Université Mohammed V
Faculté des Sciences
Rabat

Master Informatique et Telecommunications
TAM
2025

Gestion d'un système d'hôtellerie

Projet Ingénierie de données

Réalise par :

- MANSSOUR Youssef
- EL MOUDEN Hind

Encadré par :

- Prof CHERDAL Safae
- Prof DAALI Noussaiba

Résumé

Dans le cadre de la **transformation numérique du secteur hôtelier**, ce projet propose la conception d'un **système de gestion de données distribué et évolutif**, capable de traiter efficacement des **flux de données temporelles à haute volumétrie**, tels que les historiques de séjours, les paiements, les factures et les indicateurs de performance hôtelière.

Afin de répondre aux exigences de **performance**, de **scalabilité horizontale** et de **tolérance aux pannes**, nous avons choisi d'utiliser **Apache Cassandra**, une **base de données NoSQL distribuée**, conçue pour supporter de lourdes charges d'écriture et assurer un accès rapide et fiable aux données, même en cas de forte sollicitation. Son architecture **peer-to-peer**, combinée à un mécanisme de **réplication automatique**, garantit une **haute disponibilité** des données.

Le système repose sur une **architecture full-stack moderne** :

- **Frontend** développé avec **React.js**, utilisant **Axios** pour la communication avec le serveur, et stylisé avec **Bootstrap** ou **TailwindCSS** pour assurer une interface utilisateur responsive et intuitive.
- **Backend** construit avec **Node.js** et **Express.js**, exposant une API RESTful qui interagit avec la base Cassandra via **CQL (Cassandra Query Language)**.
- **Docker** est utilisé pour conteneuriser et déployer l'environnement, notamment la base Cassandra, assurant ainsi portabilité, simplicité de configuration et déploiement multi-environnements.

Le système atteint plusieurs objectifs stratégiques :

- **Sauvegarde de l'historique détaillé des séjours clients** (hôtel, période, chambre, services utilisés).
- **Gestion des paiements** classés par type de service, période et établissement.
- **Archivage des factures** associées aux réservations, garantissant une traçabilité complète.
- **Génération de rapports analytiques** sur les taux d'occupation, les revenus et les tendances clients.
- **Optimisation de l'accès aux données historiques** pour des **analyses marketing avancées** (fidélisation, segmentation, prédiction).

Ce système a été conçu pour être **modulaire, évolutif et intégrable** à des solutions plus avancées, telles que des modules d'intelligence artificielle, des outils de visualisation dynamique (BI) ou encore des services tiers connectés. Il constitue ainsi une **solution robuste, moderne et adaptée aux enjeux futurs de la gestion hôtelière**.

Sommaire

Table des illustrations

Introduction

L'industrie hôtelière moderne fait face à une transformation numérique majeure, nécessitant la gestion simultanée de flux de données complexes et hétérogènes : réservations multi-canaux, profils clients personnalisés, inventaire dynamique, optimisation tarifaire et retours d'expérience. Cette complexité opérationnelle, amplifiée par les exigences de performance temps réel et la saisonnalité du secteur, révèle les limites des architectures relationnelles traditionnelles face à l'hétérogénéité des données (structurées, semi-structurées et complexes).

Ce projet vise à analyser et démontrer comment les technologies NoSQL peuvent répondre aux défis spécifiques de l'industrie hôtelière, en proposant une architecture polyglotte exploitant les forces complémentaires des différents paradigmes NoSQL. L'objectif consiste à concevoir une solution intégrant bases documentaires (profils clients), systèmes clé-valeur (sessions et cache), bases graphes (recommandations personnalisées) et solutions colonnaires (analytique temps réel) pour optimiser performance, scalabilité et personnalisation de l'expérience client.

Cette approche permettra d'évaluer l'adéquation des technologies NoSQL aux cas d'usage hôteliers critiques, de proposer une architecture technique détaillée et de quantifier les bénéfices métier en termes d'amélioration de l'expérience client et d'efficacité opérationnelle.

I) Objectif du projet

L'objectif principal de ce projet est de concevoir une solution logicielle efficace et conviviale qui permet la gestion des différentes entités d'un hôtel. L'application doit permettre aux utilisateurs (gérants ou personnel) de gérer les **clients**, **chambres**, **réservations**, **séjours**, **paiements**, et **factures**, tout en garantissant une interface fluide et un backend performant.

II) Technologies et outils utilisés

La réalisation de cette application s'est appuyée sur plusieurs technologies réparties entre le **frontend**, le **backend**, la **base de données**, et les **outils de développement**.

a) Frontend

Pour la partie visible par l'utilisateur, nous avons utilisé **React.js**, une bibliothèque JavaScript moderne qui permet de créer des interfaces utilisateurs interactives et dynamiques. Le code est écrit en **JavaScript ES6**, en utilisant des composants fonctionnels, et en gérant l'état grâce aux **hooks** comme useState et useEffect.

La structure des pages est assurée par **HTML5**, et la présentation visuelle est gérée via **CSS3**. Pour les appels API vers le backend, nous avons utilisé **Axios**, qui facilite les échanges de données en HTTP. Pour un design responsive, nous avons également intégré un framework CSS moderne, comme **Bootstrap**.

b) Backend

Le serveur backend est développé avec **Node.js**, un environnement JavaScript côté serveur, et le framework **Express.js** qui permet de créer facilement des routes RESTful. Le backend expose des points d'accès API tels que /api/sejours, /api/clients, ou /api/factures.

Nous avons utilisé le middleware **CORS** pour autoriser les appels depuis le frontend (port 3000) vers le backend (port 5000). Les données JSON envoyées par le frontend sont traitées automatiquement grâce à express.json().

c) Base de Données

Pour la persistance des données, nous avons utilisé **Apache Cassandra**, une base de données NoSQL distribuée. Elle permet de stocker efficacement les entités du projet (clients, chambres, séjours, etc.) tout en assurant de bonnes performances.

L'interaction avec Cassandra s'effectue via **CQL (Cassandra Query Language)** dans un terminal cqlsh, permettant de créer des keyspaces, des tables, et d'effectuer des opérations de lecture et d'écriture. Toutes les entités sont regroupées dans un keyspace nommé hotel_management.

d) Conteneurisation

Pour éviter les problèmes d'installation manuelle de Cassandra, nous avons utilisé **Docker**, une technologie de conteneurisation. Grâce à Docker, il est possible de lancer un conteneur Cassandra prêt à l'emploi en quelques secondes. Cela permet aussi de garantir un environnement de travail stable et reproductible.

e) Environnement de développement

Le développement a été réalisé avec **Visual Studio Code**, un éditeur de code puissant et adapté aux technologies JavaScript. L'installation des bibliothèques s'est faite via **npm**, le gestionnaire de paquets de Node.js. Les serveurs (frontend et backend) ont été lancés via le terminal PowerShell ou CMD. Pour le suivi des modifications de code, **Git** et **GitHub** peuvent être utilisés (selon les préférences de l'équipe).

III) Architecture de l'application

L'architecture de l'application suit une approche **client-serveur** :

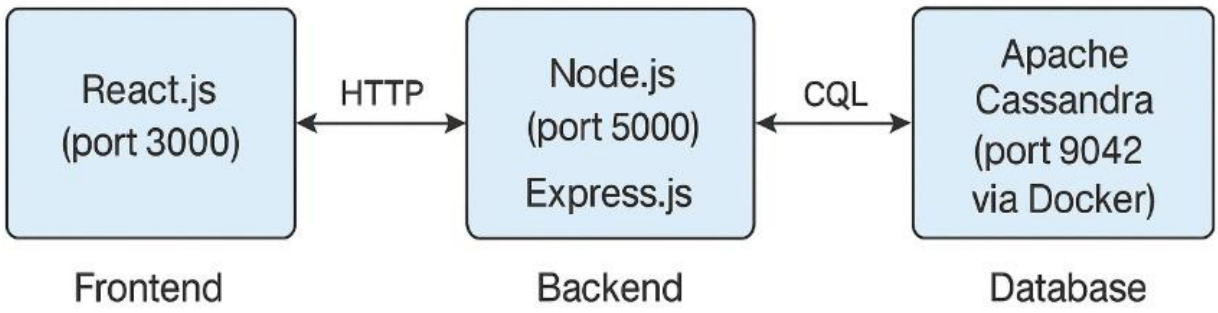


Figure 1: Architecture de l'application

- Le **frontend** envoie des requêtes vers l'API Express.
- Le **backend** traite les requêtes, effectue des opérations sur la base Cassandra, et renvoie les résultats au frontend.
- Les **données** sont stockées et récupérées dans des tables Cassandra via des requêtes CQL.

