Node.js pour le back-end, et MongoDB pour la gestion des données, tout en intégrant des solutions en temps réel via WebSockets, cette application vise à réduire les coûts, à améliorer la visibilité et la traçabilité des expéditions, ainsi qu'à accroître la satisfaction des clients.

Ce rapport présente les différentes étapes du projet, depuis l'analyse initiale jusqu'à sa mise en œuvre finale, et se structure comme suit :

- **Premier chapitre** : Présentation du cadre général du projet, comprenant une introduction à la SNCFT, ainsi qu'une analyse des solutions concurrentes existantes sur le marché.
- **Deuxième chapitre** : Analyse des besoins fonctionnels et non fonctionnels du projet, méthodologie de travail et planification du projet.
- **Troisième chapitre** : Étude conceptuelle et architecture du projet.
- **Quatrième chapitre** : Réalisation, outils utilisés, et tests des fonctionnalités développées.

Enfin, la conclusion résume le travail effectué et propose des perspectives d'amélioration pour ce projet. Cette expérience a renforcé mes compétences techniques et professionnelles, tout en illustrant mon adaptation aux exigences du monde professionnel.

# Chapitre 1

## Cadre général du projet

### Introduction

Ce premier chapitre débute par une présentation de l'entreprise qui a généreusement accueilli notre stage d'été. Ensuite, nous aborderons les racines du projet en détaillant la problématique, en analysant le contexte général et les solutions existantes dans le domaine du fret ferroviaire, tout en décrivant les étapes du travail à réaliser.

### 1. Présentation de la société d'accueil

Dans cette section, nous présentons la SNCFT, en mettant l'accent sur ses services, ses infrastructures, ainsi que ses performances dans le domaine du fret ferroviaire.

#### 1.1. Introduction de la société SNCFT

La Société Nationale des Chemins de Fer Tunisiens (SNCFT) est un établissement public non administratif responsable de la gestion, de l'exploitation et de la maintenance du réseau ferroviaire en Tunisie. Depuis sa création en 1956, elle joue un rôle essentiel dans le développement économique et social du pays en facilitant le transport des passagers et des marchandises.

Supervisée par le Ministère du Transport, la SNCFT bénéficie d'une personnalité juridique et d'une autonomie financière. Son réseau de plusieurs milliers de kilomètres relie les principales villes et offre divers services, des trains de banlieue aux trains interurbains. La société se consacre à moderniser ses infrastructures et à améliorer ses services pour répondre aux attentes des usagers. Avec plus de 4 690 employés, y compris des ingénieurs, des conducteurs et du personnel administratif, la SNCFT vise à garantir un transport sûr et fiable. Elle investit continuellement dans la formation de son personnel et dans l'innovation technologique pour maintenir sa position de leader dans le secteur ferroviaire tunisien.[1]



**Figure 1.1 – Logo SNCFT [1]**



**Figure 1.2 – Siège Social et Administratif de la SNCFT [1]**

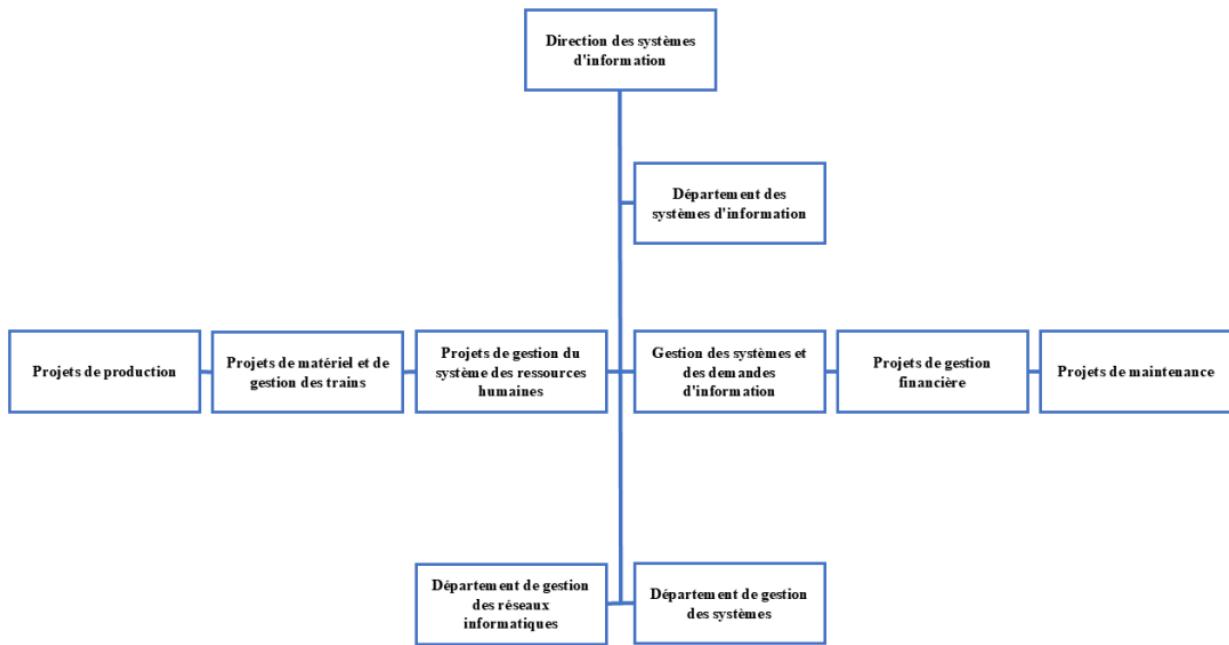
Le tableau 1.1 présente des informations sur la société, notamment son siège social, son type, ses domaines d'expertise, et bien plus encore.

**Table 1.1 – Fiche de présentation de la SNCFT [1]**

<b>Nom de la société</b>	Société Nationale des Chemins de Fer Tunisiens (SNCFT)
<b>Siège social</b>	67, Avenue Farhat Hached, 1001 Tunis, Tunisie
<b>Type</b>	Établissement public non administratif
<b>Bureaux</b>	Tunis (siège social), divers bureaux régionaux à travers la Tunisie
<b>Nombre d'employés</b>	plus de 4 690 ( Ingénieurs, Conducteurs, Techniciens, Personnel administratif...)
<b>Fondation</b>	1956
<b>Domaines d'expertise</b>	Transport ferroviaire de passagers et de marchandises, maintenance ferroviaire, infrastructure ferroviaire
<b>Email de l'entreprise</b>	info@sncft.com.tn
<b>Site web</b>	<a href="http://www.sncft.com.tn">http://www.sncft.com.tn</a>

### Structure organisationnelle :

La figure 1.3 illustre la structure organisationnelle de la SNCFT, mettant en évidence les différentes divisions et niveaux hiérarchiques, ainsi que la répartition des responsabilités entre les départements clés pour une gestion efficace des opérations ferroviaires.



**Figure 1.3 – Organigramme de la SNCFT**

## 1.2. Fondements de la Société [2]

- **Missions et responsabilités de la SNCFT**, qui définissent son engagement envers ses clients et son rôle dans l'industrie, sont les suivantes :
  - Assurer, dans les meilleures conditions de sécurité et de ponctualité, les services de transport ferroviaire de voyageurs et de marchandises pour améliorer la satisfaction des clients.
  - Développer les infrastructures pour répondre aux besoins croissants de transport.
  - Gérer et contrôler les biens qui lui sont confiés par l'État.
- **Vision de la société** : Consiste à devenir et rester un leader régional dans le transport ferroviaire, offrant des solutions de transport de haute qualité tout en contribuant au développement économique et social de la Tunisie.
- **Valeurs de la société** :
  - **Sécurité** : Garantir la sécurité des passagers, des employés et des marchandises.
  - **Efficacité** : Améliorer continuellement l'efficacité opérationnelle pour offrir des services ponctuels et fiables.
  - **Innovation** : Adopter des technologies avancées pour moderniser les services ferroviaires.
  - **Durabilité** : Promouvoir des pratiques respectueuses de l'environnement et durables.

## 1.3. Services de la Société

Les principaux services offerts par la SNCFT pour répondre aux besoins de ses clients sont :

- Transport de passagers :** Assurer des trajets sûrs et confortables pour les voyageurs à travers le réseau ferroviaire national.
- Transport de marchandises :** Offrir des solutions fiables pour le transport de divers types de marchandises.
- Maintenance ferroviaire :** Assurer la sécurité et la fiabilité des infrastructures ferroviaires par des services de maintenance adéquats.
- Développement d'infrastructures :** Moderniser et étendre les infrastructures ferroviaires pour répondre aux besoins futurs.
- Innovation technologique :** Le département informatique se concentre sur le développement d'applications, rendant ainsi le service ferroviaire plus réactif et adapté aux usagers.

#### 1.4. Performances de la société

La flotte de la SNCFT comprend 155 locomotives, 30 autorails, 115 voitures à voyageurs, 30 rames électriques, et 28 rames spécifiques au Réseau Ferroviaire Rapide (RFR). Elle dispose également de 2 773 wagons et 1 361 conteneurs, garantissant un transport efficace. Le réseau ferroviaire s'étend sur 2 170 km, avec 1 797 km actuellement exploités, desservant 196 gares et stations. La gestion est assurée par cinq unités d'affaires : transport des voyageurs sur les grandes lignes, banlieue de Tunis, banlieue du Sahel, transport de phosphate, et transport de fret.

En 2022, le réseau ferroviaire tunisien a enregistré un total de 68 615 circulations annuelles, réparties entre 61 462 trains de voyageurs (dont 13 897 sur les grandes lignes, 30 623 dans la banlieue sud de Tunis, et 16 942 dans la banlieue du Sahel) et 7 153 trains de marchandises. [3]

Le tableau 1.2 présente les détails du trafic ferroviaire et les recettes générées en 2022 :



**Figure 1.4 – Réseau ferroviaire tunisien [3]**

**Table 1.2 – Trafic ferroviaire en Tunisie en 2022 [4]**

Trafic	Nombre	Recette du trafic
Voyageurs Banlieues	28,7 million voyageurs	11,926 million de dinars
Voyageurs Grandes Lignes	2 million voyageurs	21,097 million de dinars
Frêt	1 million tonne	11,229 million de dinars
Phosphate	1,4 million tonne	13,169 million de dinars

#### 1.5. Fret de SNCFT

En 2022, la SNCFT a transporté près d'un million de tonnes de marchandises, réparties principalement en engrais et soufre (486 401 tonnes), matériaux de construction (183 156 tonnes),

céréales et produits alimentaires (209 966 tonnes), et énergies diverses (62 772 tonnes). Chaque jour, 33 trains de fret opèrent sur plusieurs axes, dont Tunis-Sousse-Sfax et Tunis-La Goulette. La SNCFT propose un service de transport combiné rail-route pour les conteneurs, utilisant des camions spécialisés pour des services à destination ou en provenance des dépôts, usines, chantiers et ports. Le réseau dessert notamment le port de Radès pour l'exportation et l'importation de marchandises. Elle dispose d'un parc de camions spécialisés et d'installations de manutention, offrant des avantages tels que des réductions de coûts, le respect des délais, et une sécurité accrue des marchandises [5].

Après avoir présenté le transport de marchandises offert par la SNCFT, nous allons maintenant aborder le contexte général du projet.

## 2. Contexte général du projet

Dans un monde de plus en plus connecté, le transport et la gestion du fret sont essentiels pour rester compétitifs. En Tunisie, la SNCFT, acteur majeur du transport ferroviaire, doit relever les défis modernes en adoptant des technologies innovantes. Mon stage d'été d'un mois vise à développer une application mobile pour la gestion du fret ferroviaire, afin de moderniser les services, suivre les marchandises en temps réel, optimiser les itinéraires et les expéditions et améliorer la communication. Cette solution digitale vise à automatiser les processus, simplifier les opérations pour les clients et le personnel, et renforcer l'efficacité de la SNCFT. Elle contribue directement à sa transformation numérique en répondant aux besoins croissants de digitalisation et en améliorant l'expérience utilisateur.

### 2.1. Problématique

La gestion du fret ferroviaire à la SNCFT fait face à des défis liés à l'augmentation du volume de marchandises à transporter. L'absence d'une solution numérique intégrée entraîne des inefficacités, des retards de livraison et une faible transparence pour les clients, qui se traduisent par leur insatisfaction. Les processus actuels, principalement manuels, sont sujets à des erreurs et ne permettent ni un suivi en temps réel des expéditions ni une gestion efficace des ressources. La problématique centrale est donc de développer une application mobile qui centralise ces opérations, offrant une interface intuitive pour les clients et le personnel, permettant le suivi en temps réel et une gestion optimisée des ressources.

**Comment une solution numérique peut-elle optimiser la gestion du fret ferroviaire à la SNCFT, en améliorant la transparence et l'expérience client ?**

## 2.2. Étude de l'existant

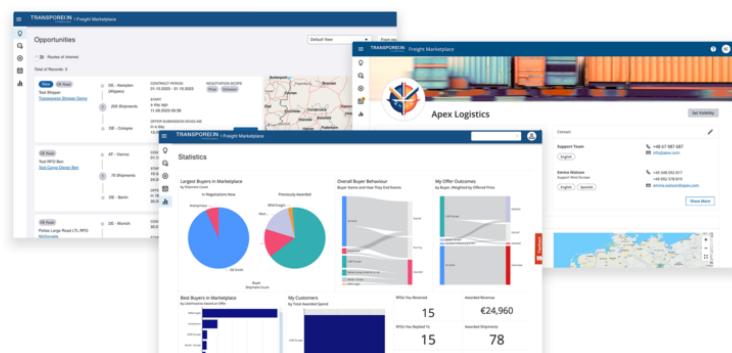
La gestion du fret ferroviaire à la SNCF est entravée par des systèmes informatiques fragmentés, limitant la visibilité et la réactivité. Les outils actuels ne permettent ni une optimisation des opérations ni une communication fluide entre les acteurs, entraînant inefficacités et coûts supplémentaires. Cette situation complique la réponse aux exigences croissantes du marché en matière de transparence et de suivi en temps réel. D'où la nécessité d'analyser les solutions numériques concurrentes pour moderniser la gestion du fret ferroviaire.

Nous proposons une étude des principales applications concurrentes populaires dédiées à la gestion du fret ferroviaire.

- **Transporeon** est une plateforme SaaS de gestion du transport (TMS) qui centralise tous les acteurs de la chaîne logistique, tels que les expéditeurs, transporteurs, et détaillants. Elle crée un réseau logistique numérique pour simplifier la gestion des flux de transport et propose des solutions pour optimiser le transport de marchandises, y compris le fret ferroviaire. En digitalisant et automatisant des tâches comme la gestion des tarifs, le suivi des expéditions et la planification des créneaux horaires, Transporeon améliore la transparence, l'efficacité et la rentabilité des opérations logistiques. [6]

### Fonctionnalités principales :

- \* **Gestion des transports** : Planifier, exécuter et surveiller les opérations de transport.
- \* **Visibilité en temps réel** : Offre une visibilité globale et en temps réel pour tous les modes de transport.
- \* **Audit des frets** : Automatise le processus de facturation et offre une visibilité complète sur les dépenses de fret.
- \* **Gestion des quais et des aires de manœuvre** : Améliore la productivité en réduisant les files d'attente des camions et en éliminant les surprises.

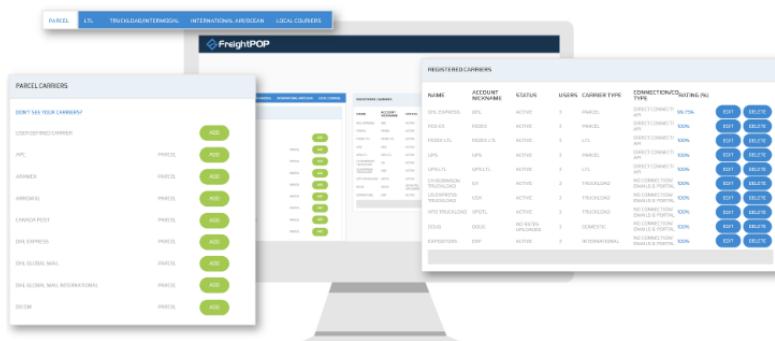


**Figure 1.5 – Logo Transporeon [6] Figure 1.6 – Interface du l'application Transporeon [7]**

□ **FreightPOP** est une solution de gestion du transport (TMS) basée sur le cloud, qui aide les entreprises à gérer leurs expéditions et à optimiser leurs processus logistiques. Elle est conçue pour faciliter la gestion du fret à travers différents modes de transport, tels que le fret terrestre, maritime, aérien, et ferroviaire. FreightPOP s'adresse principalement aux entreprises cherchant à centraliser et automatiser la gestion de leurs expéditions, tout en réduisant les coûts et en améliorant l'efficacité. [8].

#### Fonctionnalités principales :

- \* **Gestion multimodale** : Permet l'expédition par colis, océan et air, avec connexion à des milliers de transporteurs via API.
- \* **Visibilité des expéditions** : Suivi en temps réel des expéditions avec des vues cartographiques.
- \* **Audit des factures** : Auto-audit des factures pour détecter les écarts et gestion centralisée des factures des transporteurs.
- \* **Expédition en lot** : Gestion rapide de centaines ou milliers d'expéditions en quelques minutes.



**Figure 1.7 – Logo FreightPOP [8]** **Figure 1.8 – Interface du l'application FreightPOP [8]**

□ **Freightos** est une plateforme de gestion des expéditions qui connecte les importateurs, exportateurs, transporteurs et transitaires pour le fret aérien, maritime et routier. Elle permet aux entreprises de comparer, réserver et gérer le fret à travers différents modes de transport, notamment maritime, aérien, et terrestre. Elle offre une solution digitale pour simplifier la logistique mondiale en connectant expéditeurs et transporteurs, facilitant ainsi la recherche des tarifs, la réservation d'expéditions et le suivi des cargaisons en temps réel. [9]

#### Fonctionnalités principales :

- \* **Comparaison des tarifs** : Compare instantanément les devis de plus de 75 fournisseurs pour équilibrer prix et temps de transit.

- \* **Gestion logistique** : Simplifie la gestion des expéditions avec suivi et résolution proactive des problèmes.
- \* **Support expert** : Assistance complète tout au long du processus d'expédition.
- \* **Suivi en temps réel** : Vues cartographiques et mises à jour en temps réel des expéditions.
- \* **Intégration API** : Connexion avec des milliers de transporteurs pour une gestion efficace des expéditions.



