

Introduction and Goals

Le but de cette application d'effectuer la gestion des ventes, de stocks, de produits, et des rapports pour les utilisateurs finaux. Pour y arriver, il faut respecter également les qualités de systèmes, les contraintes mises sur l'architecture et les besoins des parties prenantes importantes.

Requirements overview

Le but de cette exercice est de développer une système de point de vente pour une entreprise contenant des magasins, permettant également la gestion des magasins et de leurs produits.

Fonctionnalités essentielles:

- Rechercher un produit
- Acheter un produit
- Générer un rapport consolidé des ventes
- Consulter le stock central
- Déclencher un réapprovisionnement
- Visualiser les performances des magasins dans un tableau de bord

Voici une liste non-exhaustive d'exigences fonctionnelles et non fonctionnelles de ce système :

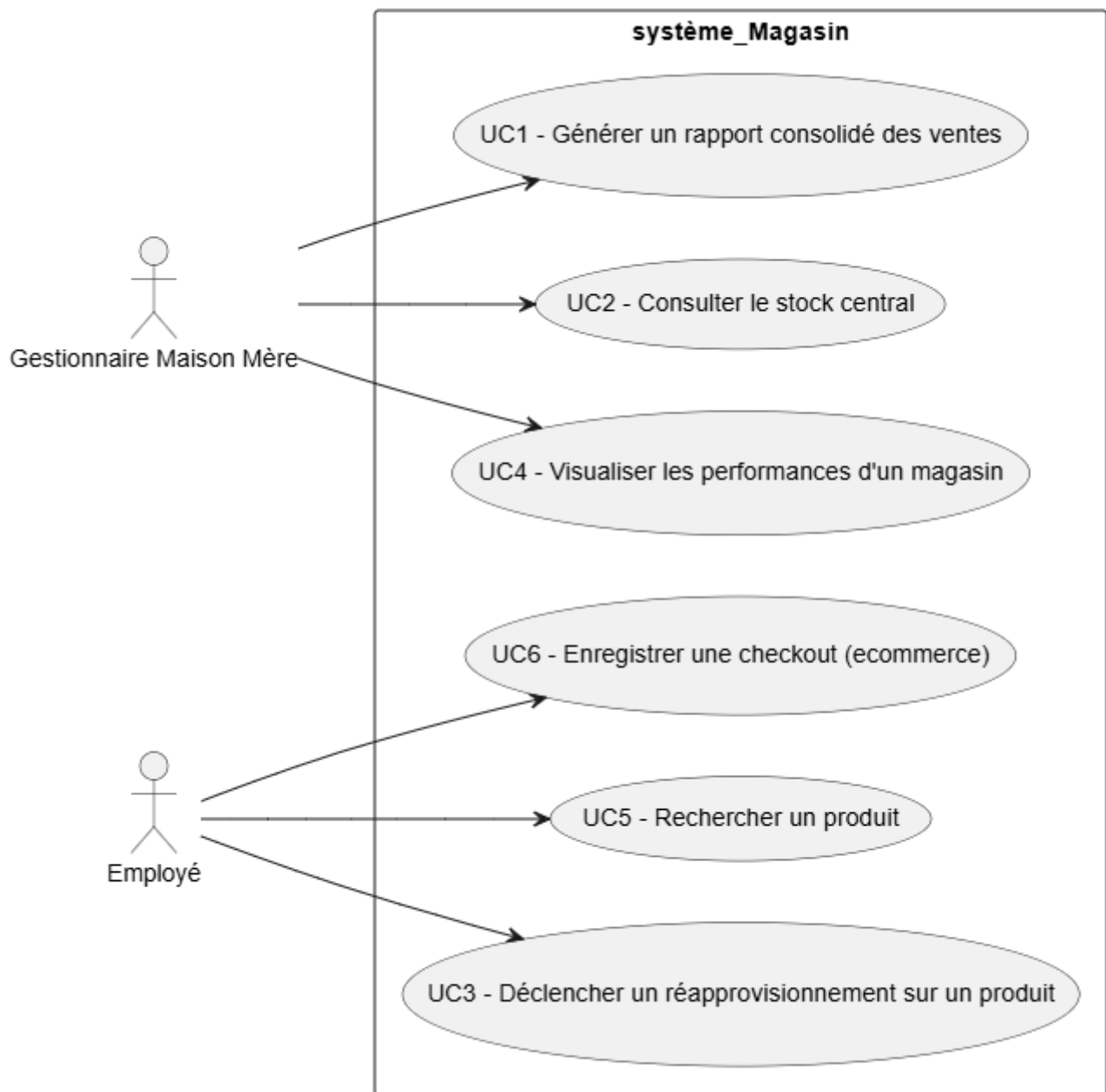
Exigences fonctionnelles

- Le gestionnaire peut visualiser les performances de chaque magasin, soit les chiffres d'affaires par magasin, les alertes de ruptures de stock et les produits en surstock
- Le gestionnaire peut générer un rapport des ventes par magasin
- Le gestionnaire et un employé peut consulter le stock central
- L'employé peut déclencher un réapprovisionnement pour un produit ayant un stock local petit.
- Un utilisateur peut commander un produit via la caisse ou avec la gestion ecommerce

Exigences non-fonctionnelles

- Le système doit être testable avec les tests unitaires et tests d'intégrations.
- Le système doit être capable de visualiser les modeles domaines majeurs
- Le système doit être simple (ayant que deux couches), et facile à utiliser et déployer.

Diagramme de cas d'utilisation



Quality Goals

Attributs de qualité	Motivation / Description
Maintenabilité	L'utilisation de tests et l'architecture 3-tier facilite la compréhension du système, permettant aux nouveaux développeurs de s'adapter au code rapidement. Les bugs sont rapidement corrigés en conséquence.
Évolutivité	Le système est capable de s'adapter facilement à de nouveaux besoins et à une agumentation du nombre d'utilisateurs , et ce, sans changement majeurs de code.
Utilisabilité	Le système présente une interface claire et simple, et ce, sans erreurs majeurs qui pourrait perturbé l'expérience du client. Les cas d'utilisation sont clairement divisé dans le UI.