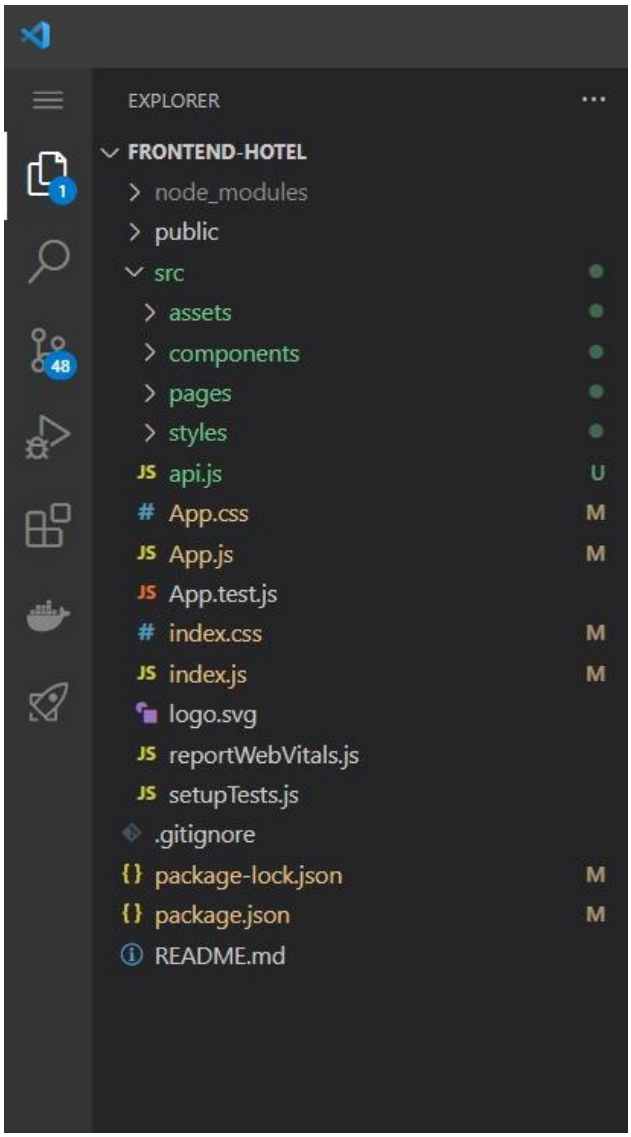
IV) Fonctionnalités développées

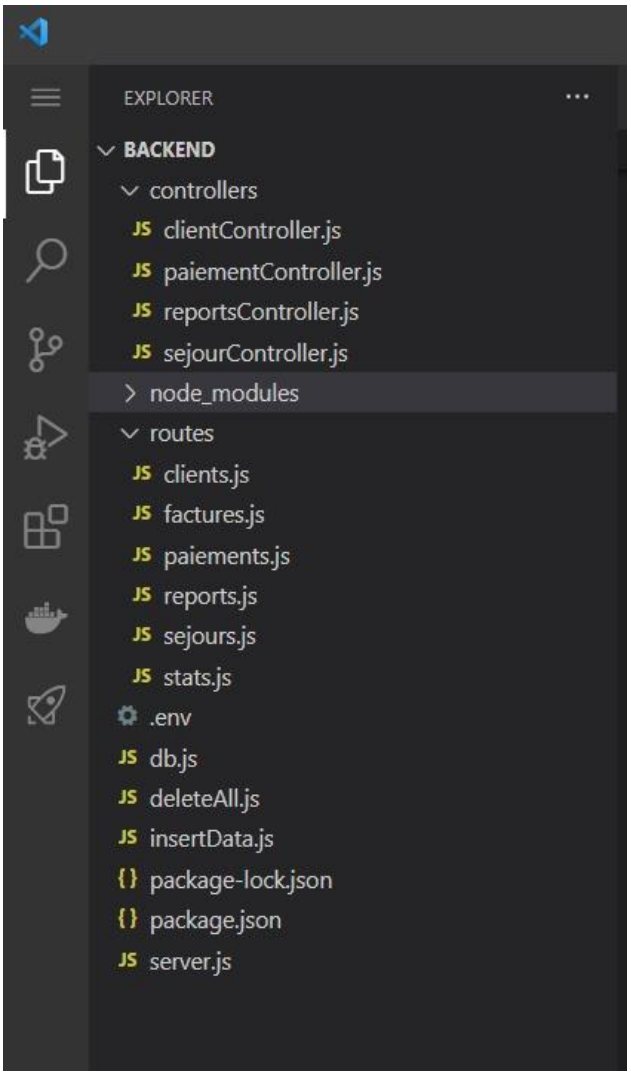
L'application comprend plusieurs modules fonctionnels, chacun correspondant à une entité métier de l'hôtel :

- **Gestion des clients** : ajout, modification, suppression, et consultation des fiches clients.
- **Gestion des chambres** : gestion des types, disponibilités et tarifs des chambres.
- **Réservations et séjours** : enregistrement des séjours avec dates d'arrivée et de départ, affectation à une chambre.
- **Paiements** : enregistrement des paiements liés à chaque séjour.
- **Factures** : génération et visualisation des factures clients.
- **Tableaux dynamiques** : affichage sous forme de tableaux avec tri, pagination, ou filtres selon les besoins.

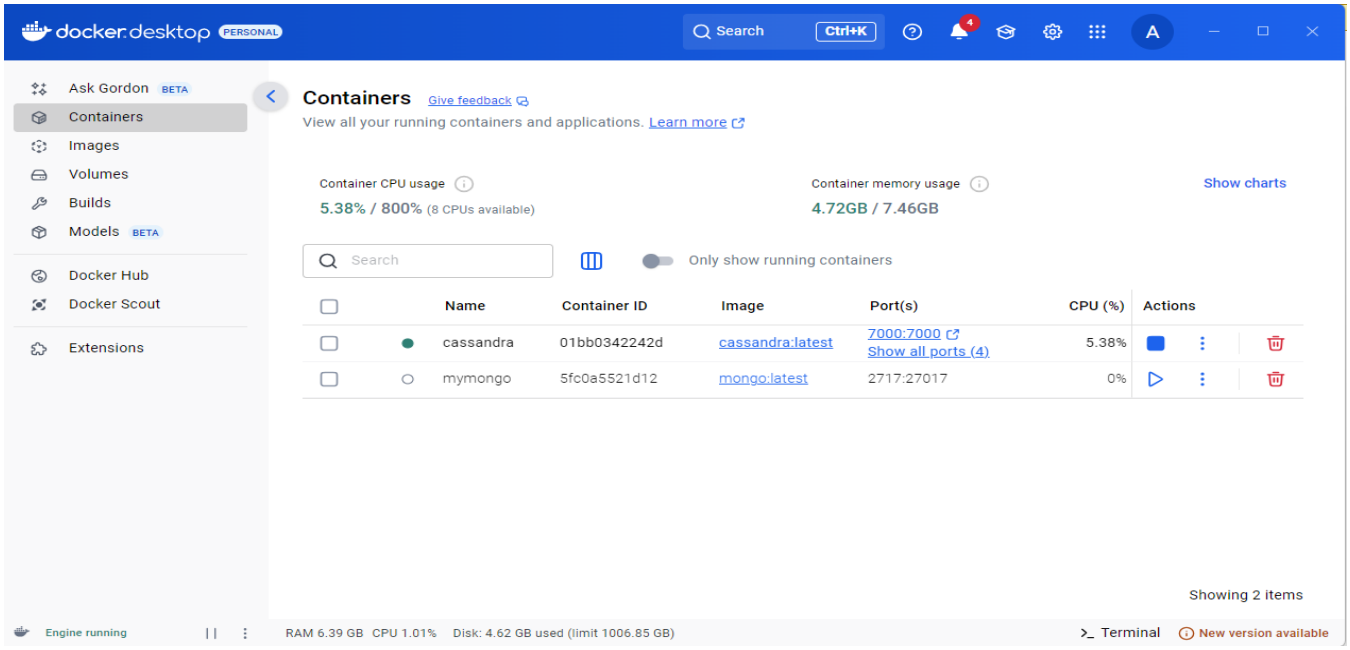
VI) Structure du projet

L'arborescence du projet se divise en deux grandes parties :






```
/docker
  └── cassandra
    └── docker-compose.yml
```



Api.js entre backEnd et frondEnd

src > JS api.js > ...

```
import axios from 'axios';

const api = axios.create({
  baseURL: 'http://localhost:5000/api', // URL de ton backend
});
// Clients
export const getClients = (params) => api.get('/clients', { params });
export const searchClients = (term) => api.get(`/clients/search?term=${term}`);
export const deleteClient = (id) => api.delete(`/clients/${id}`);
export const getClientById = (id) => api.get(`/clients/${id}`);
export const addClient = (data) => api.post('/clients', data);
export const updateClient = (id, client) => api.put(`/clients/${id}`, client);
// Paiements
export const getPayments = () => api.get('/paiements');
export const addPayment = (data) => api.post('/paiements',data);
// Séjours
export const fetchSejours = () => api.get('/sejours');
export const addSejour = (sejour) => api.post('/sejours', sejour);
export const searchSejoursByClient = (clientId) => api.get(`/sejours/search?client_id=${clientId}`);
export const getFactures = (clientId) =>
  clientId ? api.get('/factures', { params: { clientId } }) : api.get('/factures');
  export const addFacture = (data) => api.post('/factures', data);
  export const updateFacture = (id, data) => api.put(`/factures/${id}`, data);
  export const deleteFacture = (id) => api.delete(`/factures/${id}`);
// Rapports
export const getPaymentsReport = (hotelId, start, end) =>
  api.get('/reports/paiements', { params: { hotelId, start, end } });
export const getClientsActivityReport = (hotelId, start, end) =>
  api.get('/reports/clients-activity', { params: { hotelId, start, end } });
export const getOccupationReport = (hotelId, startDate, endDate) =>
  api.get('/reports/occupation', { params: { hotel_id: hotelId, start_date: startDate, end_date: endDate } });
export const getTauxOccupation = (hotel_id, start_date, end_date) =>
  api.get('/reports/taux-occupation', { params: { hotel_id, start_date, end_date } });
export const getChiffreAffaires = (hotel_id, start_date, end_date) =>
  api.get('/reports/chiffre-affaires', { params: { hotel_id, start_date, end_date } });
export const getTotalSejours = (hotel_id, start_date, end_date) =>
  api.get('/reports/total-sejours', { params: { hotel_id, start_date, end_date } });
export const getPaiementsParType = (start_date, end_date) =>
  api.get('/reports/paiements-par-type', { params: { start_date, end_date } });
export const updatePayment = async (id, data) => axios.put(`/paiements/${id}`, data);
export default api;
```

Config BD

```
JS db.js > [@] client
1   // backend/db.js
2   const cassandra = require('cassandra-driver');
3
4   const client = new cassandra.Client({
5     contactPoints: ['127.0.0.1'],
6     localDataCenter: 'datacenter1',
7     keyspace: 'hotel_management',
8   });
9
10  module.exports = client;
11
```

1) Difficultés rencontrées et solutions

Pendant le développement du projet, plusieurs problèmes techniques ont été rencontrés :

- **Erreur de connexion entre frontend et backend** (ECONNREFUSED) : résolue en démarrant le backend Express avant le frontend React.
- **Backend manquant (server.js)** : solutionnée en créant un serveur Node.js de base avec Express.
- **Problèmes de configuration Cassandra** : évités grâce à l'utilisation de Docker pour exécuter Cassandra dans un conteneur.
- **Mauvais mapping des routes API** : corrigé en structurant les routes Express et en testant chaque endpoint avec Postman.
- **Affichage non responsive** : amélioré en utilisant Bootstrap pour une mise en page adaptable.