Figure 1.9 – Logo Freightos [9]

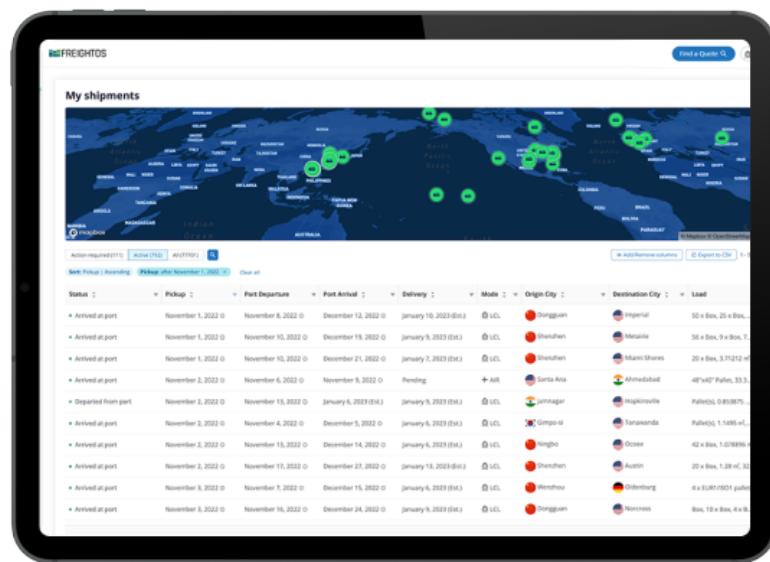


Figure 1.10 – Interface de l'application Freightos[9]

### 2.3. Critique de l'existant

Dans cette section, nous effectuerons une analyse approfondie des applications dans le secteur du transport. L'objectif est de mettre en évidence les avantages et les inconvénients de chaque solution, en soulignant les aspects clés qui influencent l'expérience utilisateur. Le tableau 1.3 présente une critique détaillée de ces solutions, offrant un aperçu clair de leurs forces et faiblesses respectives.

**Table 1.3 – Tableau comparatif des solutions de gestion du transport [6][8][9]**

Application	Points forts	Points faibles
Transporeon	<ul style="list-style-type: none"> <li>* <b>Efficacité opérationnelle</b> : Réduit les temps d'attente, améliore la transparence.</li> <li>* <b>Réduction des émissions de CO2</b> : Optimise les processus pour l'environnement.</li> <li>* <b>Automatisation et IA</b> : Accroît précision et efficacité.</li> <li>* <b>Réseau étendu</b> : Facilite la collaboration entre chargeurs, transporteurs, et détaillants.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* <b>Complexité de mise en œuvre</b> : Nécessite du temps d'adaptation et de la formation.</li> <li>* <b>Dépendance à la technologie</b> : Les pannes affectent les opérations.</li> <li>* <b>Coût</b> : Investissement important pour certaines entreprises.</li> </ul>
FreightPOP	<ul style="list-style-type: none"> <li>* <b>Interface conviviale</b> : Facile à utiliser, avec une mise en route rapide.</li> <li>* <b>Connectivité</b> : Plus de 1500 intégrations pour automatiser la chaîne d'approvisionnement.</li> <li>* <b>Efficacité</b> : Simplifie les opérations et réduit les coûts.</li> <li>* <b>Adaptabilité</b> : Solutions personnalisables pour divers besoins des entreprises.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* <b>Complexité</b> : Nécessite une période d'apprentissage.</li> <li>* <b>Dépendance technologique</b> : Les interruptions peuvent perturber les opérations.</li> <li>* <b>Coût élevé</b> : Investissement important pour certaines entreprises.</li> </ul>
Freightos	<ul style="list-style-type: none"> <li>* <b>Facilité d'utilisation</b> : Interface conviviale et gestion simplifiée des expéditions.</li> <li>* <b>Large réseau</b> : Connexion avec un vaste réseau de transporteurs et transitoires pour faciliter la comparaison et la réservation.</li> <li>* <b>Efficacité et transparence</b> : Améliore la transparence et l'efficacité des opérations logistiques.</li> <li>* <b>Support client</b> : Assistance experte à chaque étape du processus.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* <b>Complexité initiale</b> : Nécessite une période d'apprentissage pour les nouveaux utilisateurs.</li> <li>* <b>Dépendance technologique</b> : Les interruptions peuvent perturber les opérations.</li> <li>* <b>Coût</b> : Investissement potentiel important pour certaines entreprises.</li> </ul>

### 3. Description du travail demandé

Face à l'augmentation des volumes de marchandises et à la complexité croissante des réseaux de transport, une gestion optimisée du fret ferroviaire est devenue essentielle pour réduire les coûts,

améliorer la ponctualité, et minimiser l'impact environnemental en réduisant les émissions de carbone. Le projet vise à développer une solution mobile pour la gestion du transport ferroviaire des marchandises au sein de la SNCFT, offrant une gestion des expéditions et une interface intuitive, adaptée aux spécificités du secteur ferroviaire en Tunisie. Après une analyse des solutions existantes, notre approche se distingue par son architecture modulaire, garantissant une évolutivité future à un coût modéré.

## 4. Méthodologie de travail

Une méthode d'analyse et de conception formalise les étapes préliminaires du développement d'un système pour répondre aux besoins du client. Dans notre projet, nous avons choisi la méthode en cascade.

### Définition du méthode en Cascade

La méthode en cascade est un modèle de développement logiciel linéaire et séquentiel où chaque phase doit être entièrement complétée avant de passer à la suivante. Ce processus suit une série d'étapes clairement définies, représentant le cycle de vie du développement : collecte des exigences, conception, développement, tests et déploiement. Ces étapes sont illustrées dans la figure 1.11, mettant en évidence la structure séquentielle du modèle. Cette séquence stricte minimise les ambiguïtés et structure le projet de manière claire, garantissant ainsi que chaque phase est réalisée dans l'ordre et avec précision [10].

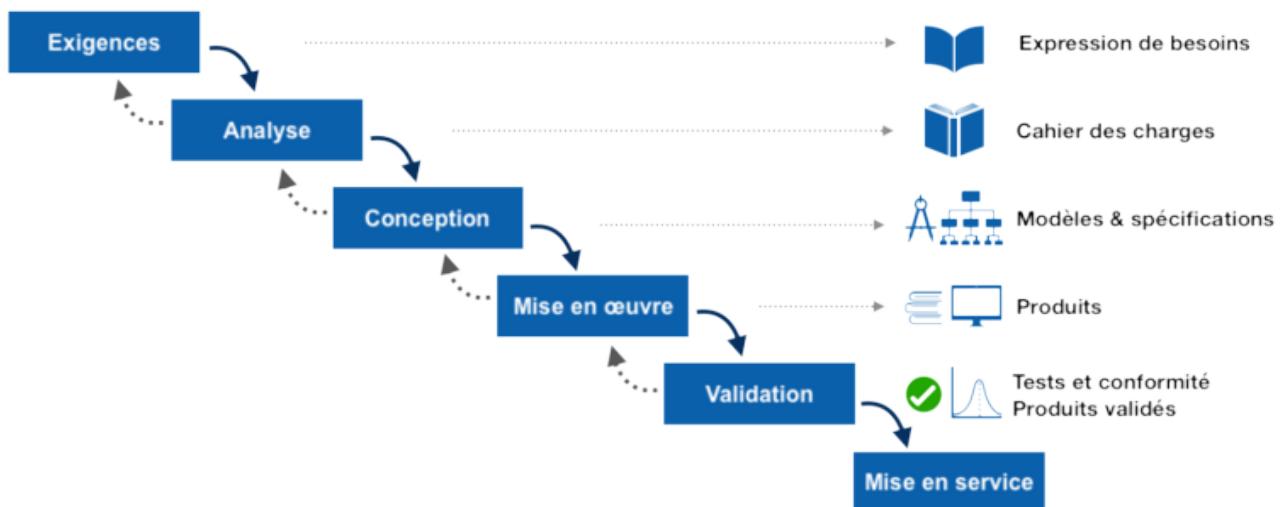


Figure 1.11 – Modèle en cascade générique avec les principaux livrables [10]

### Avantages de la méthode en Cascade

- **Clarté des Exigences** : Elle permet une définition précise des besoins dès le départ, réduisant les ambiguïtés.

- **Structure Linéaire et Prévisible :** Avec une séquence de phases à respecter, elle assure une gestion de projet efficace et le respect des délais.
- **Documentation Exhaustive :** Chaque étape génère une documentation exhaustive, facilitant la maintenance et la traçabilité.
- **Contrôle de Qualité :** L'évaluation de chaque phase garantit que les normes de qualité sont respectées.

### Utilisation de la Méthode en Cascade dans notre projet

Nous avons choisi la méthode en cascade pour notre projet en raison de ses avantages, notamment son approche linéaire qui exige que chaque phase (analyse des besoins, conception, développement, tests, déploiement, et maintenance) soit entièrement complétée avant de passer à la suivante. Elle est idéale pour des projets avec des exigences claires et stables, facilitant ainsi une planification efficace et garantissant une documentation complète. De plus, cette méthode permet un contrôle rigoureux des délais et de la qualité des livrables, offrant un cadre organisé qui améliore la gestion des tâches et la coordination de l'équipe, ce qui est essentiel pour le succès du projet et l'optimisation du transport de marchandises.

## 5. Planification du projet

Pour structurer efficacement les étapes du projet, la méthode en cascade a été adoptée. Les phases principales sont les suivantes :

**1- Phase d'Analyse (2 jours) :** Cette étape commence par une réunion de lancement avec toutes les parties prenantes pour identifier les besoins spécifiques. Les processus critiques, tels que la gestion des commandes et le suivi des trains, sont déterminés, ainsi que les rôles des différents intervenants (visiteurs, administrateurs, conducteurs, opérateurs, clients). Elle se termine par la validation du cahier des charges, garantissant une compréhension commune des objectifs.

**2- Phase de Conception (3 jours) :** Cette phase inclut la modélisation des diagrammes UML pour visualiser les interactions du système. La conception de l'architecture technique est définie, intégrant un backend sous Node.js, un frontend en Flutter, et une base de données MongoDB. L'installation des technologies et la validation des diagrammes avec l'encadreur assurent une infrastructure solide avant le développement.

**3- Phase de Développement (3 semaines) :** La plus longue phase, où la base de données MongoDB est mise en place et les APIs sont développées pour la gestion des trains, des wagons, et des capteurs IoT. Les interfaces mobiles sont créées pour différents profils d'utilisateurs.

Des tests unitaires et d'intégration sont réalisés, suivis de validations des fonctionnalités avec l'encadreur.

**4- Phase de Clôture (2 jours) :** Une réunion de clôture présente les résultats finaux et valide la livraison du système à l'équipe SNCFT. La documentation technique est rédigée et remise, assurant la traçabilité des choix techniques et facilitant la maintenance future.

Cette approche structurée permet de suivre chaque étape du projet de manière rigoureuse, minimisant les risques et assurant la satisfaction des exigences du client. La figure 1.12, illustrée via Trello, offre une représentation visuelle claire de cette planification détaillée.

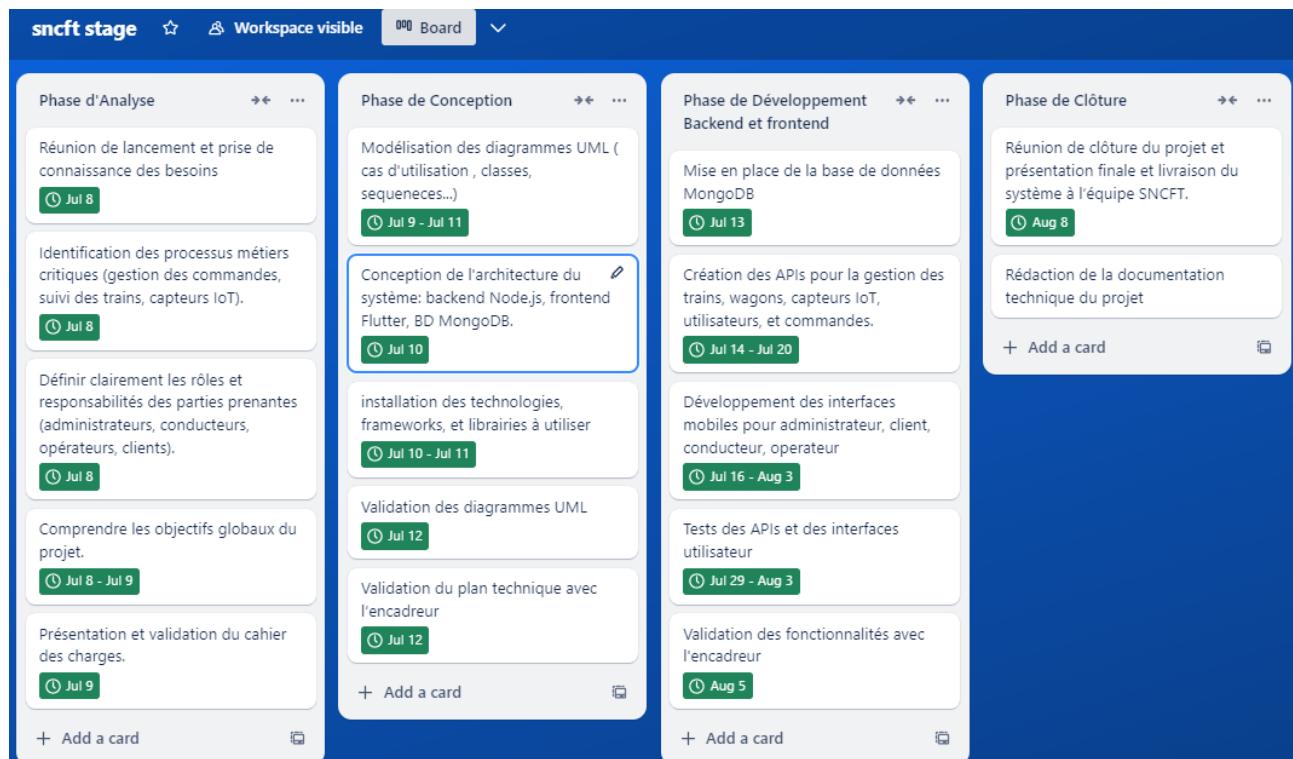


Figure 1.12 – Planification du projet avec trello

## Conclusion

En conclusion, ce chapitre a permis de définir le contexte et les enjeux du projet en présentant les caractéristiques de la SNCFT et la problématique à résoudre, tout en soulignant l'importance de comprendre les limites des solutions existantes afin de mieux orienter le développement futur. Ces éléments sont cruciaux pour guider le développement de l'application mobile dédiée à l'optimisation du fret ferroviaire.

# Chapitre 2

## Spécification et analyse des besoins

### Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons une vue d'ensemble du projet en identifiant les exigences fonctionnelles et non fonctionnelles. Après le recueil des besoins, nous procédon à une analyse approfondie visant à construire le modèle d'analyse, étape clé avant la conception. Cette phase inclut l'identification des acteurs, la création du diagramme de cas d'utilisation, et le raffinement de ces cas pour décrire les fonctionnalités du système du point de vue utilisateur.

### 1. spécification des besoins

La phase de spécification des besoins est essentielle, car elle offre une vision globale du projet, approfondit la compréhension du contexte et précise les objectifs à atteindre. Son principal but est de recueillir les besoins fonctionnels ou non fonctionnels.

#### 1.1. Besoins fonctionnels

Les besoins fonctionnels définissent les exigences de base et les fonctionnalités principales que chaque acteur peut réaliser au sein de l'application pour accomplir leurs tâches respectives.

- **Gestion des trains :**

- Ajouter, mettre à jour et supprimer les informations des trains.
- Suivre l'état des trains (disponible, en transit, en maintenance).
- Suivre la position des trains en temps réel.

- **Gestion des wagons :**

- Ajouter, mettre à jour et supprimer les wagons associés à un train.
- Suivre la capacité et la charge actuelle des wagons.

- **Gestion des trajets :**

- Ajouter, mettre à jour et supprimer des trajets.
- Planifier les trajets en fonction des ressources disponibles (trains, wagons, conducteurs).
- Assigner les trajets aux conducteurs.
- Suivre l'état des trajets en temps réel (en cours, terminé, retardé).
- Gérer les incidents liés aux trajets (retards, annulations).

- **Gestion des conducteurs :**

- Attribuer les conducteurs aux trains.
- Gérer les plannings des conducteurs en fonction des horaires et trajets.
- Assurer un suivi pour éviter les conflits de planning.

- **Gestion des commandes :**

- Créer, mettre à jour et supprimer les commandes des clients.
- Suivre l'état des commandes, de leur validation à leur affectation à un train ou wagon.
- Préparer les commandes pour l'expédition.

- **Gestion des expéditions :**

- Planifier les trajets et optimiser les routes.
- Gérer le transport des marchandises.
- Fournir des informations de suivi des colis en temps réel aux clients.

- **Gestion des réclamations :**

- Permettre aux clients de déposer des réclamations.
- Suivre et mettre à jour le statut des réclamations.

- **Gestion des utilisateurs et permissions :**

- Attribuer des rôles et des permissions aux utilisateurs selon leurs responsabilités.
- Gérer les permissions et l'accès aux différentes fonctionnalités selon le rôle (ajout, consultation, modification).
- Mettre en place un système d'authentification robuste pour assurer la sécurité et l'intégrité des accès.

- **Notifications :**

- Envoyer des notifications en temps réel aux conducteurs et clients concernant le statut des trains, des expéditions, et des réclamations.
- Alerter les utilisateurs sur les événements critiques tels que retards, problèmes techniques, ou réclamations résolues.

## 1.2. Besoins non fonctionnels

Les besoins non fonctionnels définissent les exigences techniques et qualitatives nécessaires pour garantir la performance, la sécurité, l'efficacité, et la fiabilité de l'application, tout en assurant une expérience utilisateur optimale. Pour cette application, nous avons priorisé les besoins non fonctionnels suivants :

- \* **Sécurité** : Protège les informations et les ressources sensibles en limitant l'accès aux utilisateurs authentifiés grâce à un système d'authentification et d'autorisation par rôles assure que chaque utilisateur accède uniquement aux données et fonctionnalités qui lui sont attribuées. La protection des données clients et des transactions est également une priorité.
- \* **Performance** : Le système doit être capable de gérer un grand volume de données en temps réel, notamment pour le suivi des trains et des marchandises.
- \* **Disponibilité** : Le système doit être disponible 24h/24, avec un minimum d'interruptions pour garantir le suivi en temps réel des marchandises.
- \* **Scalabilité** : Permet à l'application de gérer un grand nombre d'utilisateurs et d'opérations simultanées tout en maintenant les performances, avec une infrastructure adaptable aux besoins croissants.
- \* **Maintenabilité** : Garantit un code lisible et évolutif, facilitant les mises à jour et l'adaptation aux nouvelles exigences du marché.
- \* **Convivialité** : Offre une interface intuitive et facile à utiliser, avec une navigation fluide et des fonctionnalités minimisant les erreurs et la nécessité de formation.