Attributs de qualité	Motivation / Description
Performance	Le système doit permettre de répondre aux requêtes du browser dans les délais les plus rapides, même quand la charge devient importante.
Rigidité	Le système doit pouvoir réagir adéquatement face à des pannes.
Simplicité	Ne pas overengineer

Stakeholders

Role/Name	Contact	Expectations
Fabio Petrillo	fabio.petrillo@etsmtl.ca	Product Owner
Lojan Arunasalam	lojan.arunasalam.1@ens.etsmtl.ca	Responsable de l'architecture du système -- Développeur du système

Architecture Constraints

Contrainte	Background ou motivation
Implémentation en Python	Le projet est développé en Python et doit rester en Python, sauf à indication contraire.
Architecture microservices	Le projet doit être en architecture microservices pour résoudre les problèmes de scalabilité et de performance identifiés dans l'architecture monolithique. Cette contrainte impose une séparation claire des domaines métiers et l'utilisation d'un API Gateway pour la communication inter-services.
DDD	Le projet doit appliquer des principes DDD pour structurer les microservices selon les domaines métiers identifiés (Users, Products, Ecommerce, Warehouse). Cette contrainte garantit une séparation logique des responsabilités.

Tableau de choix de technologies

Voici un tableau qui démontre les technologies utilisées dans ce système

Element	Technologie	Justification
Language	Python	Facile à utiliser
Web Framework	Django	Framework très populaire permettant l'architecture MVC, et une évolution vers une utilisation d'API
ORM	SQLAlchemy	Mécanisme de persistance bien documenté dans Python
Base de données	PostgreSQL	Robuste et offre plus de fonctionnalités que SQLite et n'est pas en local

Element	Technologie	Justification
Conteneurisation	Docker	Conteneuriser l'application, pour pouvoir la rouler dans la VM de production
CI/CD	Github Actions	Automatiser le processus de test et déploiement après des changements effectués dans le code
API application	Django REST framework	Robuste et y déjà compris dans l'écosystème, donc intégration facile.
API microservices	FastAPI	Développement ultra rapide et documentation Swagger générée automatiquement
API Gateway + Load Balancer	Kong	Effectue facilement le load balancing et le routage dynamique vers les microservices.

System Scope and Context

Business Context

Communication partenaire	Input - Output
Employé magasin	Un employé peut effectuer une recherche de produit, ou acheter un produit. Également, si le stock d'un produit en local est proche de finir, il peut déclencher un réapprovisionnement. Une communication entre ces deux parties est donc requise.
Gestionnaire	Un gestionnaire peut effectuer une demande de rapport de ventes pour chaque magasin. Également, il peut visualiser les performances des magasins. Une communication entre ces deux parties est donc requise.

Technical Context

Channels	Input - Output
Browser	Reçoit en input des requêtes HTTP venant des utilisateurs et effectue le rendering des HTML en conséquence.
Kong API Gateway	Reçoit des requêtes HTTPS/REST du client et route dynamiquement vers les microservices appropriés. Effectue le load balancing et la gestion de trafic.
FastAPI Microservices	Chaque service (Users, Products, Ecommerce, Warehouse) reçoit des requêtes HTTP/REST de Kong et retourne des réponses JSON. Communication inter-services via HTTP.
PostgreSQL Databases	Chaque microservice a sa propre base PostgreSQL. Reçoit des requêtes SQL via ORM (SQLAlchemy) et retourne les données persistées.

Channels	Input - Output
Django Application	Reçoit des requêtes HTTP directes du browser et consomme les APIs des microservices via Kong.
Prometheus	Collecte les métriques de performance de Kong et des microservices via HTTP endpoints (/metrics).
Grafana	Se connecte à Prometheus pour visualiser les métriques et créer des dashboards de monitoring.

Solution Strategy

Voici les stratégies implementées afin de respecter chacune des attributs de qualité:

Attributs de qualité	Approche pour atteindre cette qualité
Maintenabilité	Utilisation d'une architecture microservices pour séparer les responsabilités. Facilite la compréhension du système et facilite la maintenance car les services sont devenus indépendants
Évolutivité	Utilisation d'une architecture microservices permet à une scalabilité horizontale et l'ajout d'autres services est facilement intégrable
Utilisabilité	Interface utilisateur simple avec les cas d'utilisations sur une page différente
Performance	Kong permet de moins surcharger les APIs, donc une latence moindre.
Rigidité	Implémentation de load balancing + API gateway afin de router les différentes requêtes et permet aux services d'être fonctionnel même dans le cas d'une panne sur un service.
Simplicité	Limiter la complexité technique: ne pas overengineer