VII) Présentation de Cassandra

1) Pourquoi Cassandra ?

Le choix de **Cassandra** comme base de données pour ce projet repose sur plusieurs critères techniques et fonctionnels adaptés aux exigences d'un système de gestion hôtelière à grande échelle.

Tout d'abord, **Cassandra est conçu pour gérer de très grands volumes de données** répartis sur plusieurs nœuds. Dans le contexte hôtelier, chaque réservation, paiement, facture ou interaction client génère des données qui doivent être stockées de manière efficace et consultables rapidement. Grâce à son architecture **distribuée et sans maître (masterless)**, Cassandra garantit une répartition automatique des données, ce qui permet un fonctionnement fluide et équilibré, sans point de défaillance unique.

L'un des avantages majeurs de Cassandra est sa **haute disponibilité**. Même en cas de panne d'un ou plusieurs nœuds, le système reste accessible, ce qui est essentiel pour une plateforme hôtelière qui doit être opérationnelle 24h/24, 7j/7. De plus, la **tolérance aux pannes** est assurée par la réplication des données entre nœuds, avec une gestion flexible du facteur de réplication selon les besoins de redondance.

Cassandra est également reconnu pour sa **scalabilité horizontale**. Contrairement aux bases traditionnelles, il est possible d'ajouter des nœuds au cluster à tout moment, sans perturber le service. Cela permet au système de s'adapter à la croissance naturelle de l'activité (nouvelles structures, plus de clients, extension géographique) tout en maintenant des performances constantes.

Sur le plan des performances, Cassandra offre une excellente gestion des **écritures intensives**. Chaque opération est enregistrée rapidement, ce qui est crucial dans un système qui traite continuellement de nouvelles réservations, annulations, paiements ou modifications de séjour. L'architecture basée sur des **fichiers immuables (SSTables)** et des écritures séquentielles en mémoire (MemTables) rend ce processus extrêmement rapide et efficace.

Enfin, le **modèle de données flexible** de Cassandra permet d'optimiser la structure des tables selon les besoins métiers. Il est possible de modéliser les données pour répondre à des cas d'usage précis, comme la consultation des séjours par hôtel et par période, ou encore les paiements par client. Cela permet d'offrir des réponses rapides à des requêtes fréquentes, tout en minimisant la complexité du traitement.

En résumé, Cassandra est un choix stratégique pour ce projet car il combine **performance, résilience, évolutivité** et **adaptabilité** à des environnements complexes à forte volumétrie de données comme celui de l'hôtellerie.

2) Origine de Cassandra

Cassandra est une base de données NOSQL (Not Only SQL) orientée colonne.

- Cassandra est développé par Facebook en 2007 la messagerie interne. En 2008, le projet est cédé à la fondation Apache et devient "top-level-project" à partir de 2010. Cassandra est alors enrichie et de nouvelles fonctionnalités y sont ajoutées.
- Cassandra est un projet open source.
- Cassandra est, entre autre, utilisée par Twitter, NetFlix ou Cisco WebEx.

3) Remarque: Les concepts de Cassandra

Cassandra reprend les concepts de 2 bases de données existantes :

- BigTable, créé par Google, pour son modèle de données orienté colonne et son mécanisme de persistance sur disque
- Dynamo, créé par Amazon, pour son architecture distribuée sans noeud maître.

4) Avantages / Inconvénients

a) Avantages :

- Tolérance aux pannes (grâce aux mécanismes de réplication de données)
- Décentralisé
- Élastique
- Haute disponibilité
- Open Source

b) Inconvénients :

- Lenteur
- Pas d'interface graphique
- Difficultés à l'utilisation
- Limitation de la taille des données

VIII) Architecture de Cassandra

1) Définition: Cluster

Un cluster est un regroupement de plusieurs nœuds (serveur physique) qui communiquent entre eux pour la gestion de données.

2) Fondamental:

Cassandra est une base de données contenue dans un cluster.

Comme de nombreuse base NoSQL, les données sont réparties sur plusieurs nœuds et peuvent être répliquée sur 1 à N nœuds.

Un utilisateur peut se connecter sur n'importe quel nœud et accéder à l'ensemble des données.

3) Colonne

La colonne est la plus petite unité de donnée de Cassandra. Elle est constituée du triplet :

- Nom
- Valeur : Maximum 2G. Elle n'est pas obligatoire.
- Timestamp : Sauvegarde la mise à jour la plus récente.

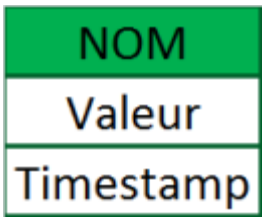


Figure 2: Colonne

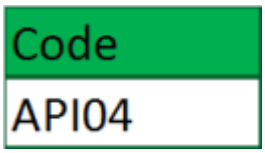


Figure 3: Exemple colonne

a) Remarque:

Une colonne dans Cassandra n'a pas le même sens que dans un SGBDR. Il s'agit là d'un attribut d'un enregistrement.

4) Définition: Ligne

Une ligne est un ensemble de colonnes (jusqu'à 2 Milliards). Elle est identifiée par une clé.

C'est l'équivalent d'une ligne dans un SGBDR, c'est donc un enregistrement.

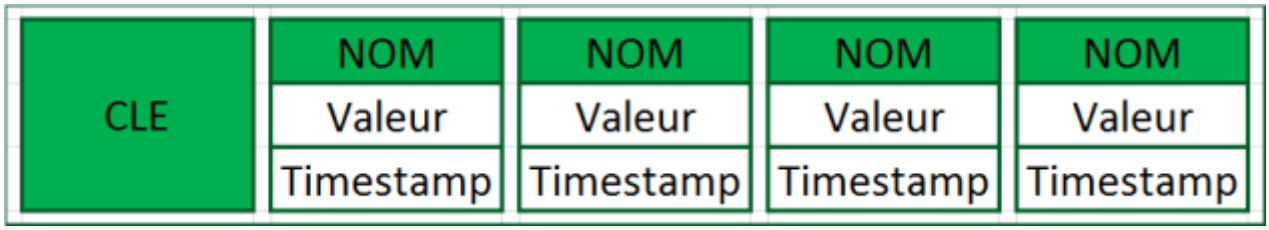


Figure 4: Ligne

CLE	Nom	Prénom	Age	Taille
	Moulin	Mathieu	16	180

Figure 5: Exemple de ligne

a) Remarque: La notion de clé dans Cassandra

La clé d'une ligne peut être rapprochée aux OID des SGBD RO. C'est grâce à elle que l'enregistrement est trouvé.

Les données étant réparties sur différent noeuds, il faut pouvoir la récupérer rapidement. Elle est codé sur 128bits et généralement représentée sous la forme de groupes de caractères hexadécimaux en minuscule séparés par des tirets. Cette clé d'enregistrement est de type uuid (Universal Unique IDentifier).

Il est possible de définir des clés primaires similaires aux SGBDR. Dans ce cas, la première colonne de la clé sera utilisé comme clé d'enregistrement (et convertit). Les suivantes ne serviront qu'à s'assurer que l'enregistrement est unique.

5) Définition: Column Family

Une Column Family est un regroupement de lignes.