## 2. Analyse

Après une analyse approfondie des besoins spécifiques du projet, il est essentiel de bien définir les rôles de chaque acteur impliqué. Cette définition permettra de concevoir des processus alignés avec les attentes et exigences des différents utilisateurs de la plateforme.

### 2.1. Identification des acteurs

Un acteur est une entité externe interagissant avec un système, exécutant des tâches spécifiques et jouant un rôle important dans la définition des besoins et des interactions du système. Dans ce projet, nous identifions les quatre acteurs suivants :

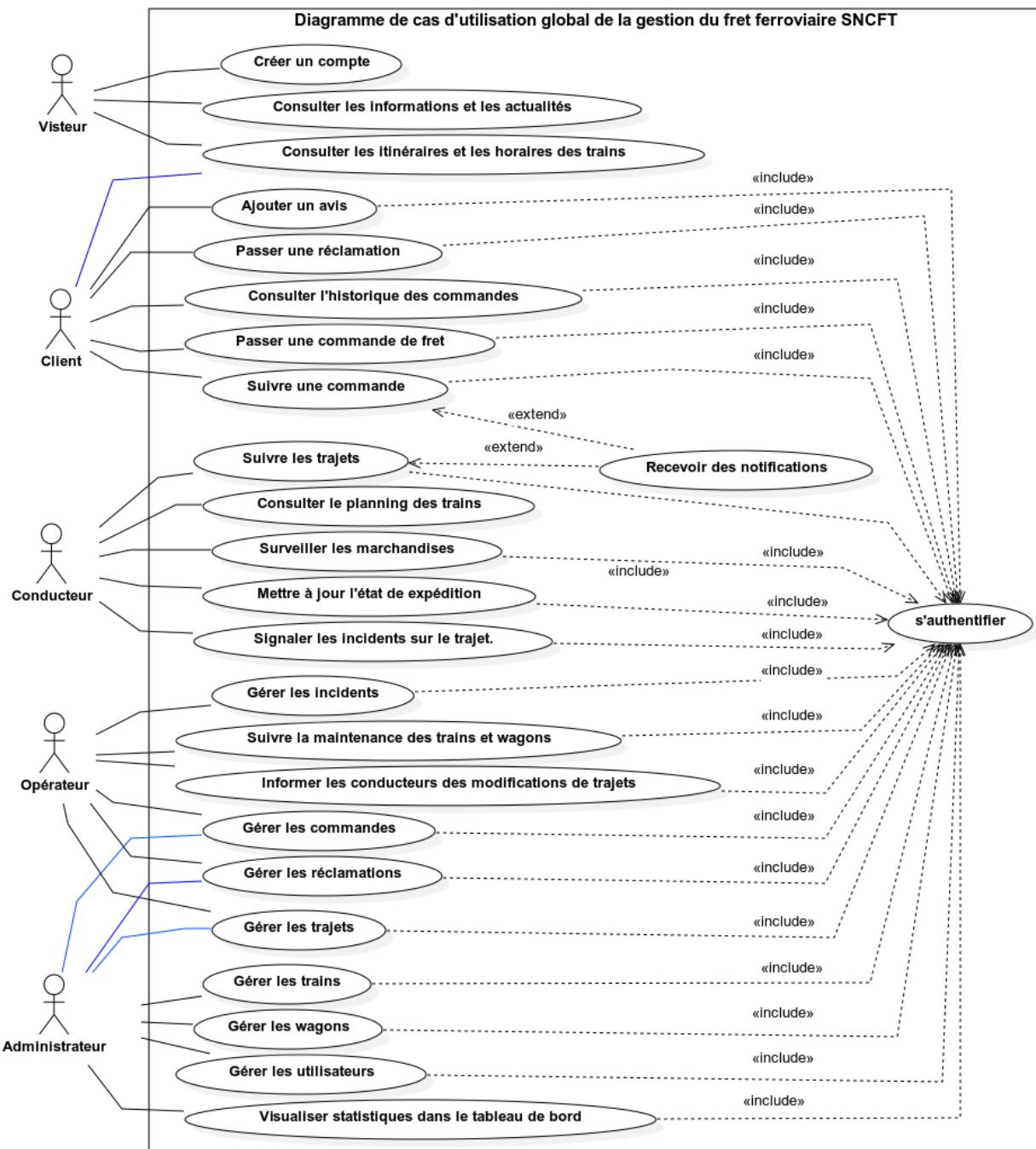
- **Le visiteur** : est un internaute ordinaire qui souhaite explorer et consulter les informations disponibles. Il a également la possibilité de devenir un client potentiel en s'inscrivant à notre application.

- **L'administrateur** : joue un rôle clé dans la gestion des données du back-office, il supervise les opérations logistiques ferroviaires, gérant les trains, wagons, trajets, conducteurs et commandes clients. Il assigne les trajets, suit les commandes en temps réel, génère des rapports de performance, et gère les utilisateurs et leurs rôles. Il est également responsable des notifications et alertes pour assurer une communication efficace des informations critiques.
- **Les clients** : utilisent l'application pour passer des commandes de fret et suivre leurs expéditions. Ils ont accès à l'historique des commandes, aux détails des expéditions, et reçoivent des notifications sur le statut de leurs marchandises en temps réel. Ils peuvent également obtenir des estimations de coûts et contacter l'assistance en cas de besoin.
- **Le conducteur** : dispose d'une interface dédiée qui lui permet de suivre ses trajets, incluant l'itinéraire, les horaires et les marchandises. Il peut consulter les détails des cargaisons et recevoir des notifications sur les modifications d'itinéraires ou d'horaires. De plus, il a la possibilité de signaler des incidents via un journal de bord et d'utiliser des capteurs IoT pour surveiller l'état des marchandises transportées.
- **L'opérateur** : est responsable de la gestion et de l'assignation des commandes de fret aux trains et wagons disponibles. Il suit en temps réel les trajets et les wagons, tout en planifiant les ressources nécessaires, telles que l'entretien et la disponibilité des wagons. En outre, il communique avec les conducteurs pour coordonner les opérations, surveille les données des capteurs IoT concernant les conditions des wagons, et enregistre ainsi que gère les incidents survenant pendant les trajets.

## 2.2. Diagramme de cas d'utilisation global

Les diagrammes de cas d'utilisation en UML, sont des outils cruciaux pour modéliser le comportement d'un système, définir les interactions avec les acteurs, et spécifier les exigences fonctionnelles. Ils représentent les interactions entre les acteurs, qui initient des cas d'utilisation, et le système ou l'application, en mettant en avant des fonctionnalités spécifiques du projet.

D'après le diagramme de la figure 2.1, le client peut passer des commandes de fret, suivre leur statut en temps réel, et soumettre des réclamations. L'opérateur, quant à lui, est en charge de gérer et d'assigner les commandes aux trains et wagons disponibles, de traiter les réclamations, de suivre l'état des trains et wagons, et de planifier les ressources. Enfin, l'administrateur, en plus des fonctionnalités de l'opérateur, peut gérer les trains, les wagons, et les trajets, superviser les utilisateurs, et générer des rapports sur les performances et les incidents.



**Figure 2.1 – Diagramme de cas d'utilisation global**

### 2.3. Raffinement des cas d'utilisation

Le raffinement des cas d'utilisation est crucial pour assurer une conception claire du système. En clarifiant les interactions entre les acteurs et le système, il a facilité la communication entre les équipes fonctionnelles et techniques. Chaque fonctionnalité a été décomposée en sous-fonctionnalités, ce qui a permis d'identifier les dépendances, comme les inclusions et extensions. Ce processus a également optimisé la planification du développement et l'allocation des ressources, tout en garantissant que les besoins des utilisateurs finaux sont bien pris en compte.

### 2.3.1. Raffinement du cas d'utilisation "Créer un compte" :

Cette section décrit le processus d'inscription, comprenant l'accès à la page d'inscription, la saisie et la validation des informations personnelles, la génération des identifiants de connexion, l'envoi d'un email de confirmation, et la vérification de l'adresse email via un code OTP. Elle aborde également les scénarios d'erreur possibles, tels que l'annulation de l'inscription, les informations incomplètes, et les erreurs d'enregistrement, afin de garantir une expérience utilisateur fluide et intuitive.

#### □ Description textuelle du cas d'utilisation "Créer un compte" :

Le tableau 2.1 présente la description textuelle du cas d'utilisation "Créer un compte".

**Table 2.1 – Description textuelle du cas d'utilisation : Créer un compte**

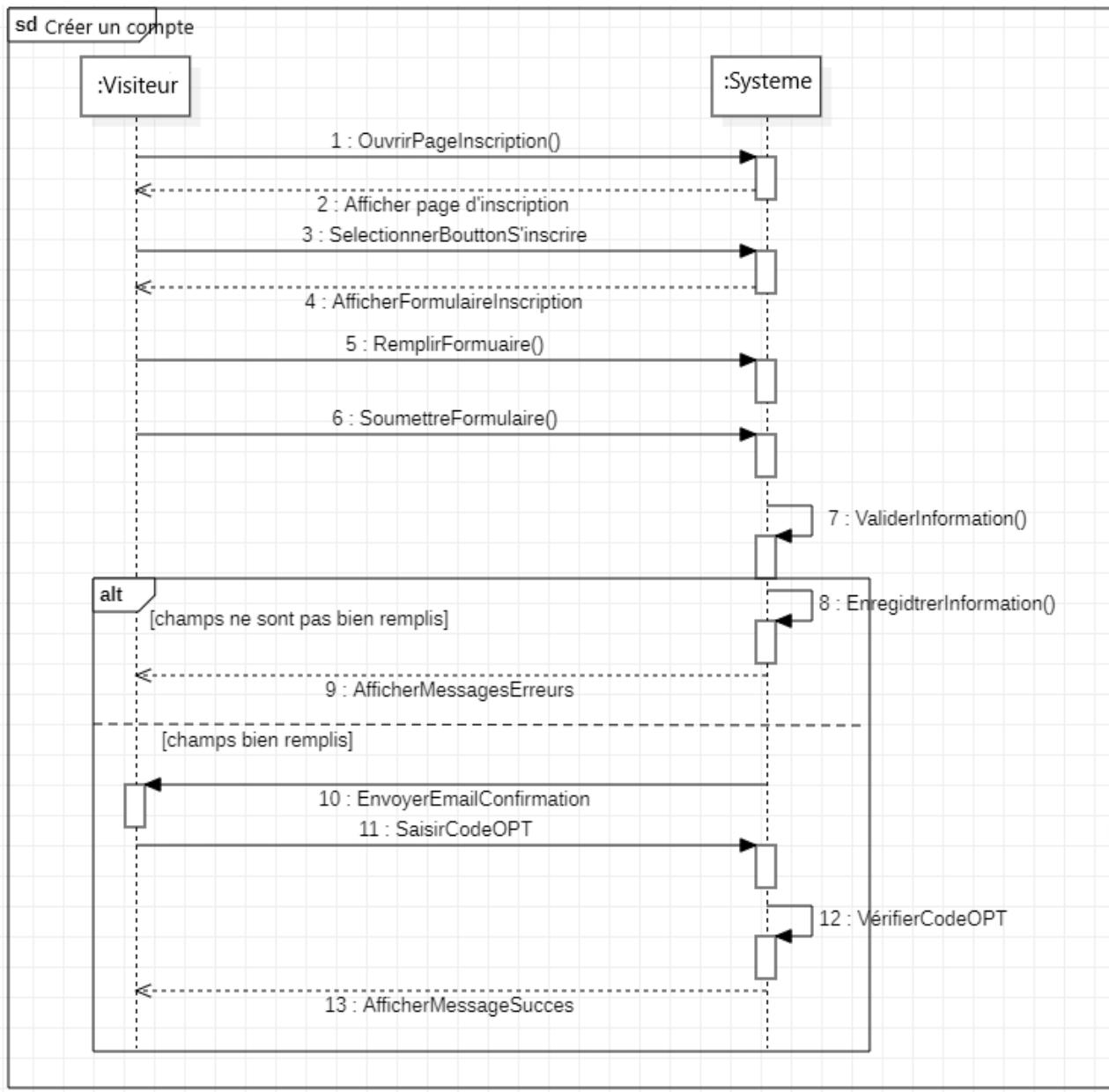
<b>Titre</b>	Créer un compte
<b>Acteur</b>	Visiteur
<b>Résumé</b>	Ce cas d'utilisation permet au visiteur de créer un compte.
<b>Préconditions</b>	Le visiteur doit avoir accès à un dispositif connecté à Internet.
<b>Postconditions</b>	Un nouveau compte utilisateur est créé dans la base de données avec les informations fournies et l'utilisateur reçoit un email de confirmation contenant un lien ou un code OTP pour vérifier son adresse email.

<b>Scénario nominal</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Le visiteur accède à la page d'inscription.</li><li>2. Le visiteur sélectionne l'option "Créer un compte".</li><li>3. Le système affiche un formulaire de saisie des informations d'inscription.</li><li>4. Le visiteur remplit le formulaire avec ses informations personnelles.</li><li>5. Le visiteur soumet le formulaire.</li><li>6. Le système valide les informations fournies.</li><li>7. Le système enregistre les informations de le visiteur dans la base de données.</li><li>8. Le système génère automatiquement des identifiants de connexion pour le visiteur.</li><li>9. Le système envoie un email de confirmation qui contient un code OTP (One-Time Password) de 4 chiffres à l'adresse fournie par le visiteur.</li><li>10. L'utilisateur doit saisir ce code dans un champ dédié sur la page d'inscription pour vérifier son adresse email et finaliser le processus d'inscription.</li><li>11. Si le code est incorrect ou expiré, le système affiche un message d'erreur et invite l'utilisateur à saisir à nouveau le code.</li><li>12. Une fois que l'utilisateur a saisi avec succès le code OTP et que son email est vérifié le cas d'utilisation se termine avec succès.</li></ol>
-------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Scénario d'erreur</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Dans l'étape 4 :           <ul style="list-style-type: none"> <li><b>✗ Informations Incomplètes :</b> Si des informations obligatoires ne sont pas fournies, le système affiche un message d'erreur indiquant les champs à compléter. L'utilisateur est invité à fournir les informations manquantes avant de pouvoir soumettre le formulaire.</li> <li><b>✗ Annulation :</b> À tout moment avant la soumission du formulaire, l'utilisateur peut choisir d'annuler l'opération d'inscription. Dans ce cas, le cas d'utilisation se termine et aucune modification n'est apportée à la base de données.</li> </ul> </li> <li>● Dans l'étapes 7 :           <ul style="list-style-type: none"> <li><b>✗ Erreur d'Enregistrement :</b> - Si une erreur survient lors de l'enregistrement des informations de l'utilisateur dans la base de données, le système affiche un message d'erreur et invite l'utilisateur à réessayer ultérieurement.</li> </ul> </li> <li>● Dans l'étapes 9 :           <ul style="list-style-type: none"> <li><b>✗ Expiration du Code OTP :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le code OTP envoyé par email a une durée de validité limitée, généralement quelques minutes.</li> <li>- Si l'utilisateur ne saisit pas le code OTP avant son expiration, le système affiche un message indiquant que le code a expiré et invite l'utilisateur à demander un nouveau code en cliquant sur un lien fourni dans l'email de confirmation.</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## □ Diagramme de séquence du cas d'utilisation "Créer un compte" :

Les étapes de déroulement du cas d'utilisation "Créer un compte" sont décrites par le diagramme de séquence illustré par la figure 2.2.

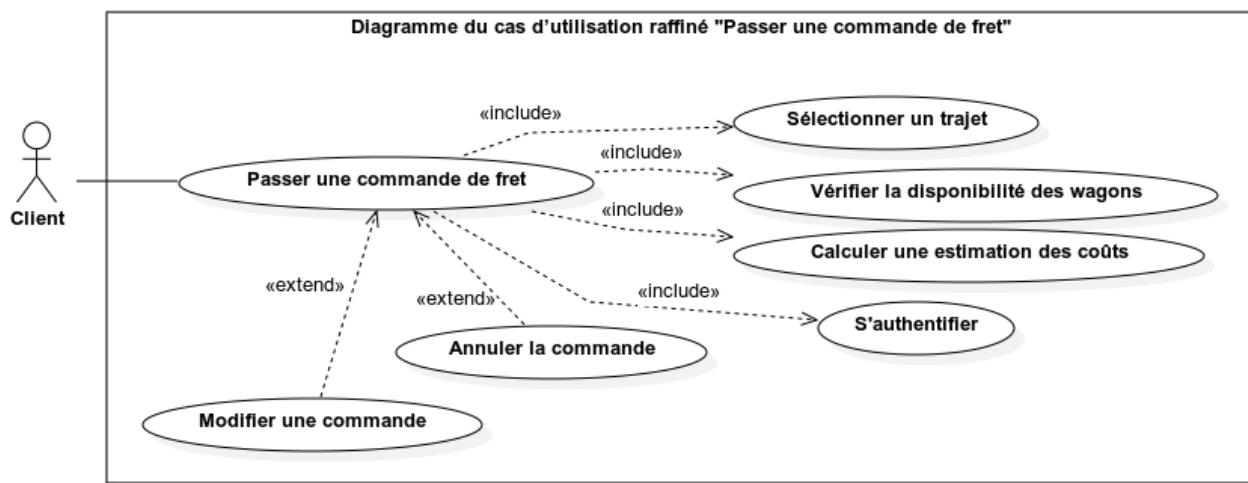


**Figure 2.2 – Diagramme de séquence du cas d'utilisation de "Créer un compte"**

### 2.3.2. Raffinement des cas d'utilisation "Passer une commande de fret"

#### □ Diagramme du cas d'utilisation raffiné :

Le diagramme raffiné pour le cas d'utilisation "Passer une commande de fret" (voir Figure 2.3) illustre les différentes étapes clés que le client doit suivre pour passer une commande de fret, y compris la sélection des trajets, la vérification de la disponibilité des wagons, l'estimation des coûts, et la confirmation finale de la commande.