Building Block View

Level 1

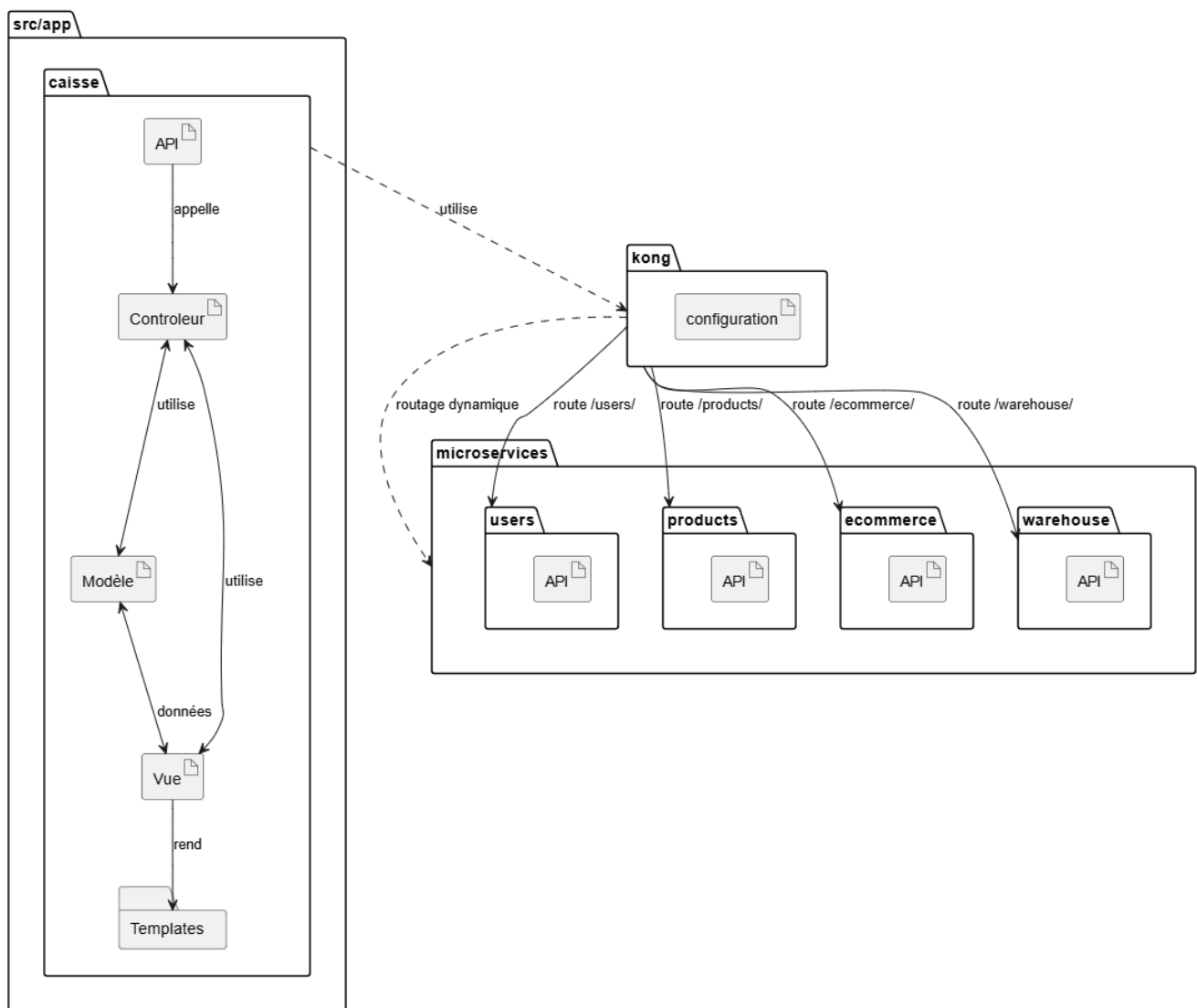
Ce diagramme de composant illustre l'architecture hybride du système avec la coexistence de l'application Django et les nouveaux microservices. En effet, ce diagramme est la vue d'ensemble du système avec description des blocs de construction principaux.

Composants principaux :

- Package src/app : Application Django monolithique avec architecture MVC (Contrôleur, Modèle, Vue, Templates). L'application peut utiliser Kong afin d'accéder aux microservices
- Package kong : API Gateway pour le routage et la gestion des requêtes vers les microservices. En effet, il route dynamiquement les requêtes vers les services appropriés selon les endpoints

- Package microservices : Quatre services indépendants (users, products, ecommerce, warehouse) exposant chacun leur API REST. Ils ont chacun leur propre logique métier.

Diagramme de package - Architecture Microservices



Level 2 zooms into some building blocks of level 1. Thus it contains the white box description of selected building blocks of level 1, together with black box descriptions of their internal building blocks.

N/A

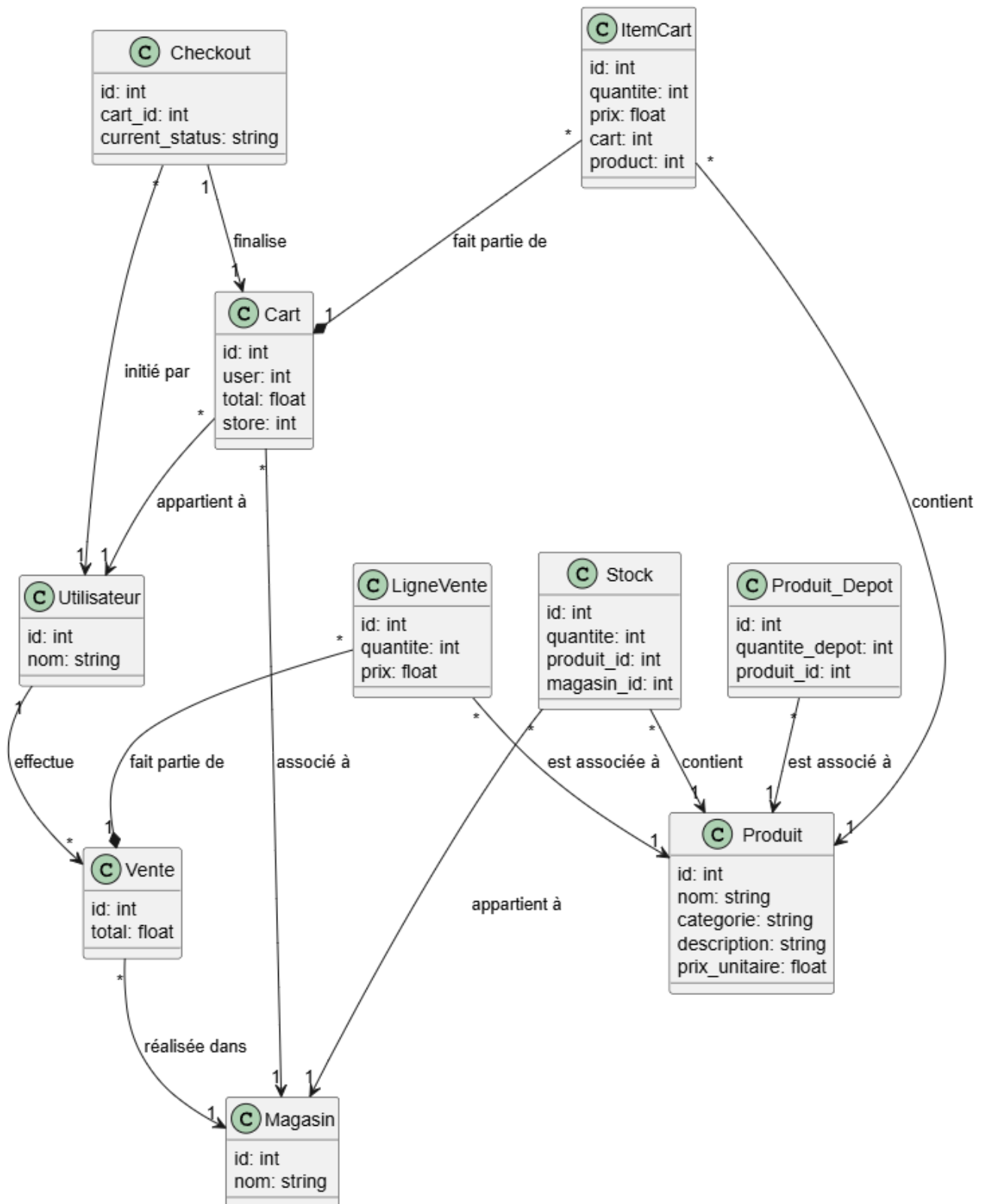
Level 3 zooms into selected building blocks of level 2, and so on.