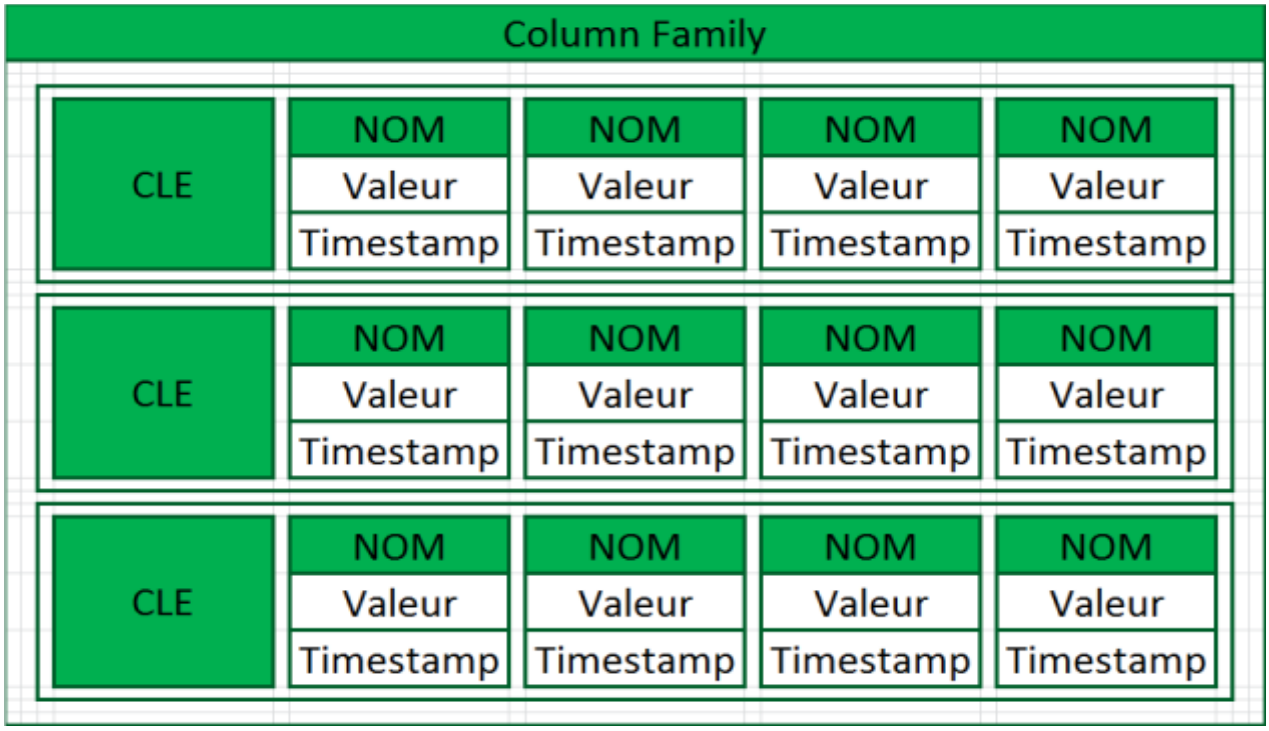


Figure 6: Column family

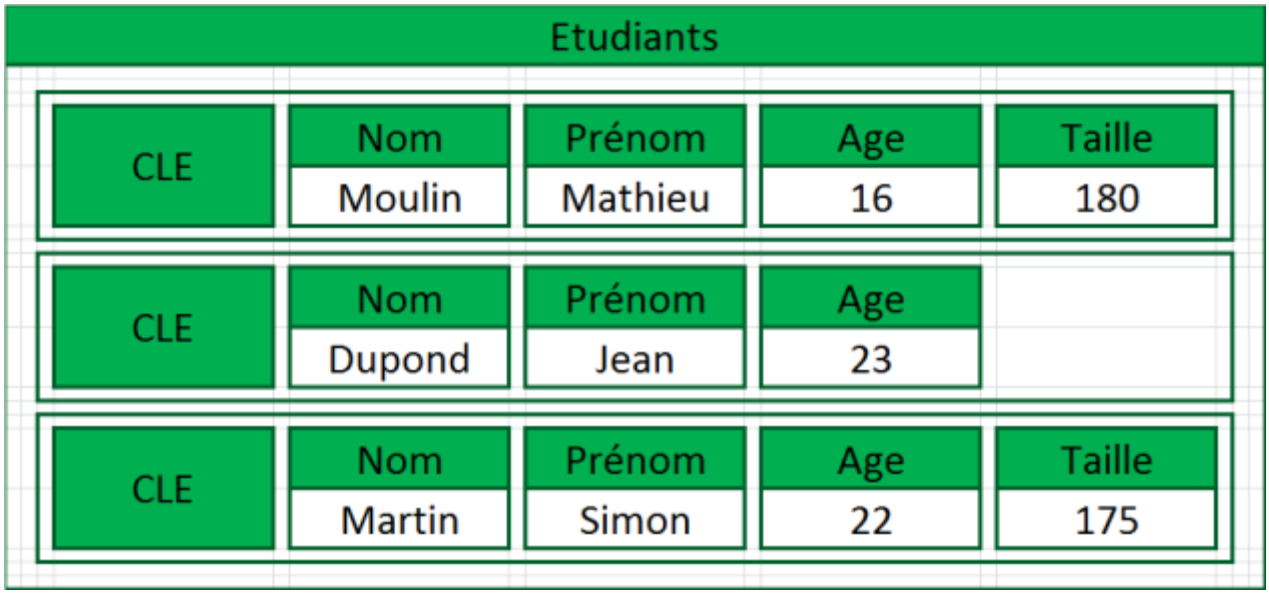


Figure 7: Exemple de column family

a) Remarque:

Une Column Family est l'équivalent d'une Table dans un SGBDR.

On peut d'ailleurs y ajouter des "métadonnées", en quelque sorte des "entêtes" de colonnes. Néanmoins, les colonnes définies ne seront pas forcément exploitées lors de la création de ligne.

Il existe deux types de familles de colonnes

- statique : les colonnes sont définies lors de la création ou modification de la famille de colonnes ;
- dynamique : les colonnes sont définies lors de la création ou modification d'une ligne.

6) Définition: Keyspace

Un KeySpace est un regroupement de Column Family. Il équivaut au schéma dans un SGBDR.

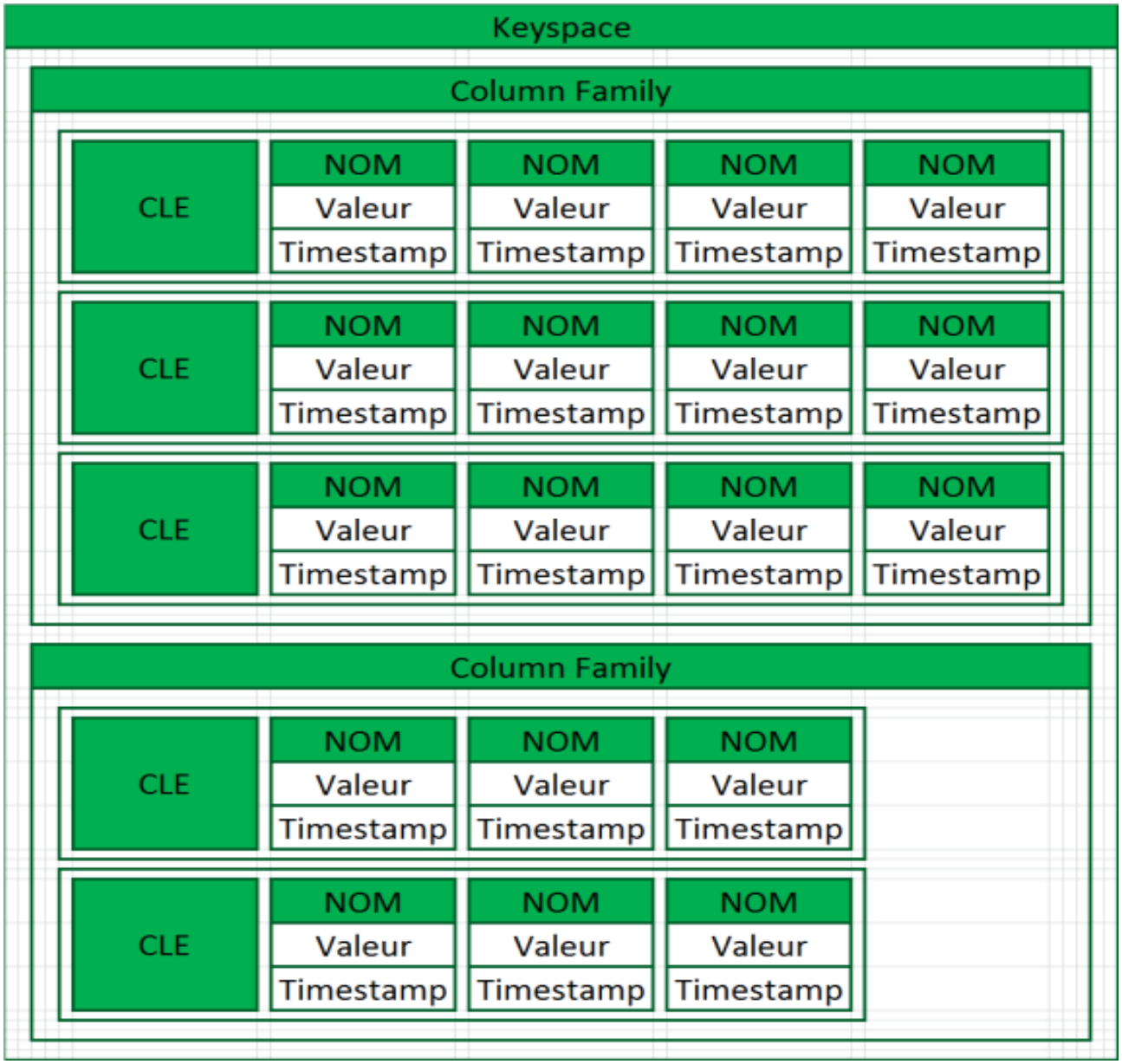


Figure 8: Keyspace

IX) Gestion des données temporelles et financières

La gestion des données temporelles et financières représente un enjeu central dans le secteur hôtelier. Les systèmes doivent pouvoir enregistrer, analyser et exploiter efficacement l'ensemble des événements associés aux séjours, aux transactions et aux services. Dans ce projet, l'utilisation de Cassandra permet de répondre aux exigences de performance et de scalabilité inhérentes à ces types de données.

1) Historique des séjours et transactions financières

Dans le contexte d'un système de gestion hôtelière, il est indispensable de conserver un **historique complet des séjours** de chaque client, ainsi que l'ensemble des **transactions financières** associées. Les données collectées sont hétérogènes et comprennent notamment :

- **Les séjours** : identifiant du client, identifiant de l'hôtel, dates d'arrivée et de départ, type de chambre, services utilisés, nombre de nuits, statut de réservation (confirmée, annulée, terminée).
- **Les paiements** : montant, date de paiement, mode de règlement (carte, espèces, en ligne), statut (payé, en attente, rejeté), type de service (hébergement, restauration, spa…).
- **Les factures** : identifiant unique, liste des lignes facturées, total HT/TTC, TVA, référence du séjour associé, horodatage de génération.

L'ensemble de ces données sont **horodatées**, ce qui est fondamental pour :

- **Reconstituer le parcours du client** au sein d'un ou plusieurs établissements.
- **Produire des rapports temporels** : taux d'occupation par semaine/mois, chiffre d'affaires quotidien, pics de fréquentation.
- **Identifier des comportements clients** récurrents ou saisonniers pour orienter les stratégies marketing.
- **Assurer la traçabilité comptable** des opérations, ce qui est crucial pour les audits financiers ou les obligations fiscales.

Dans Cassandra, la structuration temporelle des données doit être soigneusement pensée pour éviter les lectures coûteuses ou les partitions trop volumineuses. Chaque ligne correspond généralement à un événement (paiement, séjour), et l'horodatage permet de filtrer ou d'agréger facilement ces données.