**Figure 2.3 – Diagramme de cas d'utilisation raffiné du cas d'utilisation "Passer une commande de fret"**

#### □ Description textuelle du cas d'utilisation "Passer une commande de fret"

Le tableau 2.2 présente une description du cas d'utilisation "Passer une commande de fret" en illustrant les différents scénarios possibles pendant l'exécution de cette fonctionnalité par le client.

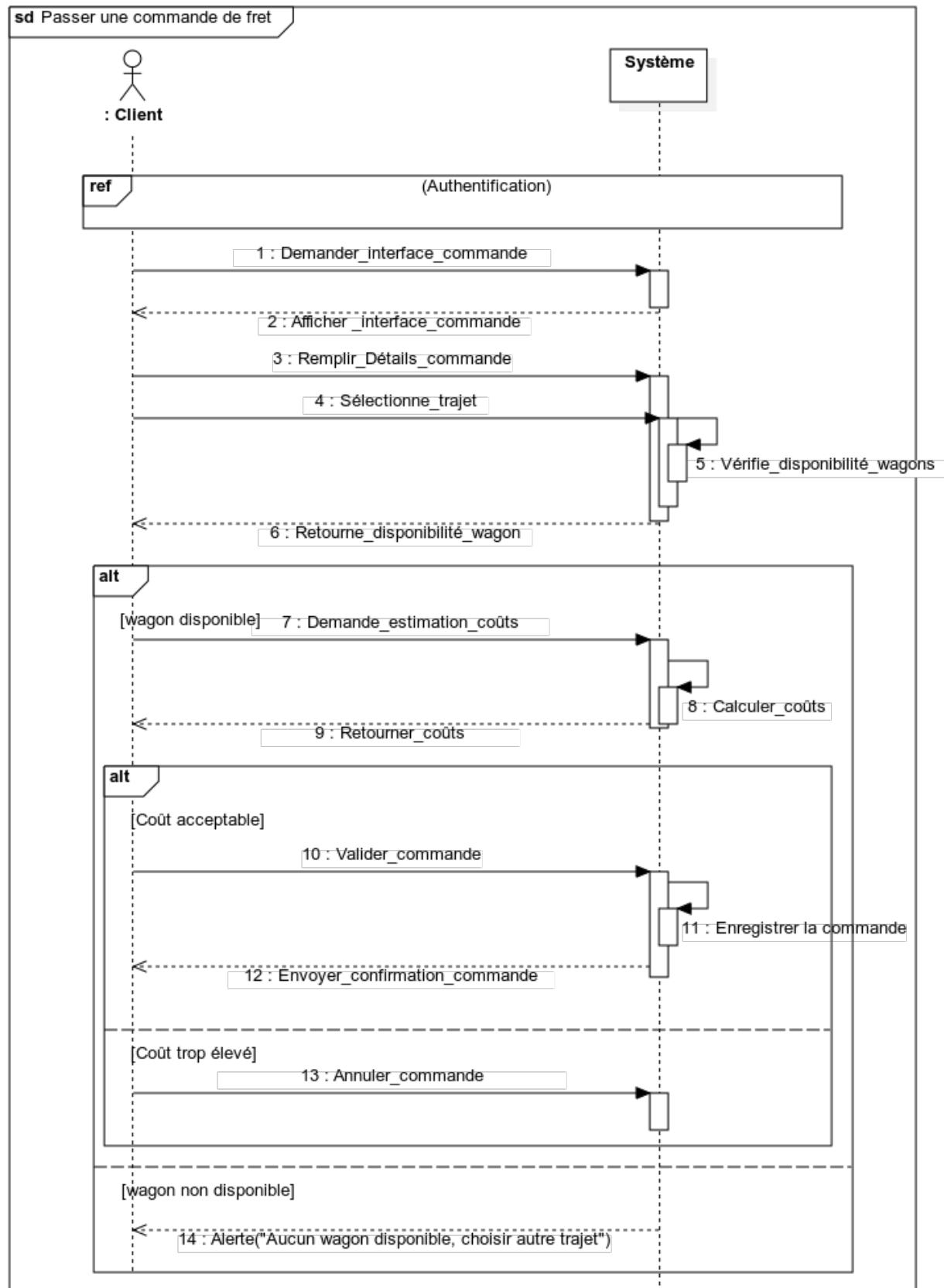
**Table 2.2 – Description du cas d'utilisation : Passer une commande de fret**

<b>Cas d'utilisation</b>	Passer une commande de fret
<b>Acteurs</b>	Client
<b>Résumé</b>	Ce cas d'utilisation permet à un client de passer une commande de fret en sélectionnant des trajets, en vérifiant la disponibilité des wagons, en estimant les coûts et en validant la commande.
<b>Préconditions</b>	Le client doit être authentifié. Le système doit avoir des informations sur les trajets et la disponibilité des wagons.
<b>Postconditions</b>	Une commande de fret est enregistrée dans le système, et le client reçoit une confirmation.

<b>Scénario Nominal</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Le client demande l'interface de la commande de fret.</li> <li>2. Le système affiche interface de la commande.</li> <li>3. Le client remplit les détails de la commande.</li> <li>4. Le client sélectionne le trajet souhaité.</li> <li>5. Le système vérifie la disponibilité des wagons.</li> <li>6. Le système affiche la disponibilité des wagons.</li> <li>7. Le client demande l'estimation des coûts.</li> <li>8. Le système calcule l'estimation des coûts.</li> <li>9. Le système affiche l'estimation des coûts.</li> <li>10. Le client valide la commande.</li> <li>11. Le système enregistre la commande.</li> <li>12. Le système envoie une confirmation au client.</li> </ol>
<b>Scénarios Alternatifs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Scénario 1 :</b> Aucune disponibilité de wagon.             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Le système informe le client.</li> <li>2. Le client peut choisir un autre trajet ou revenir à l'étape précédente.</li> </ol> </li> <li>- <b>Scénario 2 :</b> Estimation des coûts échoue.             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Le système informe le client de l'erreur.</li> <li>2. Le client peut relancer l'estimation.</li> </ol> </li> </ul>
<b>Scénario d'Erreur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Le client essaie de passer une commande sans être authentifié.</li> <li>2. Le système affiche un message d'erreur indiquant que l'authentification est requise.</li> </ol>

#### □ Diagramme de séquence du cas d'utilisation "Passer une commande de fret"

La séquence des interactions est également décrite dans le diagramme de séquence associé (voir Figure 2.4). Ce diagramme met en évidence l'ordre des opérations et les messages échangés entre le client et le système lors de chaque étape du processus.



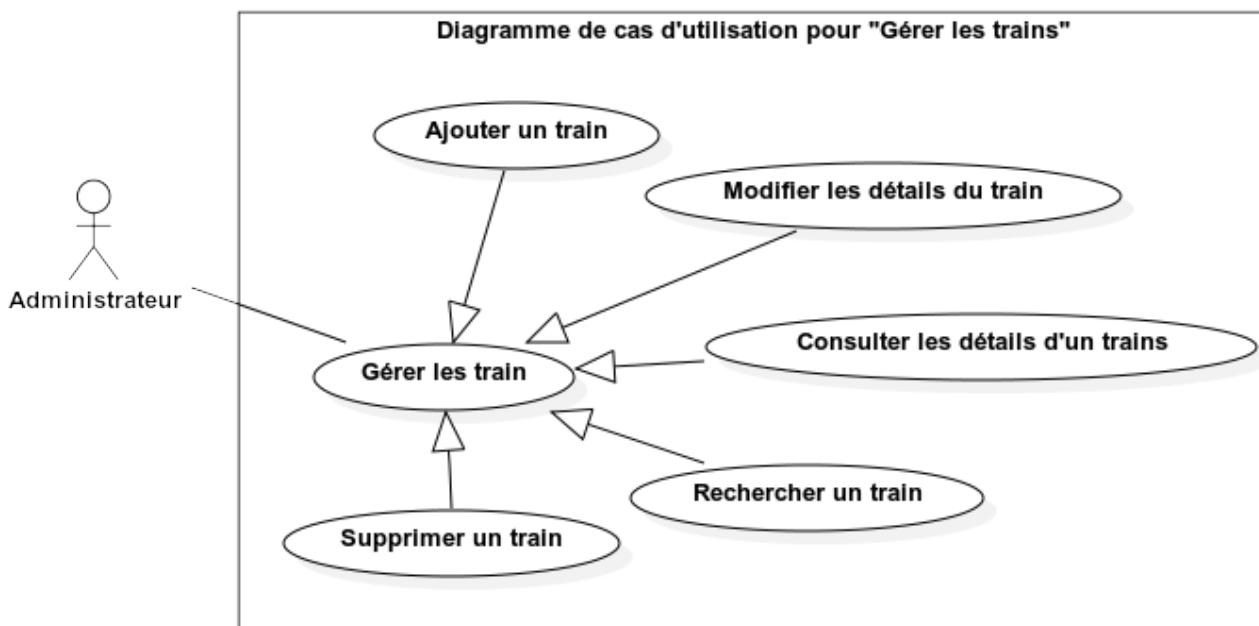
**Figure 2.4 – Diagramme de séquence du cas d'utilisation "Passer une commande de fret"**

En conclusion, le diagramme raffiné et les descriptions textuelles fournissent une vue d'ensemble cohérente et détaillée des actions nécessaires pour passer une commande de fret, permettant ainsi d'identifier les points critiques et d'optimiser le processus.

### 2.3.3. Raffinement des cas d'utilisation "Gérer les trains"

#### □ Diagramme du cas d'utilisation raffiné :

Le diagramme de cas d'utilisation raffiné pour "Gérer les trains", présenté dans la Figure 2.5, va illustrer les sous-cas d'utilisation associés à cette fonctionnalité. Cela inclut des tâches spécifiques que l'administrateur peut effectuer dans la gestion des trains, comme ajouter un train, modifier un train, supprimer un train et rechercher un train.



**Figure 2.5 – Diagramme de cas d'utilisation raffiné du cas d'utilisation "Gérer les trains"**

#### □ Description textuelle du cas d'utilisation "Ajouter un train" :

Le tableau 2.3 fournit une description détaillée du cas d'utilisation "Ajouter un train", mettant en évidence les différents scénarios possibles lors de l'exécution de cette fonctionnalité par l'administrateur.

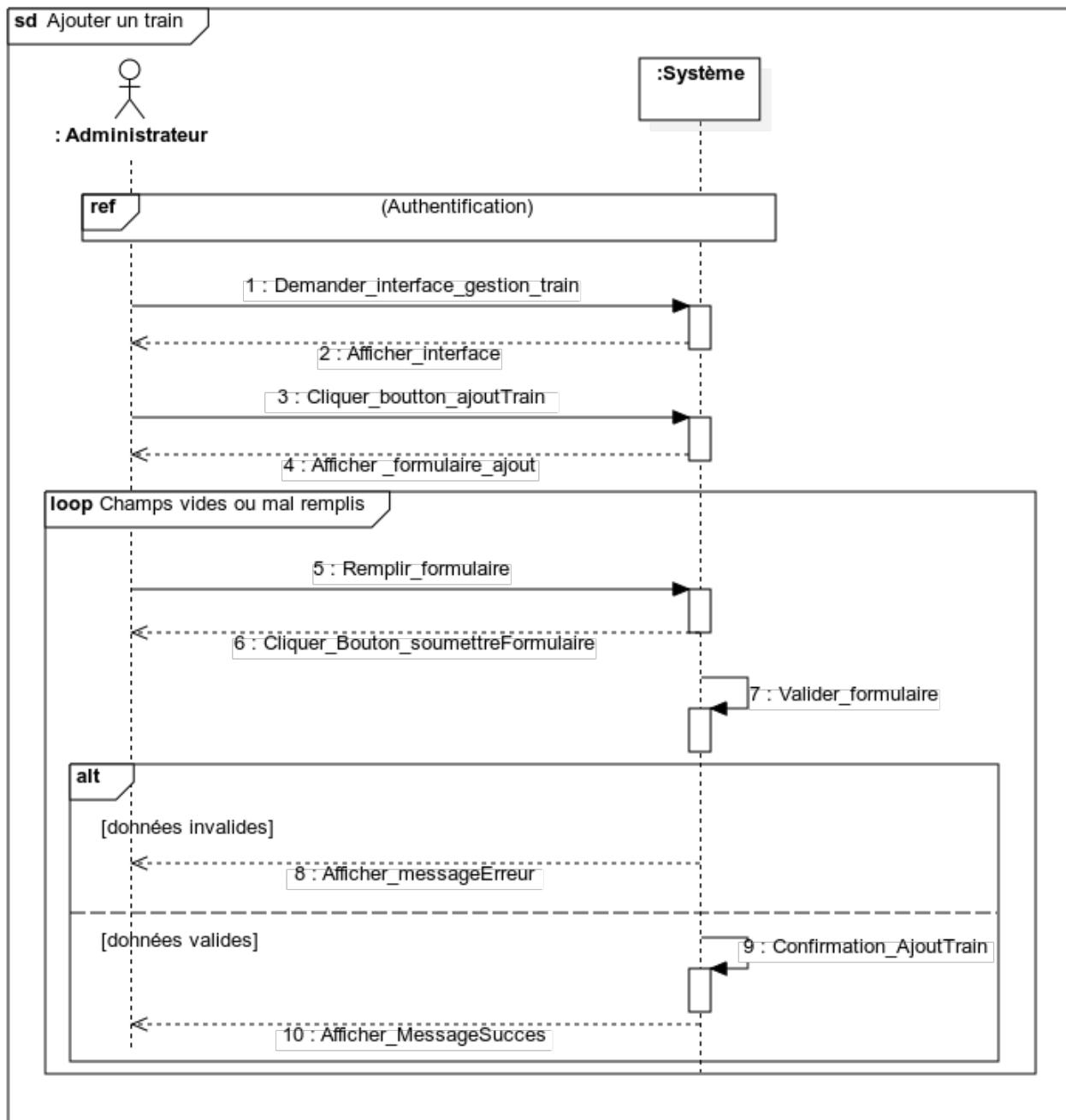
**Table 2.3 – Description textuelle du cas d'utilisation : "Ajouter un train"**

Élément	Description
Cas d'utilisation	Ajouter un train
Acteur principal	Administrateur
Résumé	L'administrateur ajoute un nouveau train avec toutes les informations requises.
Préconditions	L'administrateur doit être connecté au système.

<b>Postconditions</b>	Le train est ajouté avec succès et est visible dans la liste des trains.
<b>Scénario Nominal</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. L'administrateur accède à la section "Gérer les trains".</li> <li>2. L'administrateur sélectionne l'option "Ajouter un train".</li> <li>3. Le système affiche un formulaire pour les détails du train.</li> <li>4. L'administrateur remplit les informations et soumet.</li> <li>5. L'administrateur soumet le formulaire.</li> <li>6. Le système enregistre les données dans la base de données.</li> <li>7. Confirmation de l'ajout du train.</li> </ol>
<b>Scénarios alternatifs</b>	<p>4a. Si les champs obligatoires ne sont pas remplis, le système demande à l'administrateur de compléter les informations manquantes.</p> <p>4b. Si les données sont mal formatées, un message d'erreur est affiché et l'administrateur est invité à corriger les informations avant de soumettre à nouveau.</p>
<b>Scénario d'Erreur</b>	<p>6a. Si les données du train sont invalides, le système affiche un message d'erreur et demande à l'administrateur de remplir les informations.</p>

□ **Diagramme de séquence du cas d'utilisation "Ajouter un train" :**

Le cas d'utilisation "Ajouter un train" est illustré dans la figure 2.6 à travers un diagramme de séquence. Ce diagramme représente les interactions entre l'acteur principal (administrateur) et le système pour accomplir l'ajout d'un nouveau train. Il détaille chaque étape du processus, de la soumission des informations par l'administrateur à la validation et l'enregistrement des données par le système.



**Figure 2.6 – Diagramme de séquence du cas d'utilisation "Ajouter un train"**

En conclusion, le diagramme raffiné ainsi que les descriptions textuelles offrent une vision claire et approfondie des étapes impliquées dans la gestion des trains.

## Conclusion

Ce chapitre a défini les exigences fonctionnelles et non fonctionnelles du projet, tout en identifiant les objectifs clés grâce à une compréhension approfondie du contexte. Cette étape est cruciale pour assurer que le système répondra aux attentes des utilisateurs. Nous allons maintenant aborder le chapitre de conception pour développer des solutions techniques adaptées à ces besoins.

# Chapitre 3

## Etude Architecturale et Conceptuelle

### Introduction

Ce chapitre examine l'étude architecturale et conceptuelle de notre application, en abordant son architecture, les choix technologiques, ainsi que les diagrammes d'activités, de classe et de séquences. L'objectif est de fournir une vue d'ensemble claire et structurée pour faciliter la compréhension et le développement de l'application.

### 1. Architecture de l'application

La sélection de l'architecture revêt une grande importance. Nous avons choisi une approche fondée sur l'architecture MVC, complétée par une pile technologique comprenant Flutter, Node.js, Express.js et MongoDB. Bien que l'architecture MVC et cette pile technologique soient différentes, elles sont fréquemment intégrées pour le développement de notre application.

#### 1.1. Architecture générale de l'application

L'architecture générale de l'application s'appuie sur une pile technologique qui intègre diverses technologies largement reconnues. Cette pile comprend les éléments suivants :

- **Flutter** : Un framework open-source développé par Google pour créer des applications mobiles multiplateformes à partir d'un seul code source.
- **Node.js** : Un environnement d'exécution JavaScript côté serveur, utilisé pour créer des serveurs web rapides et évolutifs.
- **Express.js** : Un framework web minimaliste pour Node.js qui simplifie la création d'API RESTful et de serveurs web.
- **MongoDB** : Une base de données NoSQL flexible utilisée pour stocker les données sous forme de documents JSON, facilitant la manipulation des données.

Dans ce projet, le Front-End développé en Flutter fournit une interface utilisateur mobile pour les interactions. Il communique avec le Back-End basé sur Node.js et Express.js via des appels RESTful, permettant la gestion des données et des processus métiers. Express.js facilite la gestion des routes et des requêtes HTTP, contribuant au développement d'API robustes. Les données sont stockées dans MongoDB, tandis que les services RESTful assurent une communication efficace entre les différentes couches. Cette architecture garantit une expérience utilisateur fluide et performante, tout en offrant la flexibilité nécessaire pour ajouter de nouvelles fonctionnalités.