N/A

Runtime View

Diagramme de classe

Diagramme de classes - Système de magasin

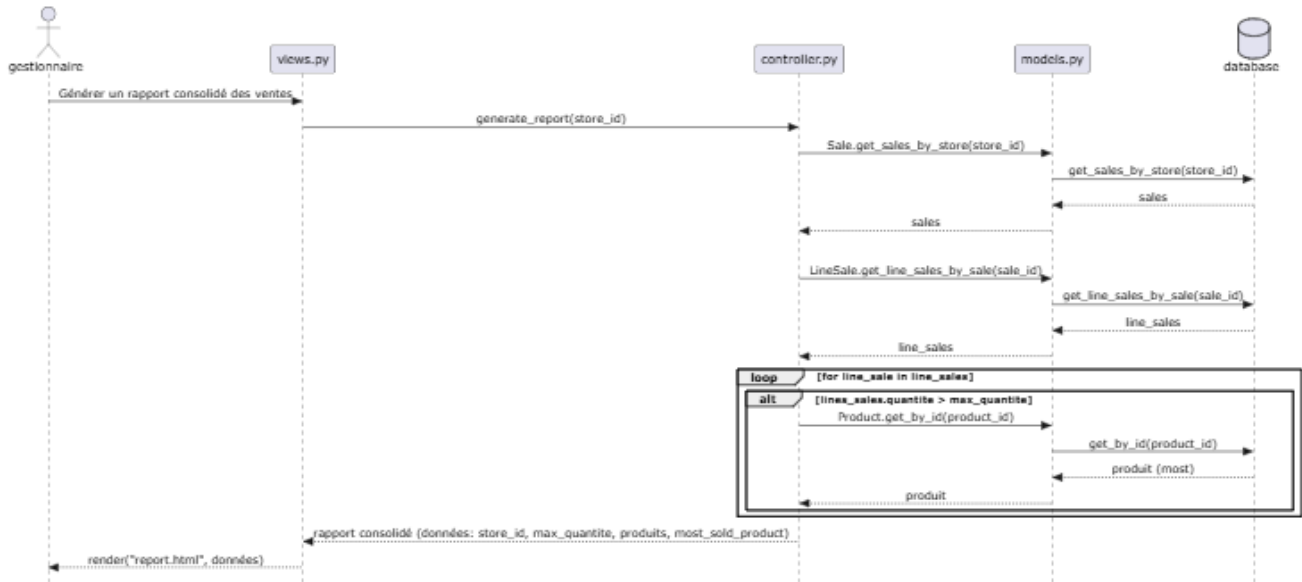


Diagrammes de sequences

Voici quelques diagrammes de séquences importantes:

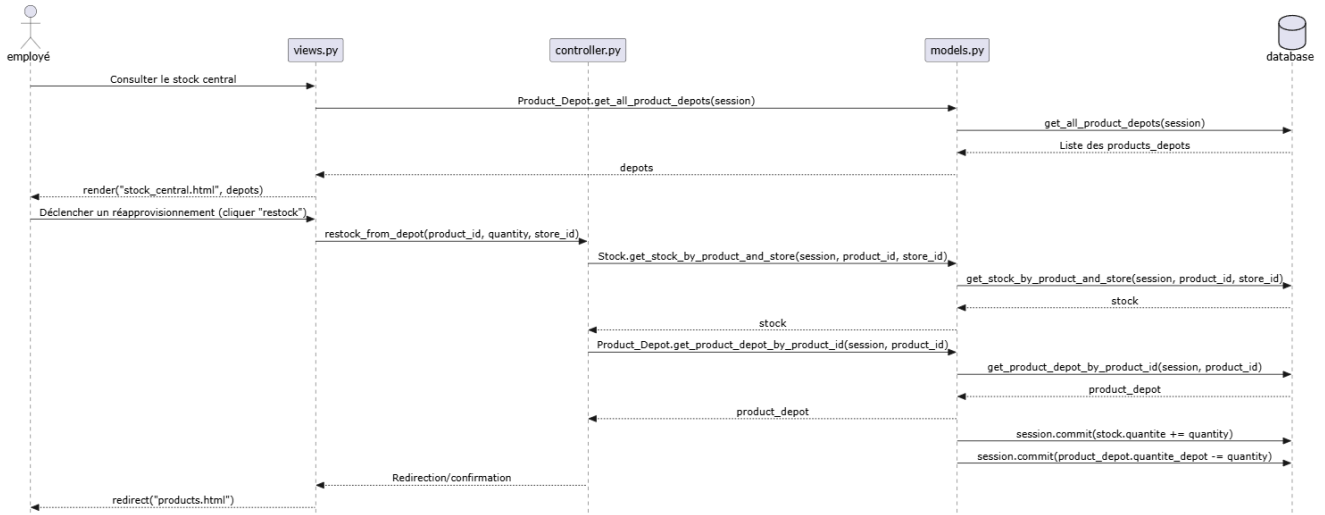
<Runtime Scénario 1 - UC1 >

Diagramme de séquence - UC1: Générer un rapport consolidé des ventes



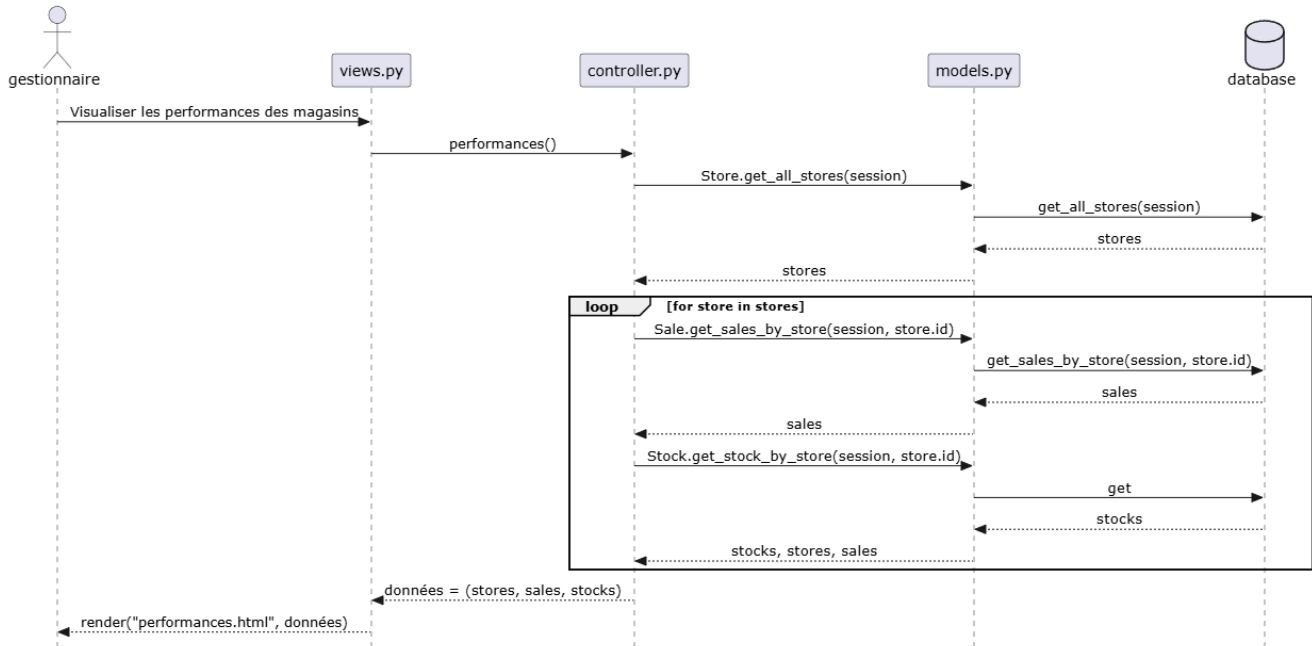
<Runtime Scénario 2 - UC2>

Diagramme de séquence - UC2: Consulter le stock central et déclencher un réapprovisionnement



<Runtime Scénario 3 - UC3>

Diagramme de séquence - UC3: Visualiser les performances des magasins dans un tableau de bord

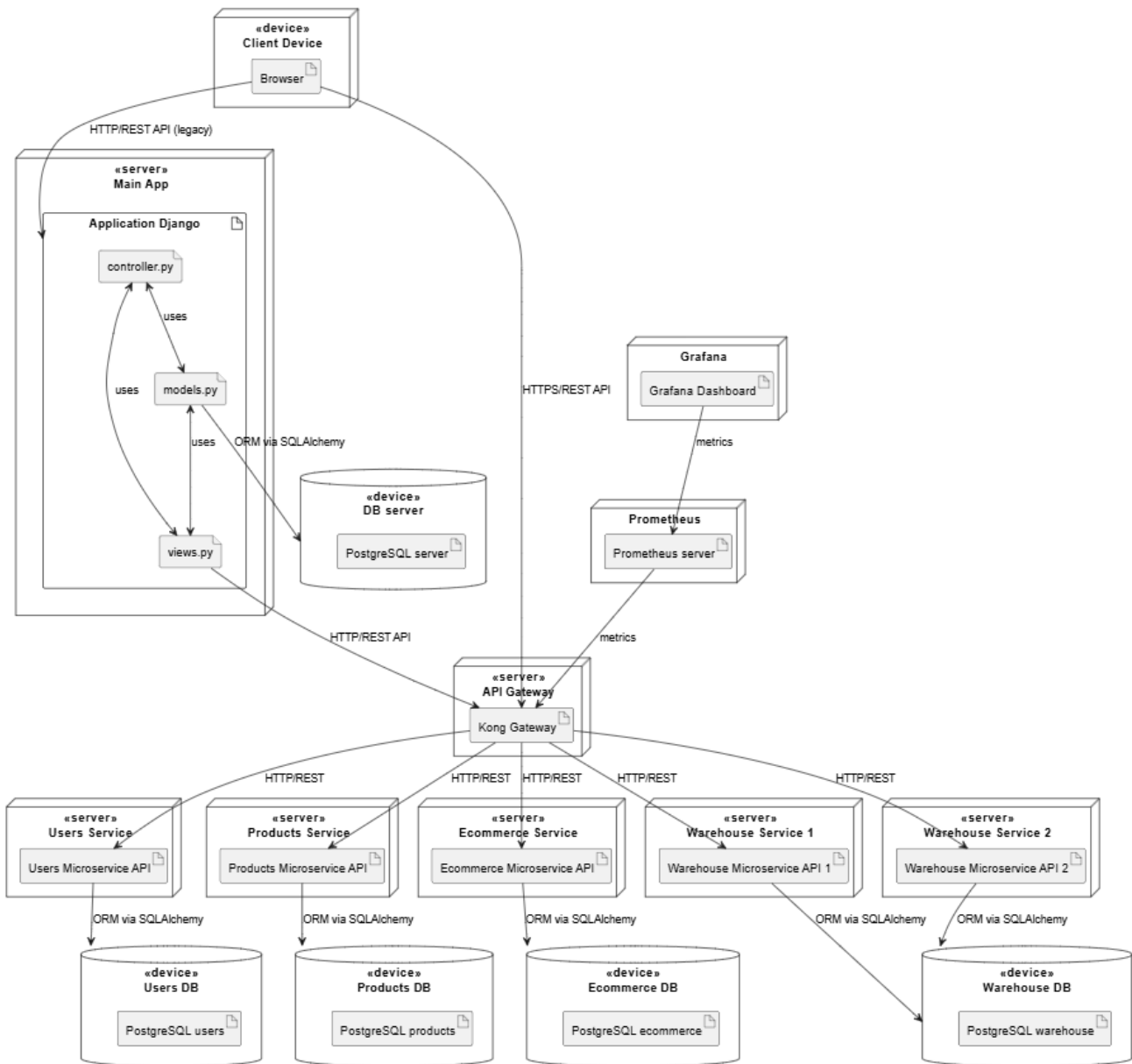


Deployment View

Ce diagramme représente l'architecture de déploiement hybride du système, montrant la relation entre l'application Django et les nouvelles microservices.