2) Optimisation des performances et scalabilité

L'un des principaux avantages de Cassandra est sa capacité à **gérer efficacement des volumes massifs de données**, tout en assurant une **réponse rapide et stable**, même en situation de forte charge. Cela en fait une solution parfaitement adaptée à la gestion des données temporelles dans un système hôtelier.

3) Stratégies de modélisation temporelle dans Cassandra

La base Cassandra n'est pas conçue pour effectuer des jointures complexes comme dans les bases relationnelles. Il est donc recommandé de **dupliquer certaines données** et de les structurer selon des cas d'usage bien définis. Par exemple :

- Une table sejours_par_hotel_et_date permet de retrouver tous les séjours enregistrés pour un hôtel donné sur une période précise.

- Une autre table paiements_par_client_et_periode facilite le suivi des transactions par client selon les mois ou les trimestres.

Ces modèles permettent de **partitionner les données par période (jour, mois, année)** et/ou par identifiant d'hôtel ou de client. Cela limite la taille des partitions et optimise les temps de réponse.

4) Utilisation des clés composites

Les **clés composites** dans Cassandra (clé primaire composée de plusieurs colonnes) sont essentielles pour organiser les données temporelles de manière efficace. Par exemple :

```
PRIMARY KEY ((id_hotel, mois), date_sejour)
```

- Ici, id_hotel et mois forment la clé de partition.
- date_sejour est la clé de clustering, ce qui permet de **trier les lignes dans l'ordre chronologique** à l'intérieur de chaque partition.

Ce modèle permet de :

- Lire rapidement les séjours d'un hôtel pour un mois donné.
- Parcourir les enregistrements dans l'ordre temporel sans coût supplémentaire.
- Éviter les partitions trop larges (en les regroupant par mois au lieu de stocker toutes les données dans une seule par hôtel).

5) Scalabilité horizontale

Cassandra est conçue pour **scaler horizontalement**, c'est-à-dire qu'il est possible d'ajouter facilement de nouveaux nœuds au cluster pour **augmenter la capacité de stockage et la puissance de traitement**. Cette caractéristique est très importante lorsque le volume de données croît (ex : ajout de nouveaux hôtels, augmentation du nombre de réservations, enregistrement d'événements historiques).

La répartition des données entre les nœuds est automatique, grâce au mécanisme de **partitionnement par hachage**. Cela garantit une distribution équilibrée de la charge, sans point de défaillance unique. De plus, Cassandra gère la **réplication des données**, assurant leur disponibilité même en cas de panne d'un ou plusieurs nœuds.

X) Fonctionnalités principales du système

L'objectif principal de ce projet est de concevoir un système capable de gérer efficacement les séjours, les paiements et l'historique des clients dans un environnement hôtelier. Grâce à la puissance de Cassandra et à une architecture bien pensée, plusieurs fonctionnalités clés ont été mises en place pour répondre aux besoins métiers en termes de gestion, de traçabilité et d'analyse.

2) Sauvegarde de l'historique des séjours par hôtel et période

Chaque séjour client doit être enregistré avec précision, en incluant les éléments suivants :

- Identifiant du client
- Hôtel concerné
- Date d'arrivée et de départ
- Type de chambre réservée
- Statut du séjour (en cours, terminé, annulé)

Pour optimiser l'accès à ces informations, une table a été modélisée dans Cassandra en tenant compte des axes **temporel** et **géographique** :

```
CREATE TABLE sejours_par_hotel (
   id_hotel UUID,
   mois TEXT,
   date_sejour DATE,
   id_client UUID,
   nom_client TEXT,
   chambre TEXT,
   duree INT,
   PRIMARY KEY ((id_hotel, mois), date_sejour)
);
```

Ce modèle permet d'interroger facilement les séjours effectués dans un hôtel donné pendant une période précise (mois), tout en garantissant un tri chronologique grâce à la clé de clustering date_sejour.

3) Gestion des paiements clients par période et type de service

La gestion des paiements est essentielle dans tout système de réservation. Chaque transaction doit être enregistrée avec les métadonnées nécessaires :

- Date et heure du paiement
- Montant
- Type de service (hébergement, restauration, spa…)
- Mode de paiement
- Statut du paiement (réussi, en attente, échoué)

Exemple de table Cassandra pour structurer les paiements par période :

```
CREATE TABLE paiements_par_periode (
   periode TEXT,
   id_client UUID,
   id_hotel UUID,
   date_paiement TIMESTAMP,
   type_service TEXT,
   montant DECIMAL,
   mode_paiement TEXT,
   PRIMARY KEY ((periode), date_paiement, id_client));
```

Cette organisation permet :

- D'effectuer des **rapports financiers mensuels ou hebdomadaires**
- De suivre l'historique de paiements par client ou par service
- D'agréger facilement les recettes d'un hôtel selon les périodes

4) Stockage et analyse des données historiques

Toutes les données collectées (séjours, paiements, factures) sont conservées à des fins :

- De **reporting stratégique** (taux d'occupation, revenus par hôtel)
- D'**analyse marketing** (comportement des clients, pics saisonniers)
- De **conformité réglementaire** (archivage, fiscalité)

Pour cela, des **tables analytiques** supplémentaires peuvent être créées dans Cassandra, souvent redondantes mais optimisées pour des accès spécifiques. Par exemple :

```
CREATE TABLE taux_occupation_mensuel (
   id_hotel UUID,
   mois TEXT,
   total_nuits INT,
   chambres_disponibles INT,
   taux_occupation DECIMAL,
   PRIMARY KEY ((id_hotel), mois)
);
```

Cette table facilite la production rapide de **statistiques de performance** hôtelière et l'export de données vers des outils de Business Intelligence (Power BI, Tableau…).

XI) Avantages et perspectives

L'utilisation de Cassandra dans le développement de ce système de gestion hôtelière offre de nombreux avantages, tant sur le plan technique que fonctionnel. Ce choix s'inscrit dans une vision évolutive du projet, qui vise à répondre aux besoins actuels tout en anticipant les futurs enjeux liés à l'expansion, à l'analyse avancée des données, et à l'intégration d'autres services.

1) Avantages de l'approche choisie

L'architecture et les technologies adoptées présentent plusieurs points forts :

a) Scalabilité horizontale

Cassandra permet d'ajouter des nœuds à la volée, sans interruption du service. Cela assure une évolution fluide de l'infrastructure avec la croissance des données (nouveaux hôtels, plus de clients, historique enrichi…).

b) Haute disponibilité

Grâce à son modèle distribué sans maître, le système reste opérationnel même si un ou plusieurs nœuds tombent er panne. Cela garantit une continuité de service, essentielle pour les plateformes accessibles 24h/24.

c) Performance sur les écritures

Les écritures sont rapides et efficaces, ce qui est idéal dans un contexte où les enregistrements (réservations, paiements, logs) sont fréquents.

d) Modèle flexible

La structure de Cassandra permet de modéliser les données selon les cas d'usage métier. Cela facilite l'accès aux données pertinentes sans requêtes complexes, tout en maintenant une bonne organisation.

e) Adaptation aux données temporelles

Cassandra gère très bien les données horodatées grâce à l'utilisation de clés composites. Cela permet de réaliser des analyses par période (jour, mois, année) avec des performances stables.

2) Possibilités d'extensions et analyses avancées

L'architecture mise en place est conçue pour être **évolutive**. Plusieurs pistes peuvent être envisagées pour enrichir le système dans un futur proche :

a) Ajout de modules fonctionnels

- Gestion des avis clients.
- Module de fidélité.
- Suivi du personnel et planification des équipes.
- Intégration de services annexes : spa, restauration, événements.

c) Analyse prédictive

En couplant Cassandra à des outils d'analyse avancée ou de machine learning, il est possible de :

- Prédire les périodes de forte affluence.
- Détecter des profils types de clients.
- Optimiser la tarification dynamique selon la demande.

d) Tableaux de bord dynamiques

L'intégration avec des outils de BI comme **Power BI**, **Grafana** ou **Tableau** permettrait de construire des dashboards personnalisés :

- Taux d'occupation en temps réel.
- Chiffre d'affaires par hôtel ou service.
- Répartition des réservations par canal (web, agence, téléphone…).

e) Vision future du projet

L'objectif à long terme est de faire évoluer ce système vers une **plateforme complète et intelligente**, intégrant :

- Une **gestion centralisée multi-hôtels** avec administration globale.
- Un hébergement **multi-cloud** pour plus de flexibilité.
- Un moteur de **recommandation personnalisée** pour les clients.

Une API ouverte permettant l'interconnexion avec d'autres systèmes (applications mobiles, partenaires touristiques…).

XII) Expérimentation et discussions des résultats

1) La page d'accueil

La page d'accueil Au lancement de l'application, une fenêtre d'accueil s'affiche.