## 1.2. Architecture MVC

L'architecture MVC (Modèle-Vue-Contrôleur) est une approche de conception logicielle qui divise une application en trois composants principaux :

- **Modèle** : représente les données de l'application et la logique métier, il est responsable de la gestion des données, y compris la communication avec la base de données.
- **Vue** : responsable de la présentation de l'interface utilisateur et de l'affichage des données à l'utilisateur final.
- **Contrôleur** : assure la communication entre les modèles et les vues, gérant la récupération des données depuis le modèle et leur présentation à l'utilisateur.

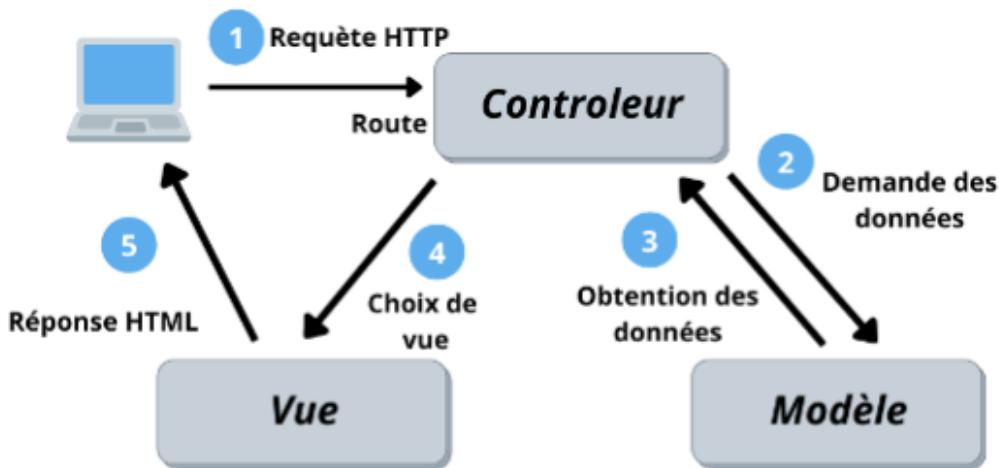


Figure 3.1 – Architecture MVC

L'architecture MVC est largement adoptée pour structurer le code source des applications. Elle offre de nombreux avantages, tels qu'une organisation claire et une séparation efficace des responsabilités, ce qui facilite la maintenance et l'extensibilité. De plus, elle facilite les modifications spécifiques au niveau du modèle ou du contrôleur. Pour notre projet, l'architecture MVC est idéale pour structurer et développer l'application.

## 2. Choix techniques pour l'application

Dans cette section, nous allons examiner les outils de développement sélectionnés pour les parties Back-end et Front-end de notre projet.

### 2.1. Partie back-end : Node.js et Express.js

Node.js est un environnement d'exécution côté serveur, basé sur JavaScript, qui permet d'exécuter du code JavaScript côté serveur. Son architecture asynchrone et non bloquante en fait un choix populaire pour les applications nécessitant des performances élevées, notamment dans des environnements en temps réel.

Express.js, construit sur Node.js, est un framework minimaliste qui facilite la création d'API RESTful, la gestion des routes HTTP, et l'organisation des applications backend.



Figure 3.2 – Logo Node.js



Figure 3.3 – Logo Express.js

**Avantages de l'utilisation de Node.js et Express.js pour le back-end :**

- **Performance** : Node.js est rapide grâce à son modèle asynchrone non bloquant, ce qui est parfait pour les applications en temps réel.
- **Langage unifié** : L'utilisation de JavaScript pour le front-end et le back-end facilite la gestion des compétences et le partage de code.
- **Grande communauté** : L'accès à de nombreuses bibliothèques tierces et un support communautaire actif.
- **Scalabilité** : Node.js est capable de gérer un grand nombre de connexions simultanées, adapté aux applications à forte charge.

### 2.2. Partie front-end : Flutter

Flutter est un framework open-source développé par Google qui permet de créer des applications multiplateformes avec une base de code unique. Bien que Flutter soit initialement conçu pour le développement d'applications mobiles (iOS et Android), il supporte également la création d'applications web et desktop. Cette capacité à développer pour plusieurs plateformes avec un seul code source simplifie le processus de développement et réduit les coûts.



Figure 3.4 – Logo Flutter

#### Avantages de Flutter :

- **Interface utilisateur réactive** : Flutter permet de créer des interfaces dynamiques et réactives qui offrent une expérience fluide.
- **Code unique pour plusieurs plateformes** : Un seul code pour Android et iOS, réduisant le temps et les coûts de développement.
- **Composants personnalisables** : Flutter offre une grande flexibilité dans la personnalisation des composants visuels.
- **Grande communauté et bibliothèques** : Flutter est soutenu par une communauté en pleine croissance, ce qui facilite l'intégration de bibliothèques externes.

### 2.3. Système de gestion de base de données : MongoDB

MongoDB est une base de données NoSQL flexible, capable de gérer de grandes quantités de données non structurées ou semi-structurées. MongoDB utilise un modèle basé sur les documents BSON (Binary JSON), ce qui permet une grande flexibilité dans la structure des données.



Figure 3.5 – Logo MongoDB

#### Avantages de MongoDB :

- **Flexibilité des données** : Les documents BSON permettent de stocker des données avec une structure flexible, sans nécessiter de schéma prédéfini.

- **Performances élevées :** MongoDB est reconnu pour ses performances rapides, notamment en lecture, grâce à une indexation efficace.
- **Scalabilité :** MongoDB permet une mise à l'échelle facile à la fois en termes de données et de nombre de connexions simultanées.
- **Utilisation dans les applications modernes :** MongoDB est utilisé dans des applications web, mobiles et pour le traitement de grandes quantités de données semi-structurées.

## 3. Diagramme de classe

Un diagramme de classe est un type de diagramme utilisé en modélisation UML (Unified Modeling Language) qui représente la structure statique d'un système en illustrant les classes, leurs attributs, leurs méthodes et les relations entre elles. Il permet de visualiser comment les différentes entités interagissent dans le système et est essentiel pour la conception orientée objet. Ce diagramme est particulièrement utile pour comprendre les exigences du système et pour communiquer la structure de données aux développeurs.

### 3.1. Composants d'un diagramme de classe

Les principaux composants d'un diagramme de classe comprennent :

- **Classes :** Représentées par des rectangles, elles définissent les entités du système. Chaque classe contient des attributs (propriétés) et des méthodes (comportements).
- **Attributs :** Ils sont listés sous le nom de la classe et décrivent les caractéristiques de l'entité.
- **Méthodes :** Situées en bas de la classe, elles représentent les opérations que la classe peut effectuer.
- **Relations :** Ces lignes connectent les classes entre elles. Les types de relations incluent l'héritage (généralisation/specialisation), l'association, l'agrégation et la composition, chacune ayant ses propres symboles et notations.

### 3.2. Diagramme de classe de notre projet SNCFT

Le diagramme de classe présenté dans la figure 3.6 illustre la structure du système SNCFT, mettant en avant les classes essentielles pour la gestion des trains, des clients et des commandes de fret. Les classes **Client**, **Administrateur**, **Conducteur** et **Opérateur**, héritent d'une classe de base commune **Utilisateur**, permettant le partage d'attributs et de méthodes comme *nom*, *email* et *mot de passe*. Cela simplifie la gestion des rôles et des permissions sans duplication de code.

Les relations entre les classes illustrent la circulation des données dans le système, comme

l'association entre **Client** et **Commande**, où un client peut passer plusieurs commandes, tandis qu'une commande est liée à un seul client (cardinalité de 1 à N), indiquant qu'un client peut passer plusieurs commandes, mais chaque commande appartient à un seul client. Ce diagramme sert d'outil clé pour comprendre la conception du système et améliorer la communication entre les parties prenantes.

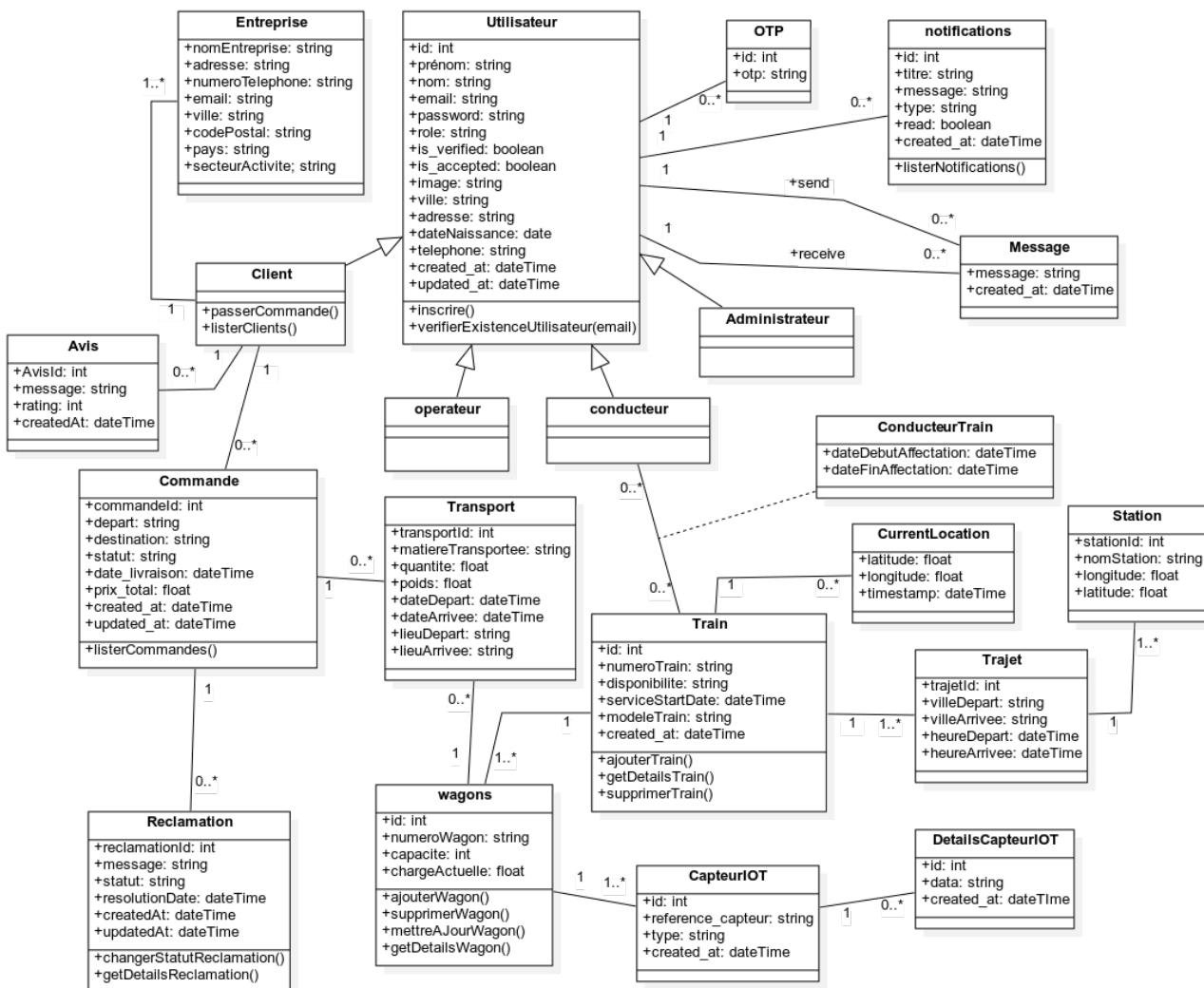


Figure 3.6 – Diagramme de classe

## Conclusion

En conclusion, ce chapitre a établi les fondations essentielles pour la phase de réalisation du projet en présentant l'architecture, les choix techniques de l'application SNCFT, et le diagramme de classe. Ces éléments offrent une base solide pour le développement futur, et après cette phase, nous sommes prêts à passer à la construction concrète du système, dont les détails seront abordés dans le prochain chapitre.

# Réalisation et étude technique

## Introduction

Dans ce chapitre, nous allons aborder la phase de réalisation de notre projet, ainsi que l'étude des différents environnements et outils utilisés. Cette étape est primordiale pour transformer les besoins identifiés en solutions concrètes.

### 1. Environnement matériel

Nous avons utilisé un ordinateur portable dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau 4.1.

Table 4.1 – Environnement matériel

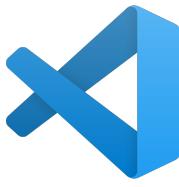
Marque	Processeur	RAM	Disque dur	Système d'exploitation
ASUS	Intel Core 5	12 Go	256 Go SSD	Windows 10 (64 bits)



### 2. Environnement logiciel

L'environnement logiciel regroupe les outils employés pour la mise en œuvre de la solution. Le tableau 4.2 présente un récapitulatif de ces outils et leurs descriptions.

Table 4.2 – Environnement logiciel

Logiciel	Description
 The logo for Visual Studio Code, featuring a stylized blue 'X' shape composed of two intersecting diagonal lines.	<b>Visual Studio Code (VS Code) [11]</b> est un éditeur de code source open-source de Microsoft, réputé pour sa polyvalence, sa légèreté et ses fonctionnalités avancées. Il offre un environnement extensible grâce à des extensions, ce qui simplifie le travail des programmeurs.

	<b>GitHub</b> [12] est une plateforme de développement logiciel basée sur le cloud qui facilite la gestion, la collaboration et le suivi des projets de programmation. Elle est utilisée pour le stockage de code source, la gestion de versions et la collaboration entre développeurs.
	<b>Git</b> [13] permet la gestion efficace des branches pour travailler simultanément sur plusieurs projets sans conflits, en offrant une interface console conviviale, des algorithmes de fusion intelligents pour gérer les modifications simultanées de fichiers.
	<b>Overleaf</b> [14] est une plateforme en ligne de rédaction collaborative en temps réel de documents LaTeX, conçue pour la création de documents scientifiques, académiques et techniques.
	<b>StarUML</b> [15] est un logiciel de modélisation UML utilisé pour concevoir des diagrammes pour la conception de logiciels. Il offre des fonctionnalités de modélisation avancées pour les concepteurs de logiciels.
	<b>Trello</b> [16] est un outil d'aide et de collaboration gratuit pour la gestion des projets, plus précisément l'organisation de tâches. Il est inspiré des méthodes Agiles.
	<b>Postman</b> [17] est un outil de développement d'API qui permet aux développeurs de tester, de documenter et de surveiller les API de manière efficace. Il offre une interface conviviale pour créer des requêtes HTTP, automatiser des tests et collaborer sur des projets d'API.
	<b>MongoDB Atlas</b> [18] est un service de base de données cloud entièrement géré, conçu pour héberger des bases de données MongoDB sans nécessiter de gestion manuelle de l'infrastructure. Il offre une plateforme évolutive et sécurisée pour stocker et gérer les données, adaptée à une variété d'applications et de besoins en matière de bases de données.
	<b>Socket.IO</b> [19] est une bibliothèque facilitant une communication bidirectionnelle, à faible latence et basée sur des événements entre un client et un serveur. La connexion Socket.IO peut utiliser divers protocoles de transport sous-jacents, tels que le long-polling HTTP ou WebSocket.

### 3. Differents Interfaces graphique de l'application

Les interfaces d'une application sont essentielles pour assurer une expérience utilisateur fluide et intuitive. Elles doivent être esthétiques, faciles à utiliser et bien organisées. Dans cette section, nous allons analyser en détail les différentes interfaces graphiques qui illustrent les principales fonctionnalités de notre application SNCFT.

#### 3.1. Interfaces du visiteur

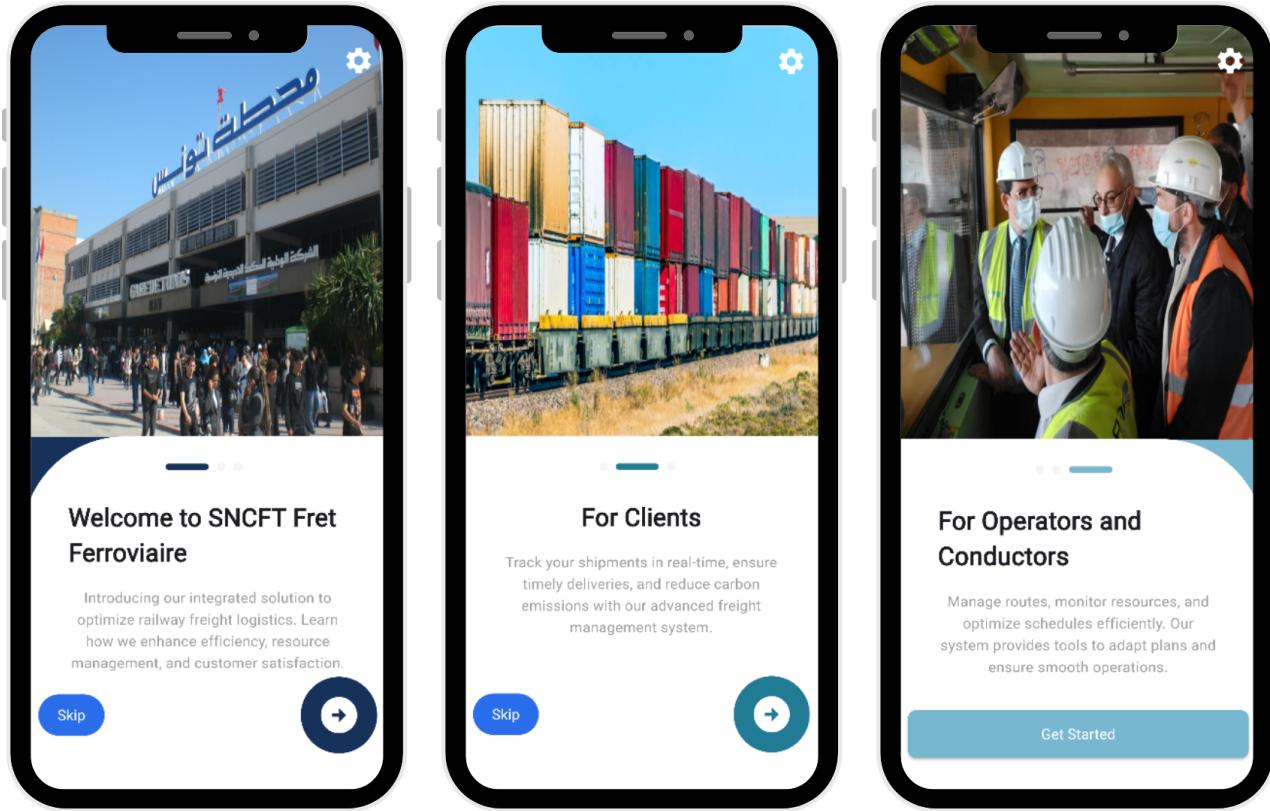
Les interfaces pour les visiteurs se focalisent principalement sur un accès limité à l'application, qui est à la fois informatif et ne nécessite pas de connexion, ainsi que sur la création de compte.