L'infrastructure comprend :

- API Gateway Kong comme point d'entrée unique pour les microservices
- Quatre microservices indépendants (Users, Products, Ecommerce, Warehouse) avec leurs bases de données dédiées
- Ancienne Application Django qui effectue des requêtes vers les nouvelles services.
- Stack de monitoring avec Prometheus et Grafana pour l'observabilité
- Scalabilité horizontale illustrée par les instances multiples du service Warehouse



Cross-cutting Concepts

UI/UX

L'interface utilisateur suit un principe de simplicité et de clarté pour faciliter l'utilisation par les employés de magasin et les gestionnaires.

Principes de design :

- Navigation intuitive : Chaque cas d'utilisation (recherche produit, achat, gestion stock) est accessible via des sections distinctes
- Consistance visuelle : Même palette de couleurs et composants UI à travers toute l'application

DDD (Domain Driven Design)

L'architecture microservices reflète une approche Domain Driven Design avec une séparation claire des domaines métiers.

Voici la séparation des domaines métiers:

- Users Domain : Gestion des création des utilisateurs et authentification
- Products Domain : Catalogue produits et informations associées
- Ecommerce Domain : Panier d'achat avec items et processus de vente avec checkout
- Warehouse Domain : Gestion des stocks, réapprovisionnement et logistique pour le stock central

Design Decisions

Voici une liste complètes des ADRs prises lors de la conception de ce système:

01 - Architectural decision record: Choix de l'architecture

Status

Accepté

Contexte

Pour rendre notre application plus scalable, il faut évoluer à partir de notre application de base. Cette évolution nous permet d'accepter plus de clients et de rendre notre application plus robuste et maintenable.

Des architectures possible sont les suivantes: 3-tier, n-tier, architecture hexagonale...

Notre application doit permettre une séparation claire des différentes couches (métier, base de données, interface utilisateur)

Décision

Architecture 3-tiers a été choisi comme architecture principale.

Justification

La raison pour laquelle une architecture 3-tiers a été choisi est parce que la séparation des responsabilités permet au système d'être plus flexible et maintenable. De plus, cette architecture permet une évolution vers n-tiers plus facile.

Conséquences

- Système plus modulaire et maintenable
- L'ajout de nouvelles fonctionnalités est facile

02 - Architectural decision record: Choix du cadriciel MVC

Status

Accepté

Contexte

Le système de magasin doit maintenant répondre aux besoins d'une entreprise qui possèdent cinq magasins, un centre de logistique et un maison mère. En conséquence, le système doit évoluer d'une architecture client-serveur vers une architecture 3-tiers. Pour y arriver, un cadriciel web doit être choisi pour implémenter une couche application puis présenter les cas d'utilisations. De nombreux cadriciels se présentent comme solution: FastAPI, Flask, Django

Décision

Django a été choisi comme cadriciel web pour faire évoluer l'application vers une architecture 3-tiers.

Justification

L'architecture 2-tiers présente de nombreux limites. Il existe un couplage énorme entre la base de données et puis le client. Pour effectuer un découplage, on peut se tourner vers une architecture 3-tiers. Django est un cadriciel MVT qui permet de faciliter l'architecture 3-tiers, en découplant la couche présentation avec les templates, la couche business logic avec leur views et la couche métier avec les models. De plus, Django offre son propre cadriciel pour créer des APIs, ce qui serait idéal si l'on veut évoluer notre application vers cette direction ex. GraphQL ou API REST.

Conséquences

- Restreint à l'écosystème Django.
- Très lourd pour des petits projets
- Facilité vers un grand projet.

03 - Architectural decision record: Transition vers une architecture microservices

Status

Accepté

Contexte

L'architecture monolithique actuelle présente des limitations de performance sous charge élevée et des difficultés de maintenance avec l'augmentation de la complexité du système. La croissance en

fonctionnalités deviendrait alors un problème.

Des architectures comme microservices, architecture orientée services, ou même une architecture orientée événements.

Décision

Accepté pour microservices. Migrer vers une architecture microservices avec séparation des domaines métiers : Users, Products, Ecommerce, et Warehouse.

Justification

- Amélioration des performances sous charge (démontrée par les tests Locust)
- Scalabilité horizontale par service
- Séparation des responsabilités selon les domaines métiers
- Facilite le développement parallèle par équipes

Conséquences

Positives :

- Meilleure performance et résilience
- Évolutivité indépendante des services
- Isolation des pannes

Négatives :

- Complexité opérationnelle accrue (configuration de api gateway)
- Besoin d'outils de monitoring distribué

04 - Architectural decision record: Choix du cadre API pour les services indépendants

Status

Accepté

Contexte

Chaque microservice nécessite un framework web léger et performant pour exposer ses APIs REST. Le choix du framework impacte les performances, la maintenabilité et la facilité de développement.

Des options se présentent, comme Django REST Framework, Flask, ou même FastAPI.

Décision

Utiliser FastAPI comme framework web pour tous les microservices (Users, Products, Ecommerce, Warehouse).

Justification

- Performance élevée
- Documentation automatique des APIs (Swagger/OpenAPI)
- Syntaxe moderne et intuitive
- Développement rapide
- Compatible avec l'écosystème Python existant

Conséquences

Positives :

- APIs documentées automatiquement (Documentation OpenAPI déjà existante via url/docs)
- Développement rapide avec validation intégrée
- Excellentes performances
- Facilite les tests d'intégration

Négatives :

- Dépendance à un framework relativement récent
- Courbe d'apprentissage pour l'équipe (si non familière avec FastAPI)

05 - Architectural decision record: Implémentation du pattern Saga pour la gestion des transactions distribuées

Status

Accepté

Contexte

Avec la transition vers une architecture microservices, la gestion des transactions distribuées devient complexe. Les opérations métiers comme la création d'une commande impliquent plusieurs services (Users, Products, Ecommerce, Warehouse) et doivent maintenir la cohérence des données même en cas d'échec partiel.

Les options considérées incluent :

- Transactions distribuées avec 2-Phase Commit (2PC)
- Pattern Saga avec orchestration
- Pattern Saga avec chorégraphie
- Eventual consistency sans garanties transactionnelles

Décision

Implémenter le pattern Saga avec orchestration centralisée via un service saga-orchestrator dédié.