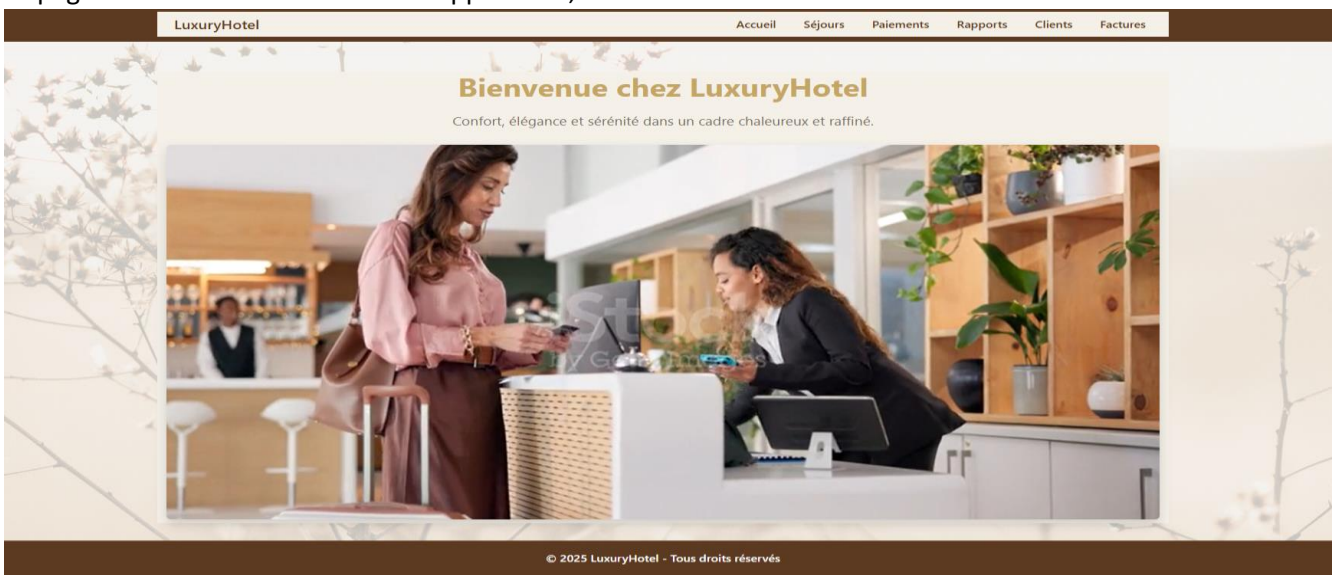
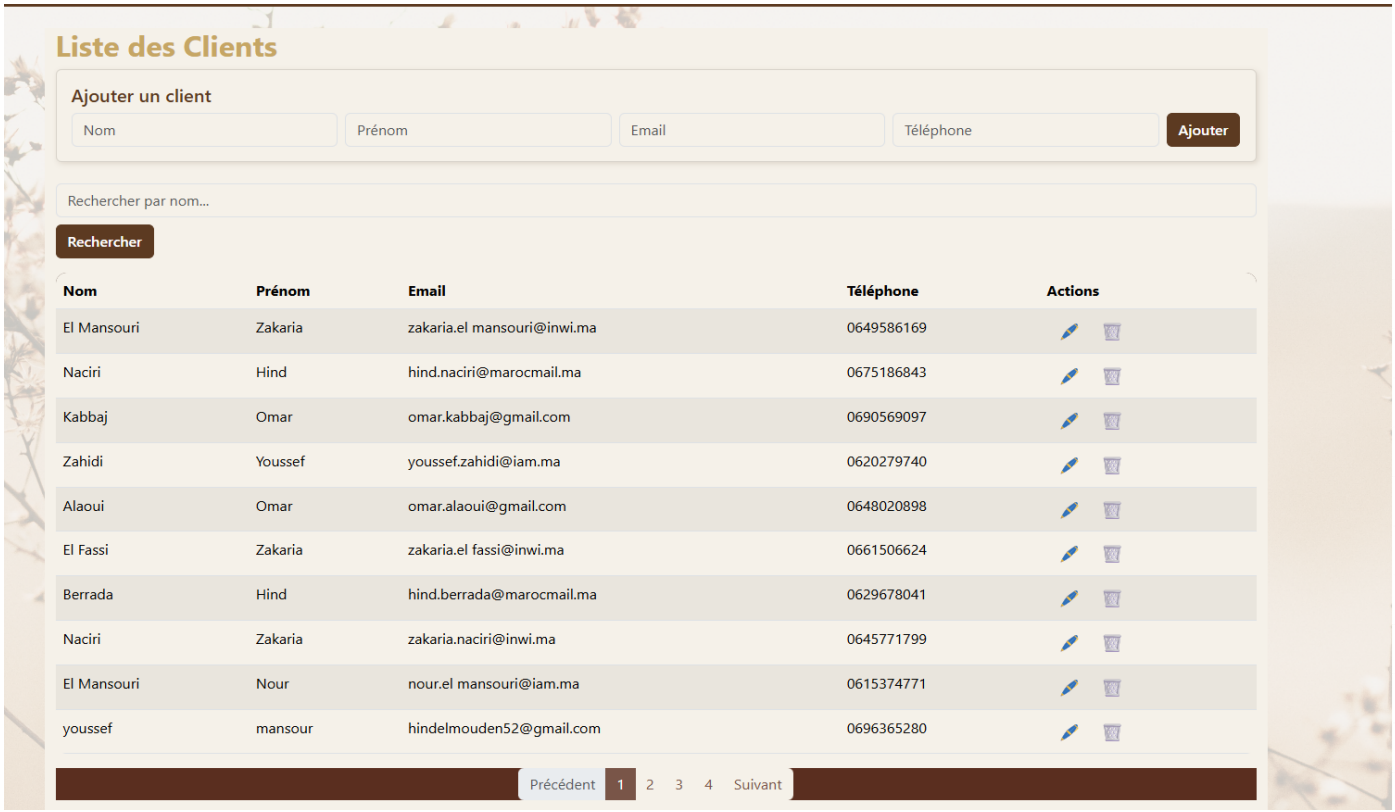


Figure 9: La page d'accueil

2) Clients

Gestion client avec tous les options de CRUD + rechercher par nom/prénom.



Contrôle de validité des données saisies avant toute opération.