- **Interface de chargement** : Cette interface 4.1 affiche un écran de chargement avec le logo SNCFT, accueillant les visiteurs avant qu'ils n'accèdent à l'application.



**Figure 4.1 – Interface de chargement de l'application**

- **Interfaces d'Accueil** : Les interfaces présentées dans la figure 4.2 offrent une introduction aux fonctionnalités de l'application, soulignant le rôle de chaque acteur impliqué dans la gestion du fret ferroviaire. Cela permet de fournir des informations pertinentes aux utilisateurs et d'expliquer clairement l'objectif de notre application.



**Figure 4.2 – Interfaces d'accueil**

□ **Interfaces d'authentification :** Les figures 4.3, 4.4, 4.5 et 4.6 illustrent les différentes interfaces permettant aux utilisateurs de se connecter, de s'inscrire . Ces interfaces incluent des champs dédiés à la saisie des informations personnelles, telles que l'adresse e-mail, le mot de passe, et d'autres informations nécessaires.

- Figure 4.3 : présente un formulaire d'inscription convivial, où les utilisateurs peuvent entrer leurs informations personnelles pour créer un compte.
- Figure 4.4 : permet aux utilisateurs, après leur inscription, de saisir les détails de leur entreprise ou société. Elle inclut des champs dédiés à l'ajout d'informations importantes comme le nom de la société, l'adresse, le numéro de téléphone, et d'autres détails pertinents pour l'entreprise.
- Figure 4.5 : montre l'interface de réinitialisation du mot de passe, offrant la possibilité de recevoir un code OTP par e-mail pour réinitialiser un mot de passe oublié.
- Figure 4.6 : illustre l'interface de connexion, permettant aux utilisateurs d'accéder à l'application en saisissant leur e-mail et mot de passe.

Ces interfaces sont conçues pour assurer une navigation fluide et une expérience utilisateur sécurisée et intuitive.

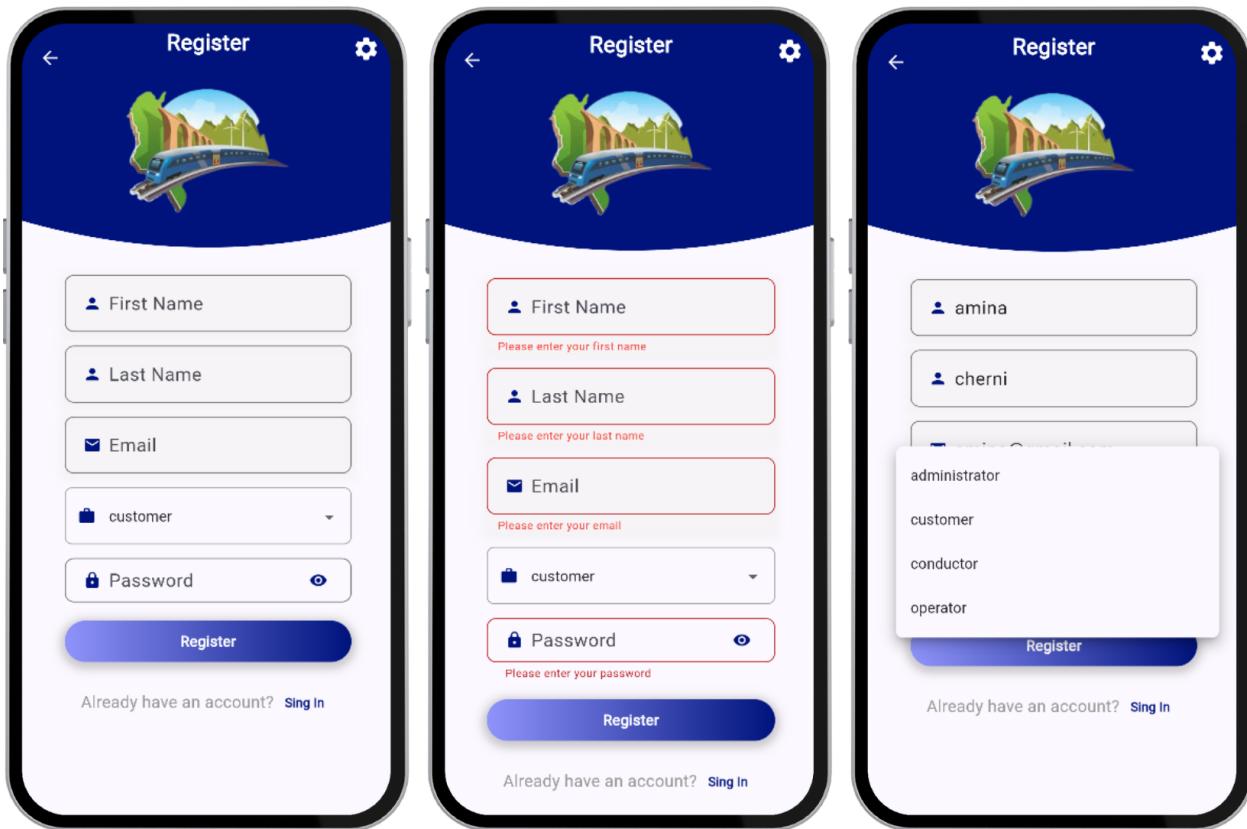


Figure 4.3 – Interface d'inscription

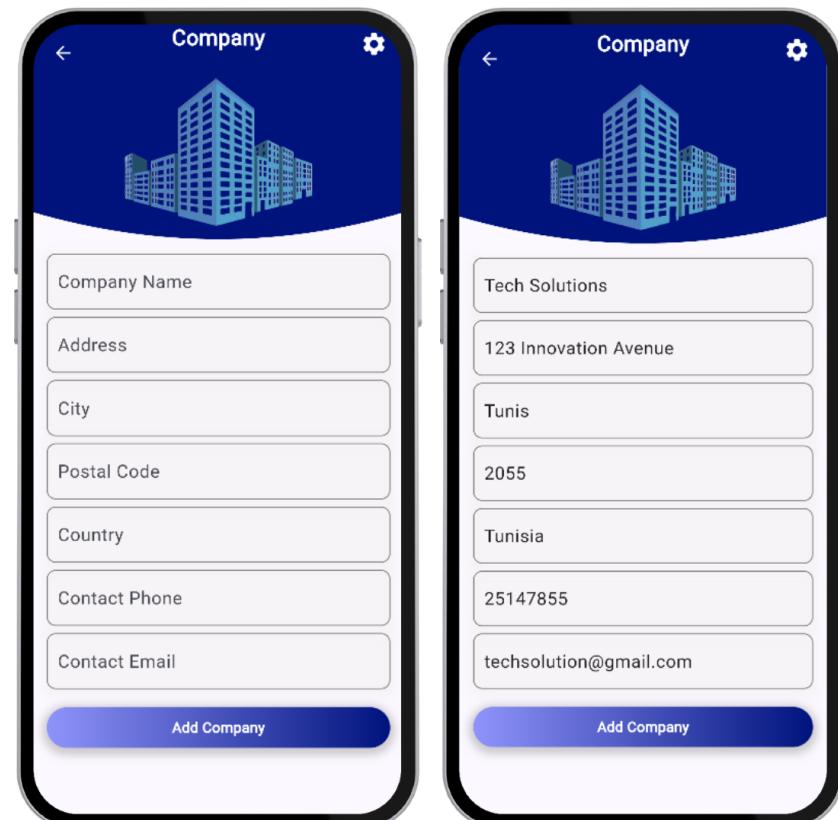


Figure 4.4 – Interface de company

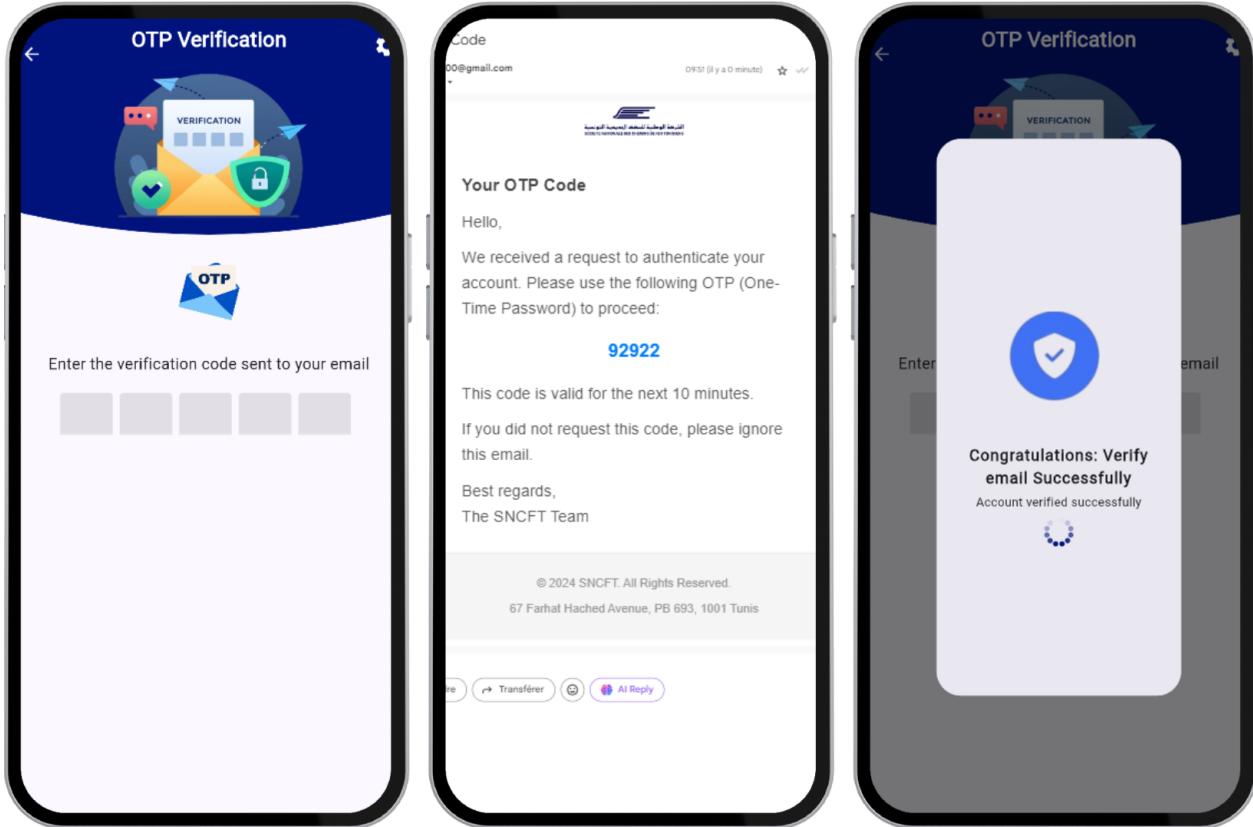


Figure 4.5 – Interface OTP

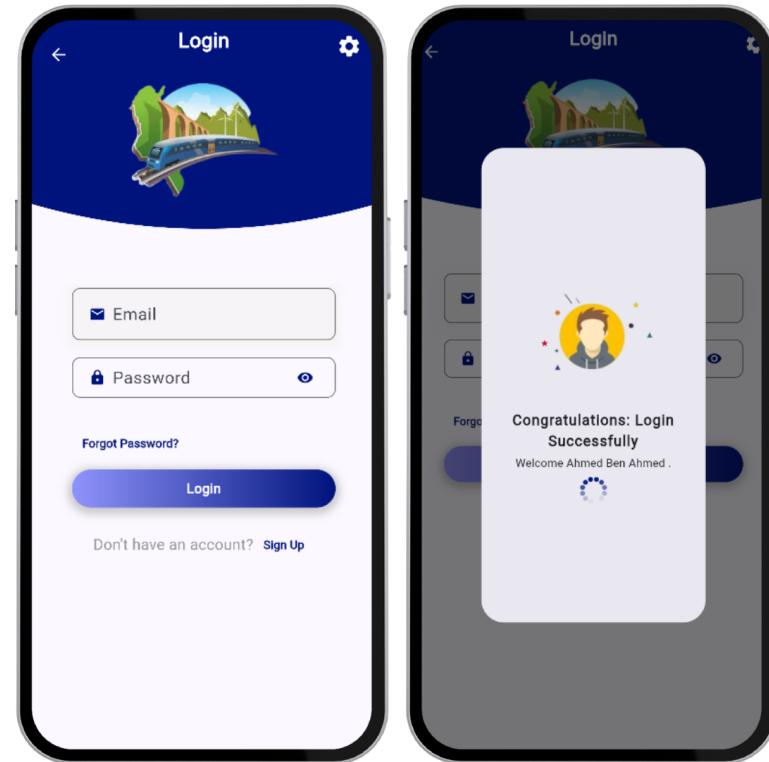


Figure 4.6 – Interface de connexion

- ❑ **Consultation des horaires des trains :** Le visiteur peut accéder aux horaires des trains et aux itinéraires disponibles pour le transport des matières premières.

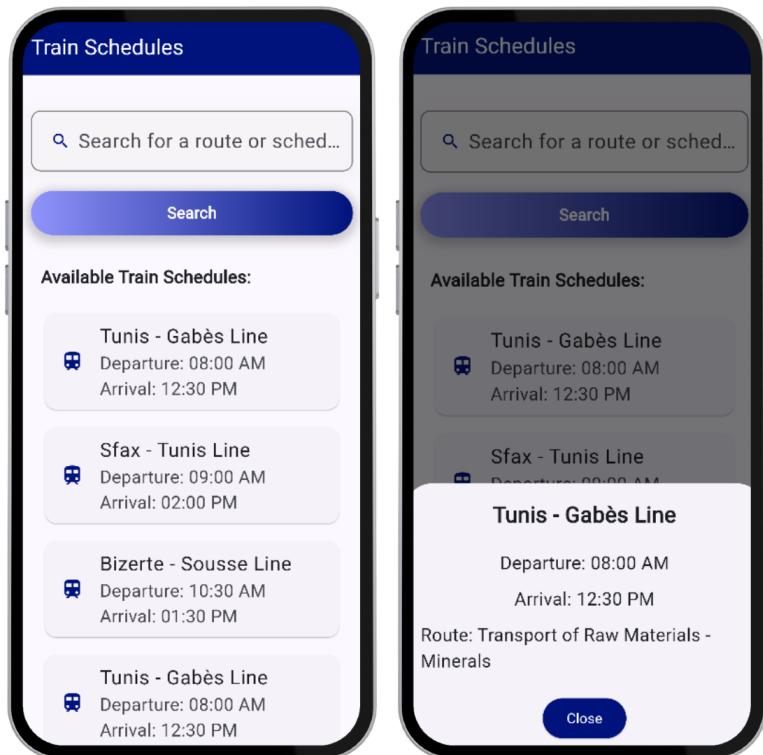


Figure 4.7 – Interfaces de consultation des horaires des trains

- ❑ **Accès aux informations générales :** Cette interface permet de consulter des informations sur les services offerts par le SNCFT, y compris les types de matières transportées, les conditions de transport et les options disponibles.

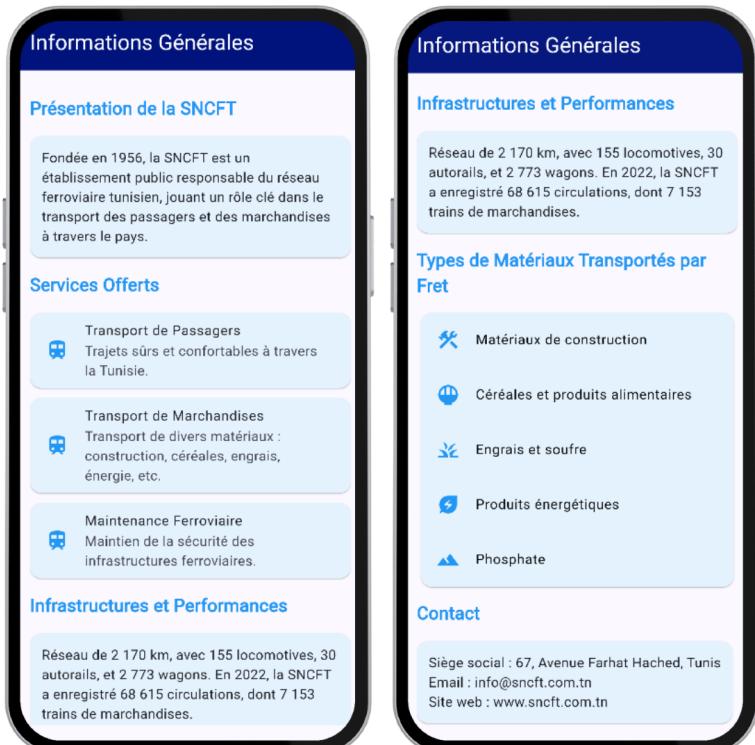


Figure 4.8 – Interfaces d'accès aux informations générales de SNCFT

### 3.2. Interfaces de l'administrateur

L'administrateur a accès à plusieurs fonctionnalités permettant la gestion globale du système :

- ❑ **Consultation du tableau de bord** : La figure 4.9 présente un aperçu global des activités de gestion des commandes, des trains, des incidents, ainsi que des matériaux transportés.
- ❑ **Gestion des utilisateurs** : La figure 4.10 présente que l'administrateur peut créer, modifier ou supprimer des comptes utilisateurs, ainsi que leur attribuer des rôles (conducteur, opérateur, client, etc.).
- ❑ **Gestion des trains** : Cette interface 4.11 permet à l'administrateur de superviser les trajets, horaires et capacités des trains utilisés pour le transport des matières premières.