Justification

- **Cohérence des données** : Garantit que les opérations complexes s'exécutent complètement ou sont compensées
- **Résilience** : En cas d'échec d'un service, les actions déjà effectuées peuvent être annulées (compensation)
- **Visibilité** : L'orchestrateur centralise la logique métier et facilite le monitoring des transactions
- **Flexibilité** : Permet d'ajouter facilement de nouveaux services dans le workflow
- **Évite la complexité du 2PC** : Plus adapté aux microservices que les transactions distribuées traditionnelles

Conséquences

Positives :

- Garantie de cohérence éventuelle des données
- Meilleure traçabilité des transactions distribuées
- Possibilité de retry automatique en cas d'échec temporaire
- Isolation des échecs par service

Négatives :

- Complexité accrue de l'architecture
- Nécessité d'implémenter des actions de compensation pour chaque service
- Point de défaillance unique (le saga orchestrator)
- Latence supplémentaire due aux appels inter-services séquentiels

06 - Architectural decision record: Choix de la machine à états pour la gestion du workflow Saga

Status

Accepté

Contexte

L'implémentation du pattern Saga nécessite une gestion rigoureuse des états et des transitions. Le workflow d'une commande passe par plusieurs étapes (validation stock, réservation, paiement) et doit pouvoir gérer les échecs et compensations à chaque étape.

Les approches possibles incluent :

- Machine à états simple avec if/else
- Framework de workflow externe (Temporal, Zeebe)
- Machine à états custom avec persistance en base
- Event sourcing avec projection d'états

Décision

Implémenter une machine à états custom avec persistance des états en base de données PostgreSQL.

Justification

- **Simplicité** : Contrôle total sur la logique métier sans dépendance externe
- **Persistance** : Les états sont sauvegardés, permettant la reprise après redémarrage
- **Traçabilité** : Historique complet des transitions d'états pour audit
- **Performance** : Pas de latence réseau vers des services externes
- **Intégration** : S'intègre naturellement avec l'écosystème Python/PostgreSQL existant

Conséquences

Positives :

- Contrôle total sur la logique de workflow
- Debugging facilité grâce à la persistance des états
- Performance optimale (pas de dépendance réseau)
- Coût réduit (pas de licence de workflow engine)

Négatives :

- Maintenance du code de machine à états à notre charge
- Pas de fonctionnalités avancées des workflow engines (retry policies complexes, scheduling)
- Risque de bugs dans l'implémentation custom
- Effort de développement plus important qu'avec une solution existante

07 - Architectural decision record: Choix du message broker pour l'architecture Event-Driven

Status

Accepté

Contexte

L'implémentation de l'architecture event-driven nécessite un message broker pour la communication asynchrone entre microservices. Le système doit supporter la publication d'événements, la souscription par patterns, le routage intelligent, et la persistance des messages pour la fiabilité.

Les approches possibles incluent :

- RabbitMQ avec exchanges et routing flexible
- Apache Kafka pour high-throughput et event streaming
- Redis Streams pour simplicité et performance
- Amazon SQS/SNS pour solution managed cloud

Décision

Justification

- **Simplicité** : Setup rapide avec Docker et configuration minimale
- **Fiabilité** : Persistance des messages et acknowledgments garantis
- **Routing flexible** : Exchanges (topic, direct, fanout) pour patterns complexes
- **Observabilité** : Management UI complète pour monitoring temps réel
- **Intégration Python** : Librairie pika robuste et bien documentée

Conséquences

Positives :

- Configuration et déploiement rapides pour environnement de lab
- Interface de monitoring intuitive pour debugging et observabilité
- Support complet des patterns Pub/Sub et routing par événements
- Persistance garantie et gestion des échecs intégrée
- Écosystème Python mature avec documentation extensive

Négatives :

- Performance moindre que Kafka pour très gros volumes de messages
- Single point of failure sans configuration en cluster
- Consommation mémoire importante avec accumulation de messages
- Scaling limité comparé aux solutions cloud natives

Documentation : Très bien documenté

Communauté : Large adoption, support actif

Performance : Suffisante pour le volume du lab

Pédagogie : Concepts clairs, interface intuitive

Négatives

Scaling limité : Moins performant que Kafka pour très gros volumes

Single point of failure : Nécessite clustering pour HA

Mémoire : Peut consommer beaucoup de RAM avec de gros volumes

08 - Architectural decision record: Choix de la base de données pour l'Event Store

Status

Accepté

Contexte

L'implémentation de l'Event Store nécessite une base de données optimisée pour la persistance des événements. L'Event Store doit gérer un volume important d'écritures (append-only), supporter des requêtes complexes par agrégat, et permettre la reconstruction d'états à partir d'événements.

Les approches possibles incluent :

- PostgreSQL avec colonnes JSONB pour les événements
- MongoDB avec stockage de documents JSON natifs
- EventStore Database spécialisée
- Apache Cassandra pour l'append-only performance

Décision

Utiliser MongoDB comme base de données pour l'Event Store du Lab 7.

Justification

- **JSON natif** : Stockage optimal des événements sans conversion ni mapping ORM
- **Schema flexible** : Nouveaux types d'événements sans migration de schéma
- **Performance** : Index spécialisés optimisés pour les patterns Event Sourcing
- **Simplicité d'intégration** : Driver Python Motor pour opérations asynchrones
- **Aggregation Pipeline** : Requêtes analytiques puissantes intégrées

Conséquences

Positives :

- Stockage et requêtes JSON natives sans sérialisation
- Évolution du schéma d'événements sans downtime
- Performance optimale pour reconstruction d'agrégats
- Pipeline d'aggregation pour analytics temps réel
- Scaling horizontal disponible si nécessaire

Négatives :

- Moins de garanties ACID strictes que PostgreSQL
- Courbe d'apprentissage pour les développeurs habitués au SQL
- Consommation mémoire plus importante pour les index
- Stratégie de backup différente des bases relationnelles