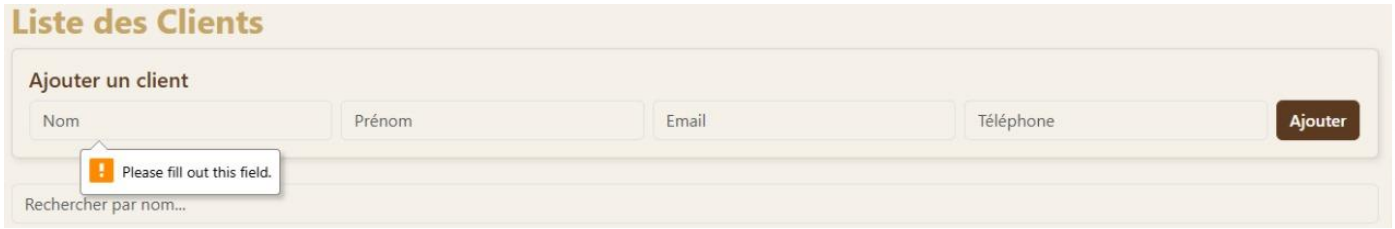


Figure 10: clients

3) Pagination

Figure 11: pagination

5) Gestion des factures

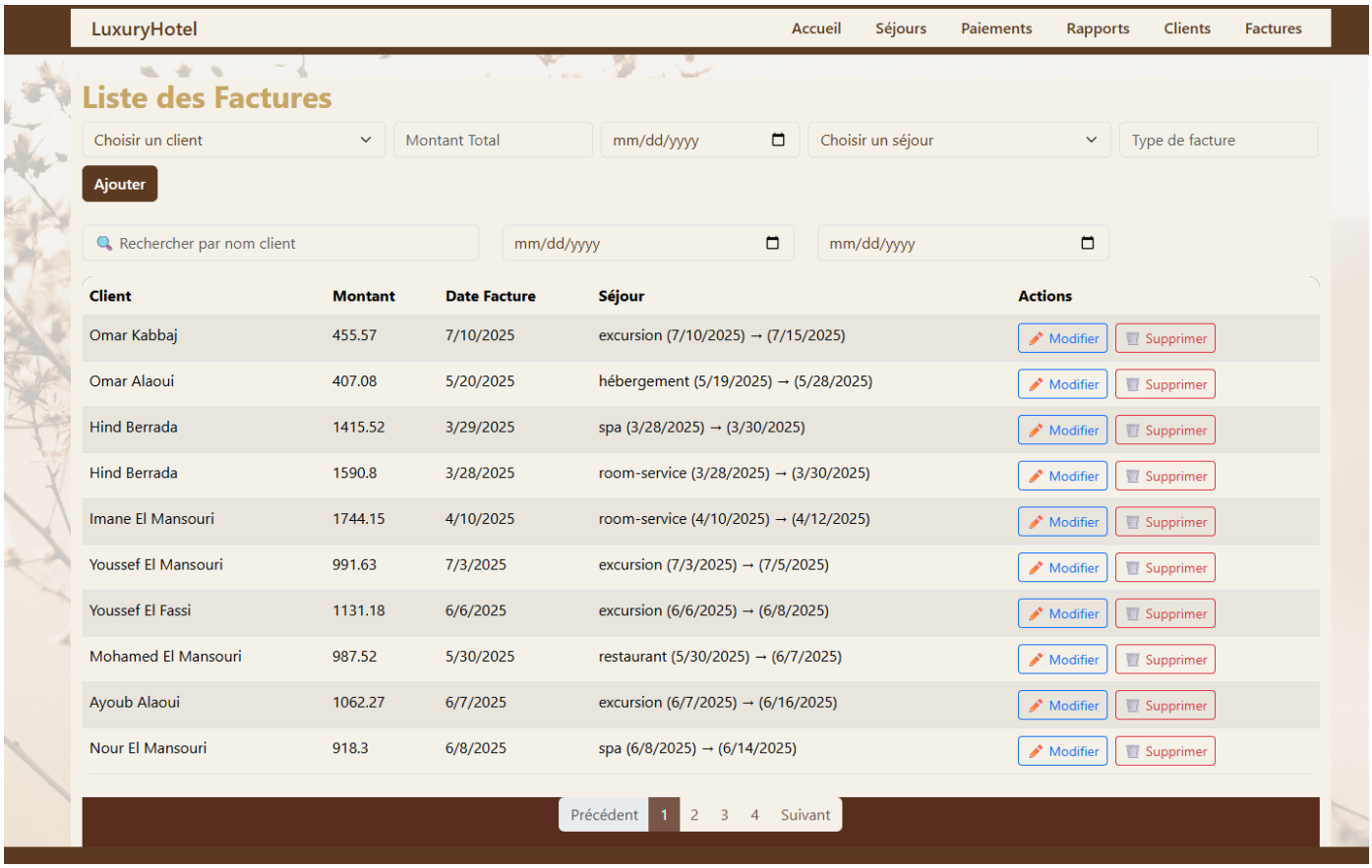


Figure 12: gestion des factures

6) Rapports statistiques

Figure 13: Rapports statistiques

7) L’ajout d'un nouveau paiement

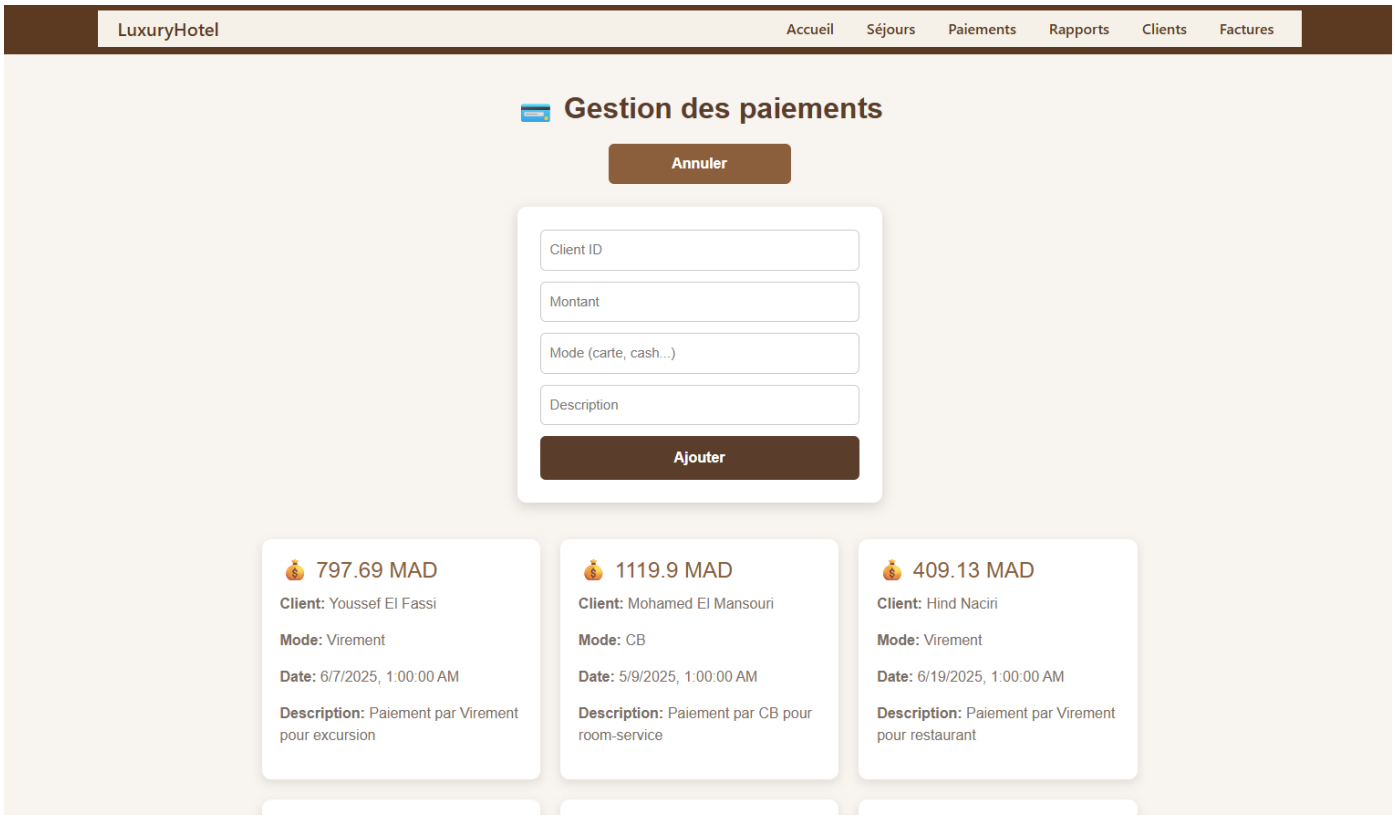


Figure 14: l'ajout d'un nouveau paiement

8) Gestion des paiements

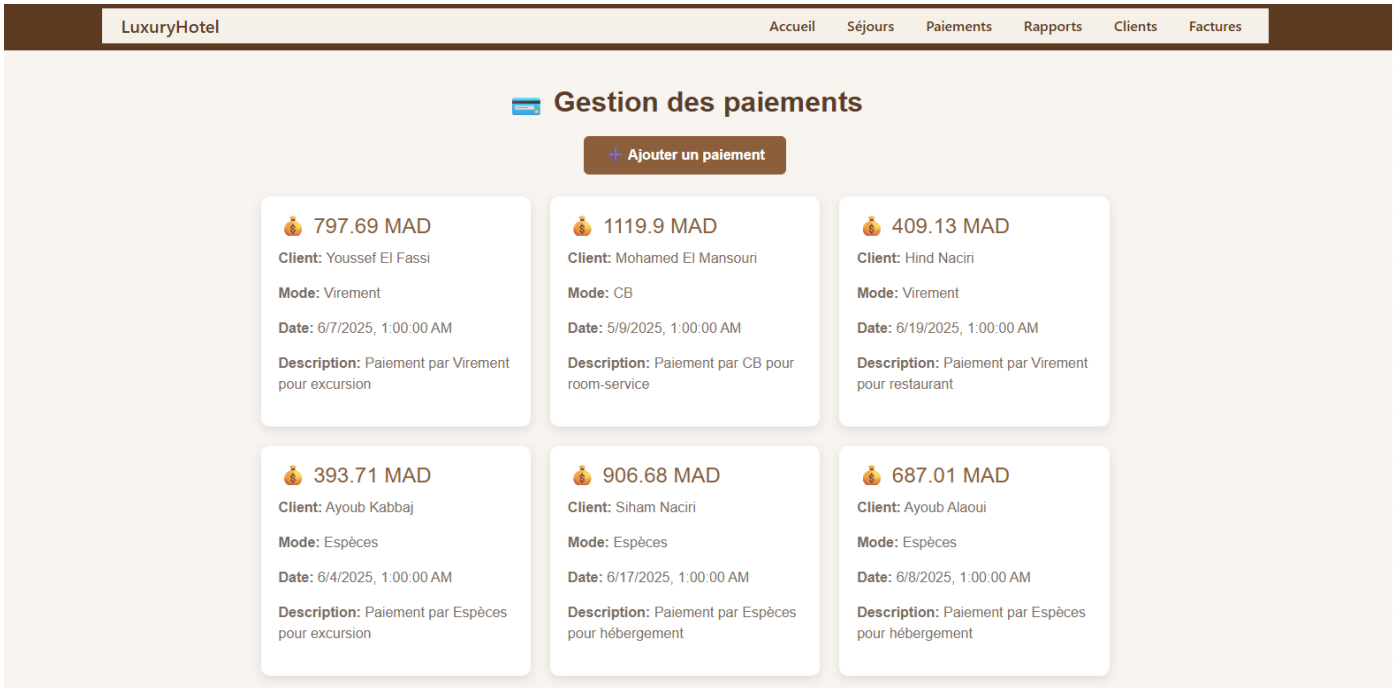


Figure 15: Gestion des paiements

9) Gestion des Séjours

Gestion des Séjours avec toutes les options de CRUD + filtrage par date ou ID

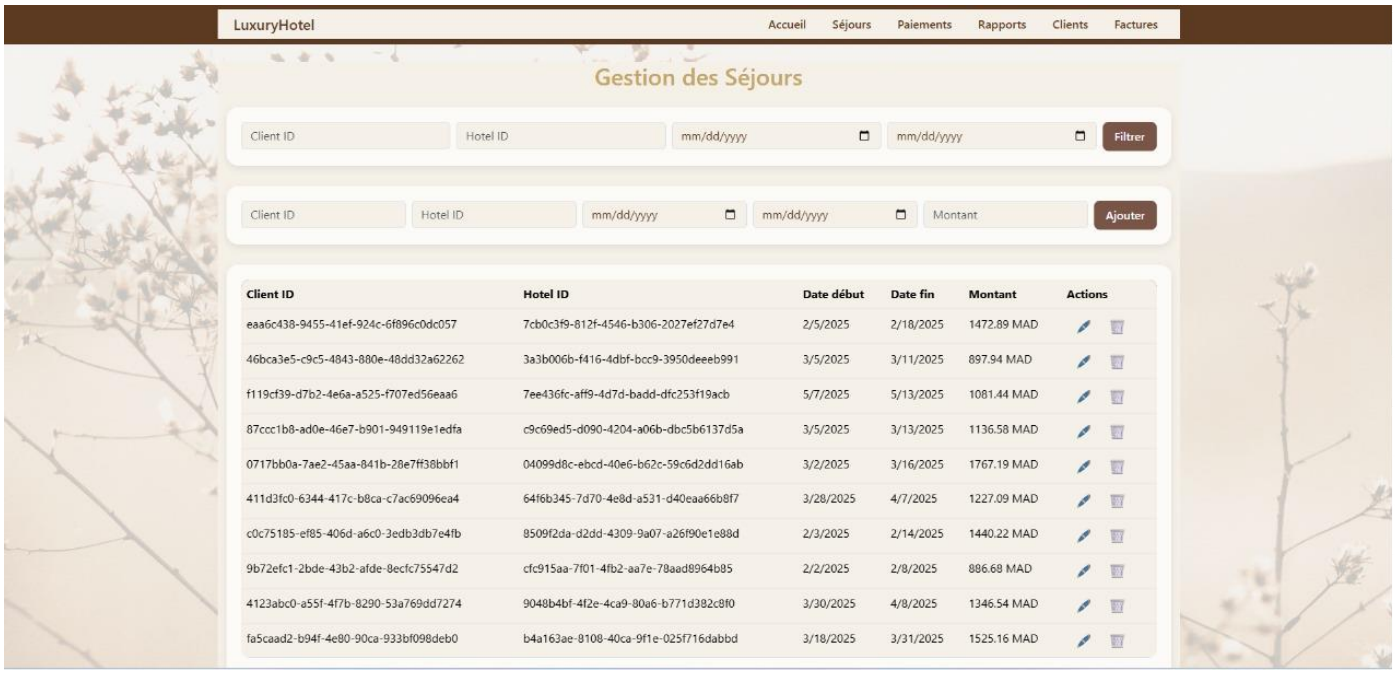


Figure 16: Gestion des Séjours

10) Table factures

```
cqlsh:hotel_management> DESCRIBE TABLES;

clients   factures_by_client  paiements  stats_periode
factures  factures_by_sejour  sejours

cqlsh:hotel_management> DESCRIBE TABLE factures;

CREATE TABLE hotel_management.factures (
    id uuid PRIMARY KEY,
    client_id uuid,
    date_facture date,
    montant_total double,
    sejour_id uuid,
    type_facture text
) WITH additional_write_policy = '99p'
    AND allow_auto_snapshot = true
    AND bloom_filter_fp_chance = 0.01
    AND caching = {'keys': 'ALL', 'rows_per_partition': 'NONE'}
    AND cdc = false
    AND comment = ''
    AND compaction = {'class': 'org.apache.cassandra.db.compaction.SizeTieredCompactionStrategy', 'max_threshold': '32', 'min_threshold': '4'}
    AND compression = {'chunk_length_in_kb': '16', 'class': 'org.apache.cassandra.io.compress.LZ4Compressor'}
    AND memtable = 'default'
    AND crc_check_chance = 1.0
    AND default_time_to_live = 0
    AND extensions = {}
    AND gc_grace_seconds = 864000
    AND incremental_backups = true
    AND max_index_interval = 2048
    AND memtable_flush_period_in_ms = 0
    AND min_index_interval = 128
    AND read_repair = 'BLOCKING'
    AND speculative_retry = '99p';
cqlsh:hotel_management> DESCRIBE TABLE paiements;

CREATE TABLE hotel_management.paiements (
```

Figure 17: table factures

11) Table paiements

```
    AND speculative_retry = '99p';
cqlsh:hotel_management> DESCRIBE TABLE paiements;

CREATE TABLE hotel_management.paiements (
    id uuid PRIMARY KEY,
    client_id uuid,
    date timestamp,
    date_paiement date,
    description text,
    facture_id uuid,
    montant double,
    sejour_id uuid,
    type text
) WITH additional_write_policy = '99p'
    AND allow_auto_snapshot = true
    AND bloom_filter_fp_chance = 0.01
    AND caching = {'keys': 'ALL', 'rows_per_partition': 'NONE'}
    AND cdc = false
    AND comment = ''
    AND compaction = {'class': 'org.apache.cassandra.db.compaction.SizeTieredCompactionStrategy', 'max_thresh
    AND compression = {'chunk_length_in_kb': '16', 'class': 'org.apache.cassandra.io.compress.LZ4Compressor'}
    AND memtable = 'default'
    AND crc_check_chance = 1.0
    AND default_time_to_live = 0
    AND extensions = {}
    AND gc_grace_seconds = 864000
    AND incremental_backups = true
    AND max_index_interval = 2048
    AND memtable_flush_period_in_ms = 0
    AND min_index_interval = 128
    AND read_repair = 'BLOCKING'
    AND speculative_retry = '99p';
cqlsh:hotel_management>
```

Figure 18: Table paiements

12) Table clients

```
CREATE TABLE hotel_management.clients (
    id uuid PRIMARY KEY,
    email text,
    nom text,
    prenom text,
    telephone text,
    vip boolean
) WITH additional_write_policy = '99p'
    AND allow_auto_snapshot = true
    AND bloom_filter_fp_chance = 0.01
    AND caching = {'keys': 'ALL', 'rows_per_partition': 'NONE'}
    AND cdc = false
    AND comment = ''
    AND compaction = {'class': 'org.apache.cassandra.db.compaction.SizeTieredCompactionStrategy'
    AND compression = {'chunk_length_in_kb': '16', 'class': 'org.apache.cassandra.io.compress.LZ
    AND memtable = 'default'
    AND crc_check_chance = 1.0
    AND default_time_to_live = 0
    AND extensions = {}
    AND gc_grace_seconds = 864000
    AND incremental_backups = true
    AND max_index_interval = 2048
    AND memtable_flush_period_in_ms = 0
    AND min_index_interval = 128
    AND read_repair = 'BLOCKING'
    AND speculative_retry = '99p';

CREATE INDEX clients_nom_idx ON hotel_management.clients (nom);
```

Figure 19: Table clients

13) Table statuts période

```
cqlsh:hotel_management> DESCRIBE table stats_periode;

CREATE TABLE hotel_management.stats_periode (
    periode text PRIMARY KEY,
    total_montant double,
    total_sejours int
) WITH additional_write_policy = '99p'
    AND allow_auto_snapshot = true
    AND bloom_filter_fp_chance = 0.01
    AND caching = {'keys': 'ALL', 'rows_per_partition': 'NONE'}
    AND cdc = false
    AND comment = ''