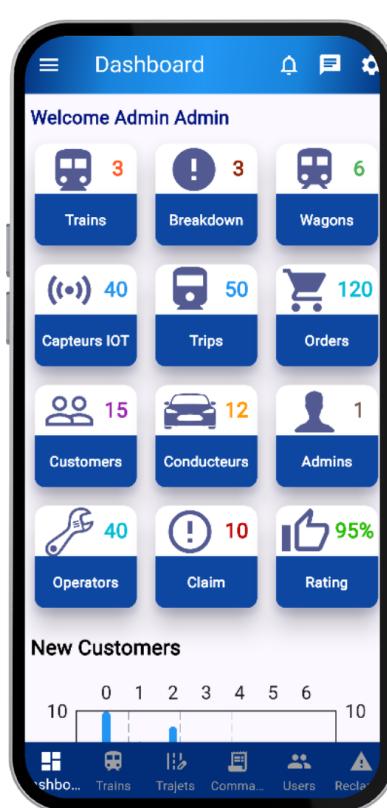


Figure 4.9 – Interface tableau de bord d'administrateur

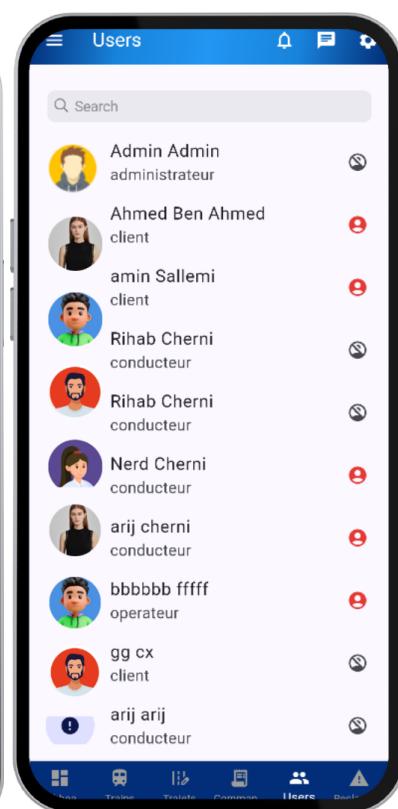


Figure 4.10 – Interface de gestion des utilisateurs

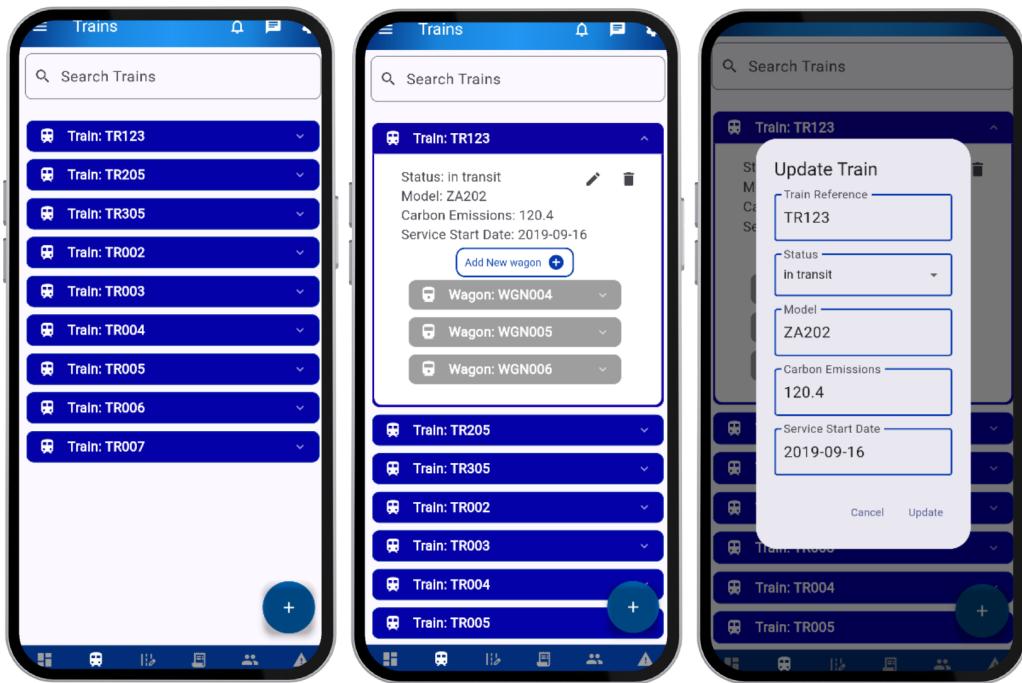


Figure 4.11 – Interface de gestion des trains

### 3.3. Interfaces du client

L'interface du client est axée sur la soumission et le suivi des commandes de transport. Elle comprend les fonctionnalités suivantes :

- ❑ **Consultation du tableau de bord** : Le tableau de bord présenté dans la figure 4.12 fournit un aperçu des activités des clients, y compris des statistiques de commandes et un aperçu des livraisons récentes.

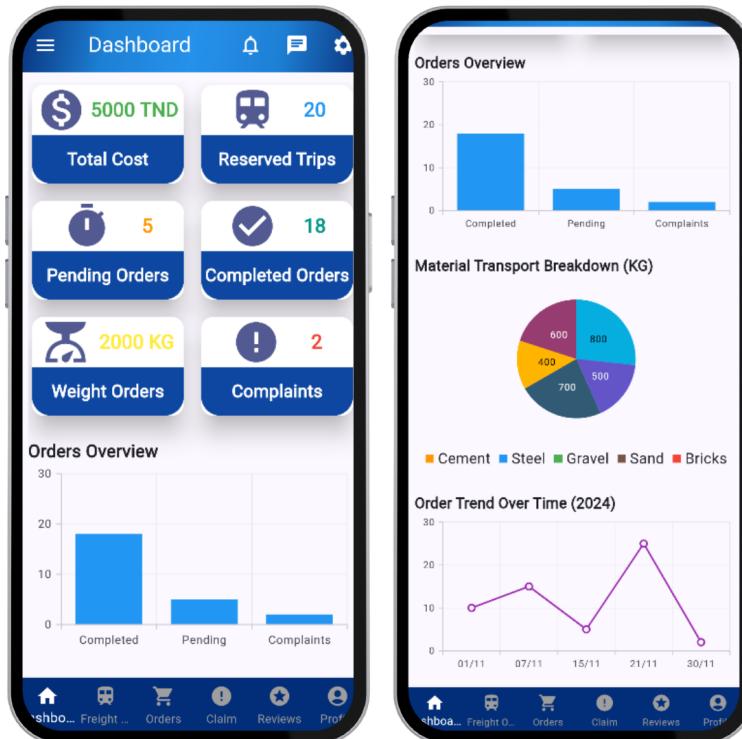


Figure 4.12 – Interface tableau de bord client

- **Interface de consultation des horaires des Trains** : illustrée à la figure 4.13, permet aux clients de rechercher facilement des horaires en sélectionnant les gares de départ et d'arrivée, ainsi qu'une date de départ.

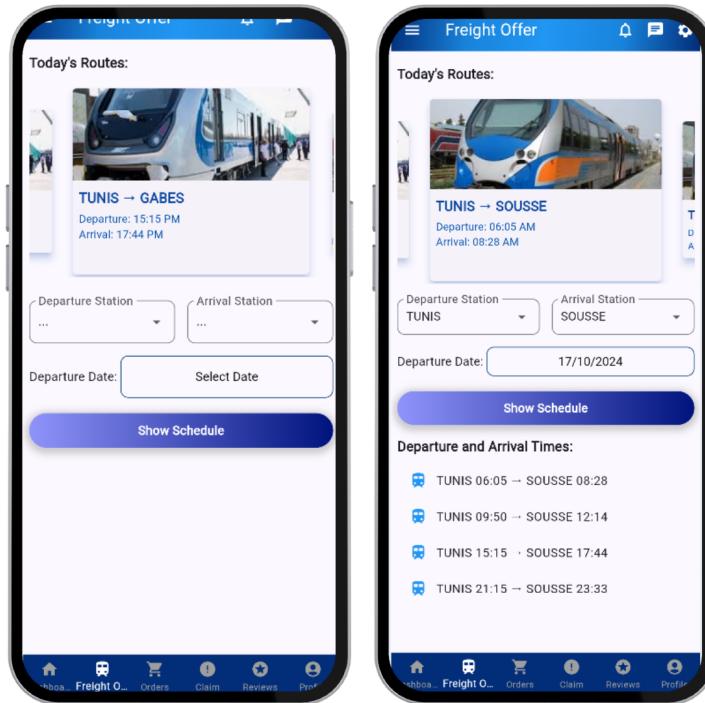


Figure 4.13 – Interface horaires des Trains

- **Interface de gestion des commandes** : Comme illustré dans la figure 4.14, le client a la possibilité de suivre l'évolution de ses commandes, d'accéder aux détails des livraisons, de consulter les délais estimés, ainsi que d'ajouter, modifier ou supprimer une commande si celle-ci n'est pas encore traitée. Il peut également consulter l'historique de ses commandes.

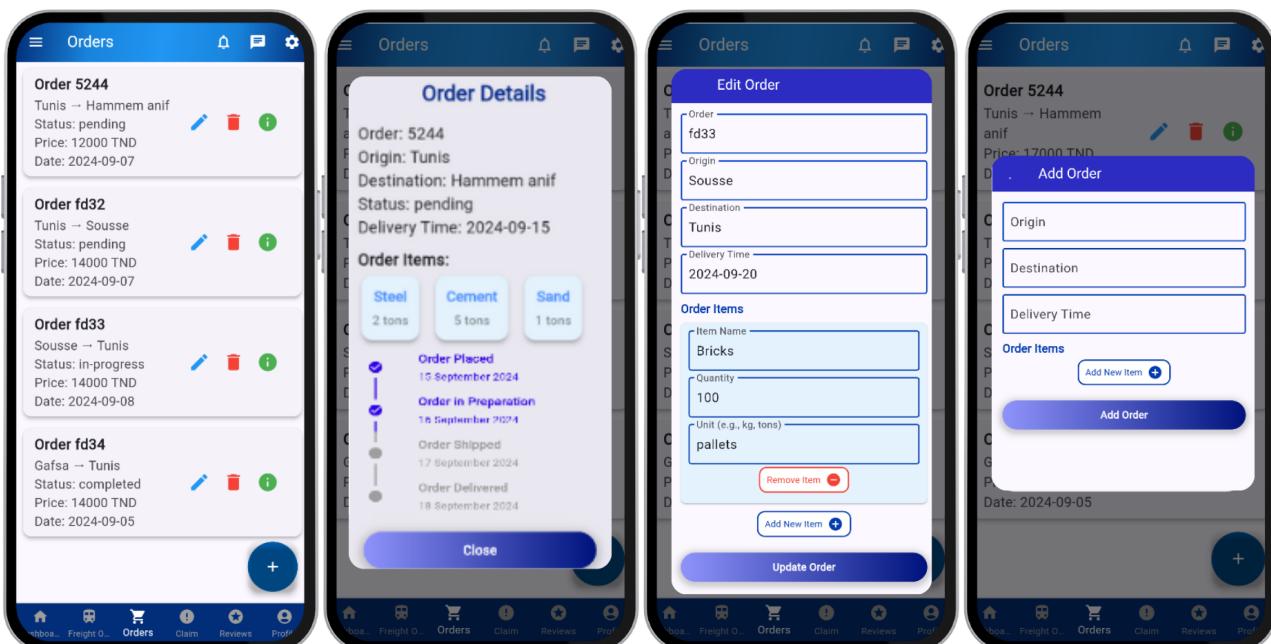


Figure 4.14 – Interfaces de gestion des commandes

- **Interfaces de gestion des réclamations :** Comme présenté dans la figure 4.15, le client a la possibilité de soumettre une réclamation en cas de problème avec une commande.

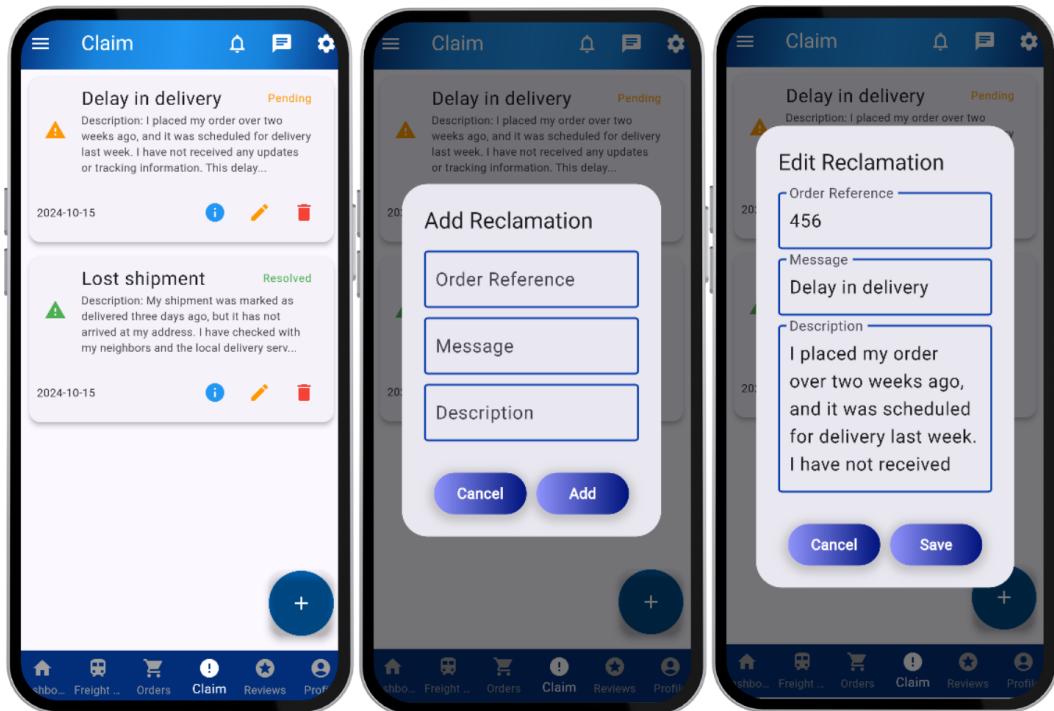


Figure 4.15 – Interfaces de gestion des réclamations

- **Interfaces des avis :** l'interface 4.16 permet au client de critiquer le service, d'évaluer son expérience avec un système de notation par étoiles afin de recueillir des retours constructifs pour améliorer la qualité des services.

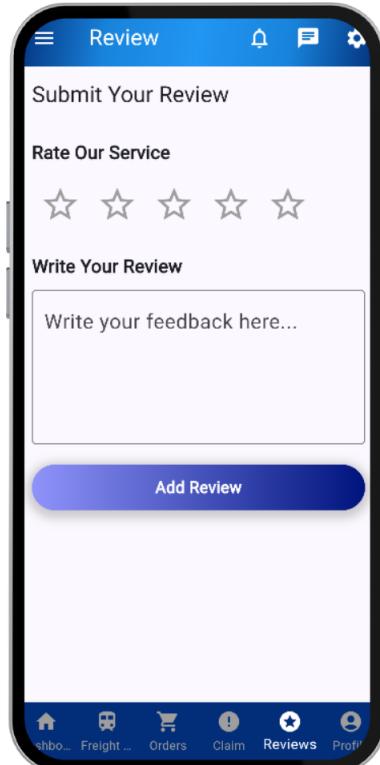


Figure 4.16 – Interfaces des avis

### 3.4. Interfaces communes aux différents acteurs

Certaines fonctionnalités sont accessibles à tous les types d'utilisateurs, notamment :

- ❑ **Interface des paramètres** : Cette interface 4.17 permet aux utilisateurs de personnaliser leur expérience en activant le mode sombre ou clair et en sélectionnant la langue (arabe, français, anglais) garantissant une accessibilité optimale. De plus, elle fournit des informations sur l'application SNCFT, incluant les coordonnées téléphoniques, les adresses e-mail, et des liens vers les réseaux sociaux.



Figure 4.17 – Interface des paramètres

- ❑ **Interface de gestion de profil** : La figure 4.18 illustre notre interface conviviale de gestion de profil, permettant aux utilisateurs de personnaliser et de mettre à jour facilement leurs informations personnelles, notamment en modifiant leur photo de profil.
- ❑ **Interface de conversation par messagerie** : Nous avons facilité la communication instantanée entre les administrateurs et les responsables en intégrant une interface de messagerie en temps réel, comme illustré dans la figure 4.19.
- ❑ **Interface des notifications** : L'interface 4.20 permet à tous les acteurs de recevoir des notifications garantissant ainsi une communication efficace et une réactivité optimale.