    AND compaction = {'class': 'org.apache.cassandra.db.compaction.SizeTieredCompactionStrategy', 'max_thresh
    AND compression = {'chunk_length_in_kb': '16', 'class': 'org.apache.cassandra.io.compress.LZ4Compressor'}
    AND memtable = 'default'
    AND crc_check_chance = 1.0
    AND default_time_to_live = 0
    AND extensions = {}
    AND gc_grace_seconds = 864000
    AND incremental_backups = true
    AND max_index_interval = 2048
    AND memtable_flush_period_in_ms = 0
    AND min_index_interval = 128
    AND read_repair = 'BLOCKING'
    AND speculative_retry = '99p';
```

Figure 20: statut périodes

14) Factures par client

```
cqlsh:hotel_management> DESCRIBE table factures_by_client ;

CREATE TABLE hotel_management.factures_by_client (
    client_id uuid,
    date_facture date,
    id uuid,
    montant_total double,
    sejour_id uuid,
    type_facture text,
    PRIMARY KEY (client_id, date_facture, id)
) WITH CLUSTERING ORDER BY (date_facture DESC, id ASC)
    AND additional_write_policy = '99p'
    AND allow_auto_snapshot = true
    AND bloom_filter_fp_chance = 0.01
    AND caching = {'keys': 'ALL', 'rows_per_partition': 'NONE'}
    AND cdc = false
    AND comment = ''
    AND compaction = {'class': 'org.apache.cassandra.db.compaction.SizeTieredCompactionStrategy', 'max_t
    AND compression = {'chunk_length_in_kb': '16', 'class': 'org.apache.cassandra.io.compress.LZ4Compres
    AND memtable = 'default'
    AND crc_check_chance = 1.0
    AND default_time_to_live = 0
    AND extensions = {}
    AND gc_grace_seconds = 864000
    AND incremental_backups = true
    AND max_index_interval = 2048
    AND memtable_flush_period_in_ms = 0
    AND min_index_interval = 128
    AND read_repair = 'BLOCKING'
    AND speculative_retry = '99p';
```

Figure 21: Factures par client

15) Facture par séjours

```
cqlsh:hotel_management> DESCRIBE table factures_by_sejour ;

CREATE TABLE hotel_management.factures_by_sejour (
    sejour_id uuid,
    date_facture date,
    id uuid,
    client_id uuid,
    montant_total double,
    type_facture text,
    PRIMARY KEY (sejour_id, date_facture, id)
) WITH CLUSTERING ORDER BY (date_facture DESC, id ASC)
    AND additional_write_policy = '99p'
    AND allow_auto_snapshot = true
    AND bloom_filter_fp_chance = 0.01
    AND caching = {'keys': 'ALL', 'rows_per_partition': 'NONE'}
    AND cdc = false
    AND comment = ''
    AND compaction = {'class': 'org.apache.cassandra.db.compaction.SizeTieredCo
    AND compression = {'chunk_length_in_kb': '16', 'class': 'org.apache.cassand
    AND memtable = 'default'
    AND crc_check_chance = 1.0
    AND default_time_to_live = 0
    AND extensions = {}
    AND gc_grace_seconds = 864000
    AND incremental_backups = true
    AND max_index_interval = 2048
    AND memtable_flush_period_in_ms = 0
    AND min_index_interval = 128
```

Figure 22: Facture par séjours

Conclusion

Ce projet a permis la conception et la mise en œuvre d'un **système de gestion hôtelière moderne**, reposant sur la base de données NoSQL **Apache Cassandra**. En adoptant une approche axée sur la **performance**, la **disponibilité** et la **scalabilité**, nous avons su répondre aux exigences spécifiques du secteur hôtelier en matière de gestion de **données temporelles, financières et analytiques**.

L'étude approfondie de Cassandra a mis en lumière ses nombreux atouts : une **architecture distribuée et tolérante aux pannes**, une **excellente gestion des écritures**, ainsi qu'une **capacité éprouvée à traiter de très grands volumes de données**. La modélisation a été pensée pour épouser les usages réels du métier, offrant un accès optimisé aux informations clés telles que les séjours, les paiements, les factures et les indicateurs de performance.

L'intégration d'outils complémentaires tels que **Docker** (pour le déploiement), **React.js** et **Bootstrap** (pour l'interface utilisateur), ou encore **Node.js** et **Express** (pour l'API backend), a permis de bâtir une solution **fiable, évolutive et conviviale**, pensée pour offrir une expérience fluide aussi bien aux développeurs qu'aux utilisateurs finaux.

Au-delà des aspects purement techniques, ce projet constitue une **base solide pour des évolutions futures**: ajout de modules fonctionnels (avis, fidélisation, gestion du personnel), intégration d'outils d'**analyse prédictive** ou de **business intelligence**, ou encore **déploiements multisites** dans un environnement cloud.

Ces perspectives ouvrent la voie à un **système hôtelier intelligent, agile et centré sur l'expérience client**, reposant sur la robustesse de Cassandra pour bâtir les fondations d'une gestion numérique durable, efficace et tournée vers l'avenir.