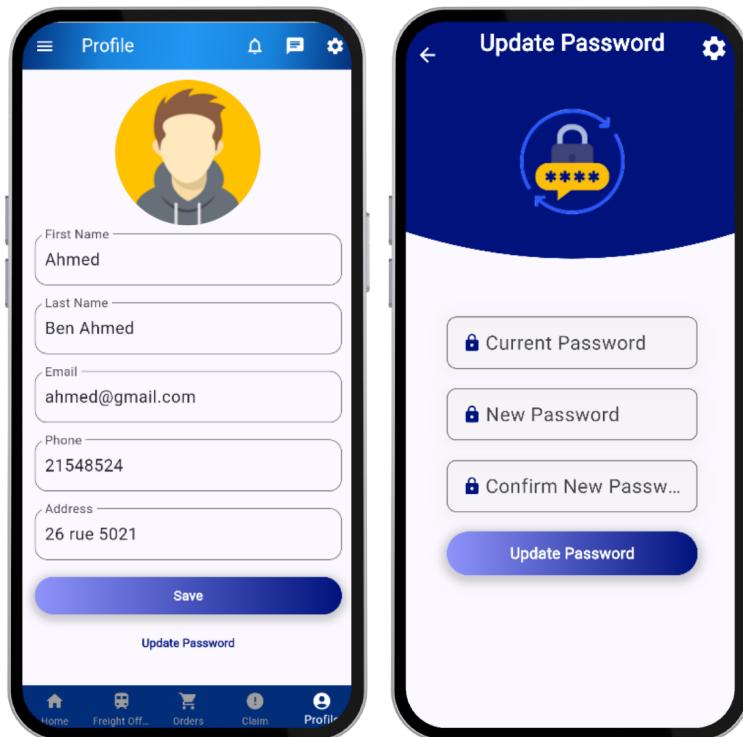


Figure 4.18 – Interface de gestion de profil

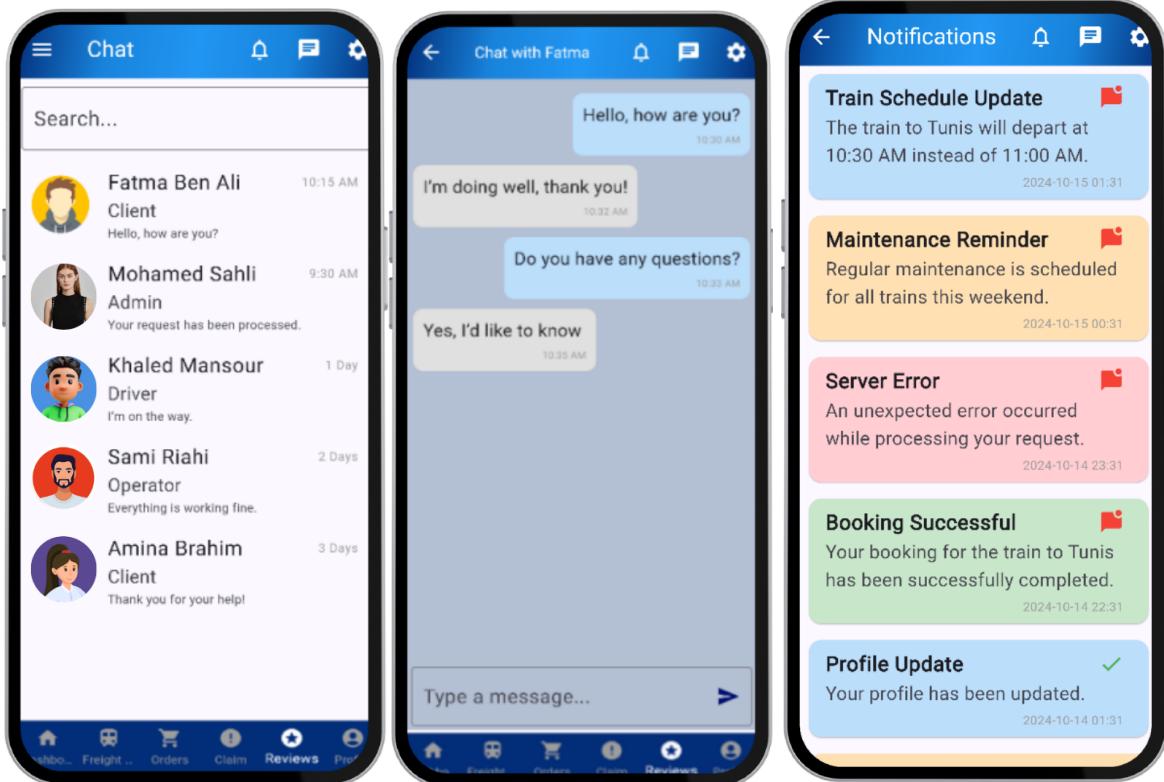


Figure 4.19 – Interface de conversation par messagerie

Figure 4.20 – Interface notifications

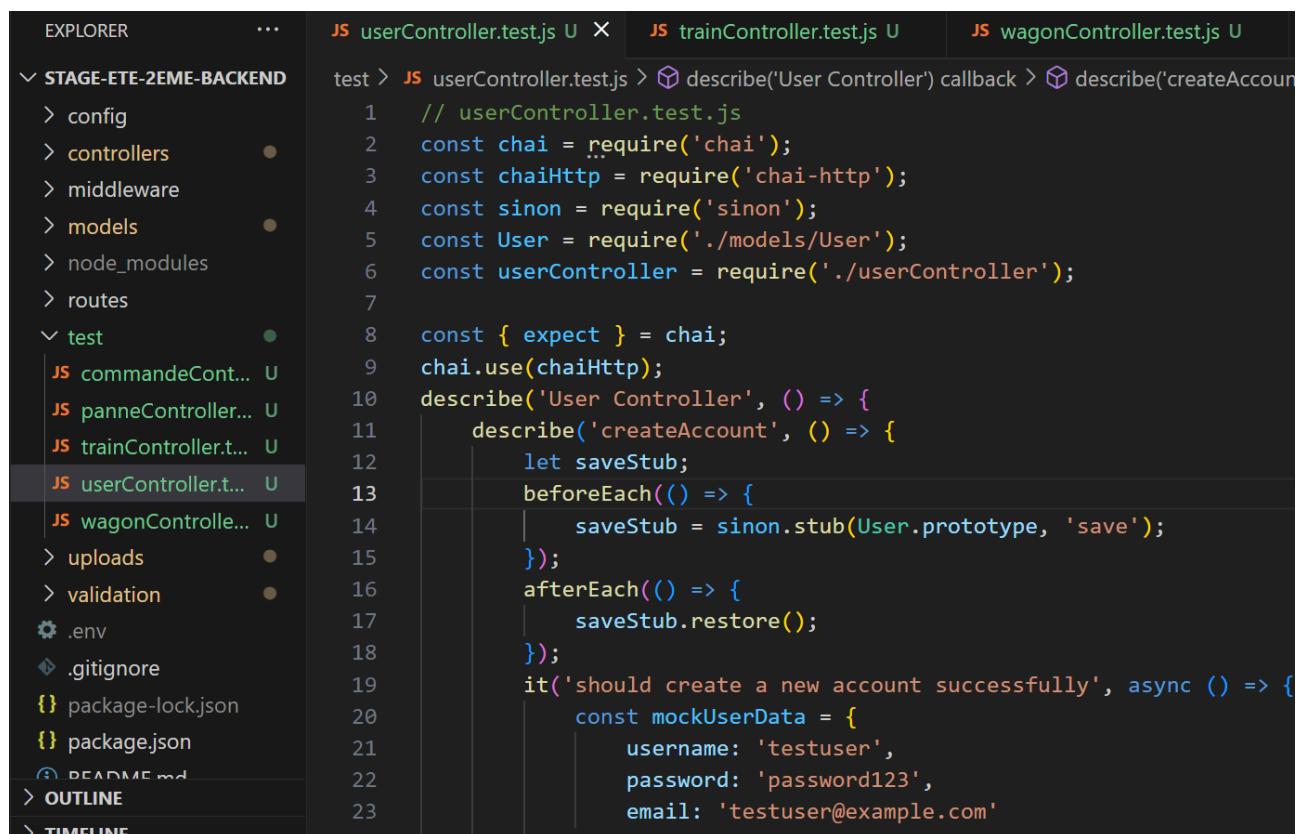
## 4. Tests

Dans cette section, nous décrivons les différents types de tests réalisés pour assurer la qualité de notre application SNCFT. Ces tests ont été essentiels pour garantir que le code respecte les

exigences fonctionnelles et offre des performances optimales dans différents scénarios.

## 4.1. Tests Unitaires

Les tests unitaires ont été cruciaux pour le développement de notre projet. En utilisant Mocha et Chai avec Node.js, nous avons pu tester des segments spécifiques du code de manière isolée, garantissant leur conformité aux exigences et leur précision. Ces tests ont été réalisés régulièrement, ce qui a permis de détecter et de corriger rapidement les erreurs, réduisant ainsi les temps de correction et améliorant la qualité globale du produit. L'architecture du projet a été conçue pour intégrer ces tests unitaires dans le backend, assurant la fiabilité du système.



```

EXPLORER      ...
STAGE-ETE-2EME-BACKEND
> config
> controllers ●
> middleware
> models ●
> node_modules
> routes
< test ●
  JS commandeCont... U
  JS panneController... U
  JS trainController.t... U
  JS UserController.t... U
  JS wagonController... U
> uploads ●
> validation ●
  .env
  .gitignore
  package-lock.json
  package.json
  README.md
> OUTLINE
> TIMELINE

JS UserController.test.js U X JS trainController.test.js U JS wagonController.test.js U

test > JS UserController.test.js > ⚡ describe('User Controller') callback > ⚡ describe('createAccoun
  1   // UserController.test.js
  2   const chai = require('chai');
  3   const chaiHttp = require('chai-http');
  4   const sinon = require('sinon');
  5   const User = require('../models/User');
  6   const UserController = require('../userController');

  7
  8   const { expect } = chai;
  9   chai.use(chaiHttp);
10  describe('User Controller', () => {
11    describe('createAccount', () => {
12      let saveStub;
13      beforeEach(() => {
14        saveStub = sinon.stub(User.prototype, 'save');
15      });
16      afterEach(() => {
17        saveStub.restore();
18      });
19      it('should create a new account successfully', async () => {
20        const mockUserData = {
21          username: 'testuser',
22          password: 'password123',
23          email: 'testuser@example.com'
24      });

```

Figure 4.21 – Test Unitaire avec Mocha et Chai en Node.js

## 4.2. Tests API avec Postman

Après avoir effectué les tests unitaires, nous avons complété notre processus de validation en réalisant des tests via Postman. Ces tests ont permis de vérifier l'intégrité de nos API en simulant des requêtes HTTP réelles, garantissant que les routes du backend fonctionnent correctement avec les données fournies par les utilisateurs. Grâce à Postman, nous avons pu tester de manière exhaustive les requêtes GET, POST, PUT et DELETE, en évaluant les réponses des API, la gestion des erreurs et la validation des données. Ce processus a offert une couverture complète des scénarios d'utilisation possibles, assurant ainsi que le système est prêt à fonctionner dans un environnement de production.

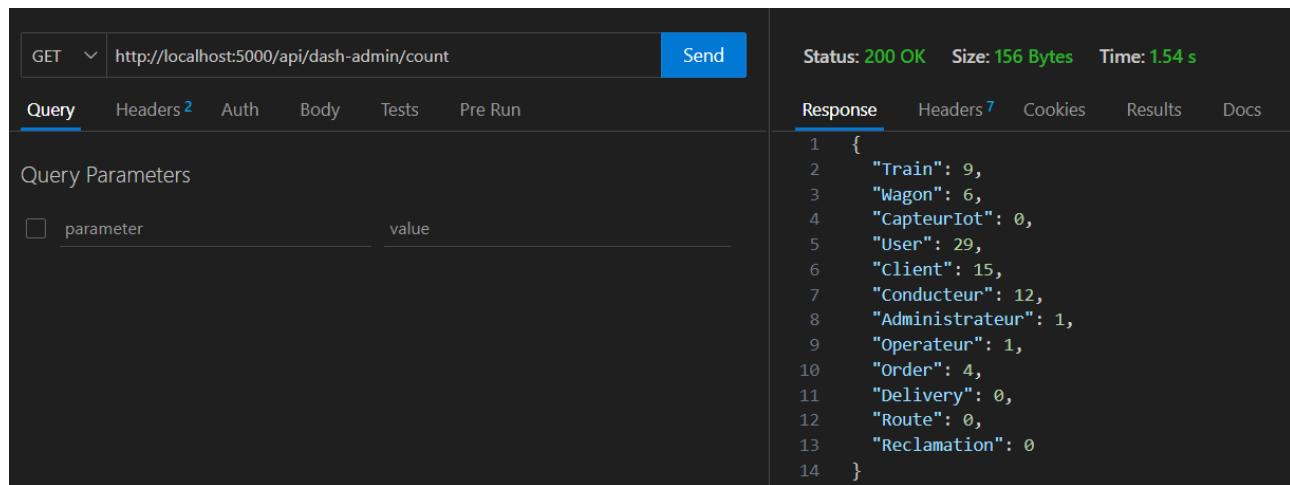


Figure 4.22 – Tests API avec Postman

## Conclusion

Ce chapitre a exposé les étapes techniques clés de la réalisation de l’application mobile, en couvrant la configuration des environnements matériel et logiciel ainsi que la conception des interfaces graphiques. Chaque aspect a été soigneusement étudié pour garantir une expérience utilisateur fluide et fonctionnelle. L’application remplit ses objectifs en répondant aux besoins des utilisateurs tout en maintenant des performances optimales.

# Conclusion générale

Le projet de développement de l'application mobile pour la Société Nationale des Chemins de Fer Tunisiens (SNCFT) représente une avancée importante dans la gestion du fret ferroviaire. En combinant des technologies modernes telles que Flutter pour l'interface utilisateur, Node.js pour le backend, MongoDB pour la gestion des données, et WebSockets pour les interactions en temps réel, nous avons créé une solution robuste et adaptée aux besoins de la SNCFT.

L'application permet une gestion optimisée des opérations logistiques, offrant aux différents utilisateurs (visiteurs, administrateurs, clients, conducteurs et opérateurs) une visibilité et une traçabilité accrues des expéditions, ainsi qu'une meilleure réactivité face aux réclamations. Ces fonctionnalités visent non seulement à améliorer l'efficacité opérationnelle, mais également à réduire les coûts et à accroître la satisfaction des clients.

Le projet a suivi un processus structuré, partant de l'analyse des besoins jusqu'à la réalisation technique, en passant par la conception de l'architecture logicielle. Chaque étape a permis d'approfondir notre compréhension des enjeux du transport ferroviaire et des défis spécifiques liés à la gestion du fret.

En conclusion, cette expérience a consolidé nos compétences en développement mobile et en gestion de projet, tout en renforçant notre capacité à collaborer avec une entreprise d'envergure nationale. Les perspectives d'amélioration incluent l'ajout de nouvelles fonctionnalités comme l'optimisation prédictive des trajets et une gestion plus fine des ressources en temps réel, ce qui permettra à l'application d'évoluer et de répondre encore plus efficacement aux besoins de la SNCFT.

# Nétiographie

- [1] “Ministère du Transport : Société Nationale des Chemins de Fer Tunisiens,” Consulté le 6 juillet 2024. adresse : <http://admin.pm.gov.tn/pm/entreprise/viewetablissement.php?id=174&lang=fr>.
- [2] “Présentation Générale de la SNCFT,” Consulté le 6 juillet 2024. adresse : <https://www.sncft.com.tn/sncft/presentation/>.
- [3] “Réseau ferroviaire tunisien,” Consulté le 11 juillet 2024. adresse : <https://www.sncft.com.tn/sncft/reseau/>.
- [4] “Chiffres en 2022,” Consulté le 10 juillet 2024. adresse : <https://www.sncft.com.tn/sncft/chiffres/>.
- [5] “Présentation fret,” Consulté le 11 juillet 2024. adresse : <https://www.sncft.com.tn/fret/presentation-fret/>.
- [6] “Nos solutions pour vos besoins en matière de transport et de logistique.,” Consulté le 13 juillet 2024. adresse : <https://www.transporeon.com/fr>.
- [7] “Image,” Consulté le 13 juillet 2024. adresse : [https://www.transporeon.com/website/Web%20Images/Product/freight-sourcing-hub/freight-marketplace/6018/image-thumb\\_\\_6018\\_\\_16\\_9/Layered.png](https://www.transporeon.com/website/Web%20Images/Product/freight-sourcing-hub/freight-marketplace/6018/image-thumb__6018__16_9/Layered.png).
- [8] “One-Click Supply Chain Management System,” Consulté le 14 juillet 2024. adresse : <https://www.freightpop.com/>.
- [9] “Expédez plus facilement sur la place de marché numérique du fret.,” Consulté le 14 juillet 2024. adresse : <https://www.freightos.com/>.
- [10] “Modèle en cascade,” Consulté le 18 juillet 2024. adresse : <https://blog-gestion-de-projet.com/modele-en-cascade/>.
- [11] “Découvrir Visual Studio Code,” Consulté le 18 juillet 2024. adresse : <https://blogdumoderateur.com/tools/visual-studio-code/>.
- [12] “Qu'est-ce que c'est et comment apprendre à l'utiliser ?,” Consulté le 18 juillet 2024. adresse : <https://datascientest.com/github-tout-savoir>.

- [13] “git –distributed-is-the-new-centralized,” Consulté le 19 août 2023. adresse : <https://git-scm.com/>.
- [14] “Documentation,” Consulté le 18 juillet 2024. adresse : <https://fr.overleaf.com/learn>.
- [15] M. BRUCHER, “Présentation de StarUML,” Consulté le 17 juillet 2024. adresse : <https://matthieu-brucher.developpez.com/tutoriels/conception/staruml/>.
- [16] “Trello facilite la gestion des projets et des tâches par les équipes,” Consulté le 01 août 2023. adresse : <https://trello.com/fr/tour>.
- [17] “Postman : le guide complet de l’outil indispensable au développement web,” Consulté le 21 août 2023. adresse : <https://welovedevs.com/fr/articles/postman>.
- [18] “Database. Deploy a multi-cloud database.,” Consulté le 20 août 2023. adresse : <https://www.mongodb.com/atlas/database>.
- [19] “What Socket.IO,” Consulté le 18 juillet 2024. adresse : <https://socket.io/docs/v4/>.

# Résumé

Ce rapport décrit le développement d'une application mobile pour la gestion du fret ferroviaire à la Société Nationale des Chemins de Fer Tunisiens (SNCFT). Conçue pour optimiser les opérations logistiques, l'application utilise des technologies modernes telles que Flutter, Node.js, MongoDB, et WebSockets pour améliorer la visibilité et la traçabilité des expéditions. L'objectif principal est de réduire les coûts, d'accroître la satisfaction des clients, et de faciliter la gestion des expéditions en temps réel.

**Mots clés :** SNCFT, Fret ferroviaire, Application mobile, Gestion logistique, Flutter, Node.js, MongoDB.

# Abstract

This report outlines the development of a mobile application for managing railway freight at the National Railway Company of Tunisia (SNCFT). The application is designed to optimize logistics operations using modern technologies such as Flutter, Node.js, MongoDB, and WebSockets to enhance visibility and traceability of shipments. The main objective is to reduce costs, increase customer satisfaction, and streamline real-time shipment management.

**Keywords :** SNCFT, Railway Freight, Mobile Application, Logistics Management, Flutter, Node.js, MongoDB.

# الملخص

يصف هذا التقرير تطوير تطبيق جوال لإدارة الشحن بالسكك الحديدية لصالح الشركة الوطنية للسكك الحديدية التونسية (SNCFT). تم تصميم التطبيق لتحسين العمليات اللوجستية باستخدام تقنيات حديثة مثل Flutter, Node JS, MongoDB و WebSockets لتعزيز الرؤية وتتبع الشحنات. الهدف الرئيسي هو تقليل التكاليف، زيادة رضا العملاء، وتسهيل إدارة الشحنات في الوقت الحقيقي.

**الكلمات المفاتيح:** الشركة الوطنية للسكك الحديدية التونسية، الشحن بالسكك الحديدية، تطبيق الجوال، الإدارة اللوجستية، Flutter, Node.js, MongoDB