Quality Requirements

N/A

Quality Scenarios

N/A

Risks and Technical Debts

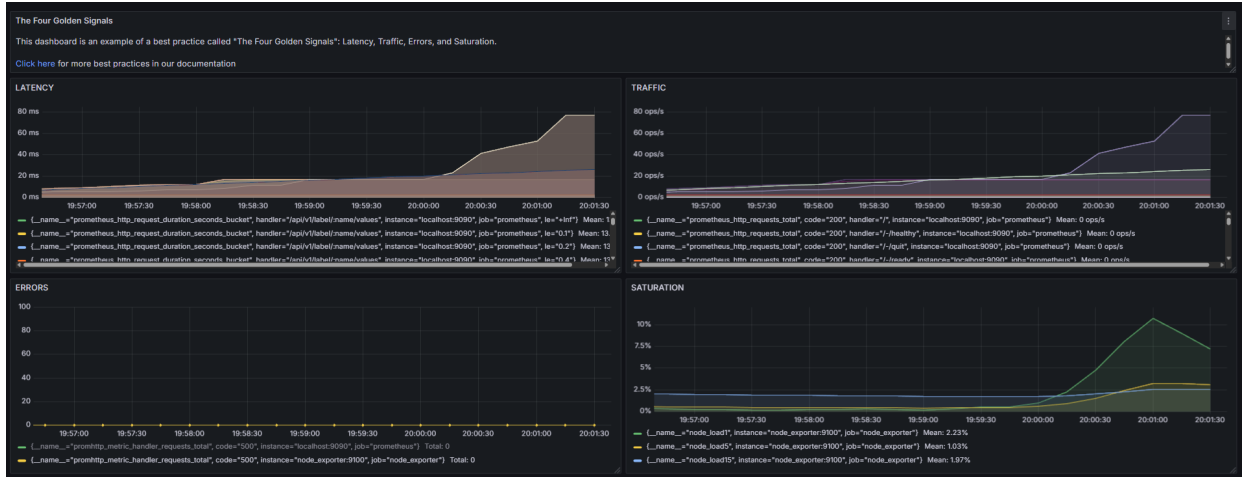
Risques	Description
Pas d'authentification	Le système ne requies pas d'authentification pour y accéder
Sécurité négligeable	Le système ne contient pas de mesures sécuritaire pour contrer les attaques
Pas de tests API	Absence de tests automatisés pour valider le fonctionnement des APIs des microservices, ce qui augmente le risque de régression lors des déploiements et complique la maintenance.
Pipeline CI/CD incomplet	Manque d'automatisation pour l'intégration continue et le déploiement continu
Pas d'authentification/d'autorisation sur les APIs	Les APIs des microservices ne requièrent pas de tokens d'authentification, créant une vulnérabilité de sécurité majeure où n'importe qui peut accéder aux services.
Pas de logging centralisé	Du logging locale sont dispersés entre les différents microservices sans centralisation (ex: Loki), rendant le debugging et la surveillance du système très difficiles.
Pas de saga choréographée	Bien qu'une saga orchestrée est implementée, la saga choréographée ne l'est pas car il effectuerait la même chose que le saga implementée. Ainsi, il est à envisager pour plus tard.
Pas de monitoring sur architecture événementielle	À considérer grandement dans un futur proche afin de mieux évaluer son impact.

Comparison between old architecture and new architecture (lab5)

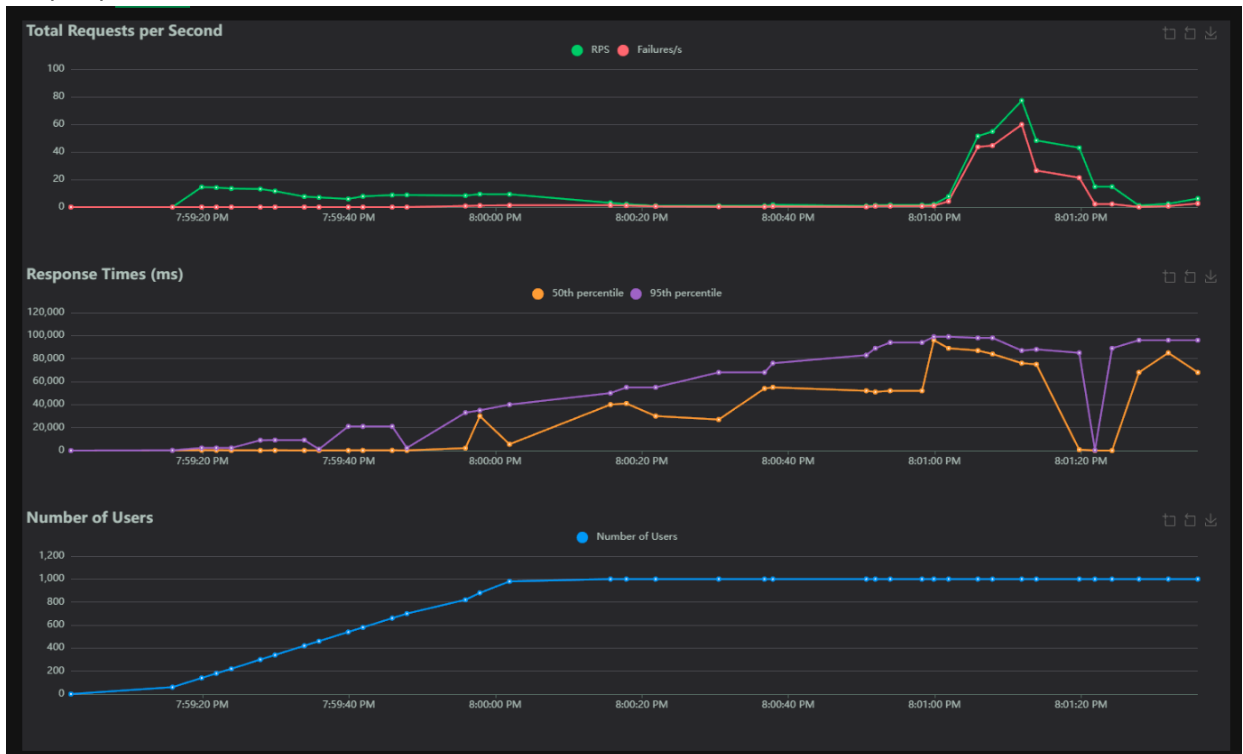
Pour savoir en quoi l'evolution d'architecture a eu un impact sur le système, un test de charge a été effectué à l'aide du cadriciel Locust et le fichier `locust.py`. Il a été effectuer à deux reprises: lors du laboratoire 4 pour son architecutre monolithique, et lors du laboratoire 5 pour son architecture microservices. Pour y arriver, `locust.py` crée une interface dans laquelle tu peux paramétrer le test de charge. Dans ce cas, 1000 users ont été créés avec un spawn-rate de 20, et ce, qui effectue tous des requêtes vers les API de produits et de stocks après près de 5 minutes. Voici les résultats:

Architecture monolithique

- Dashboard Grafana:



- Graphiques Locust:



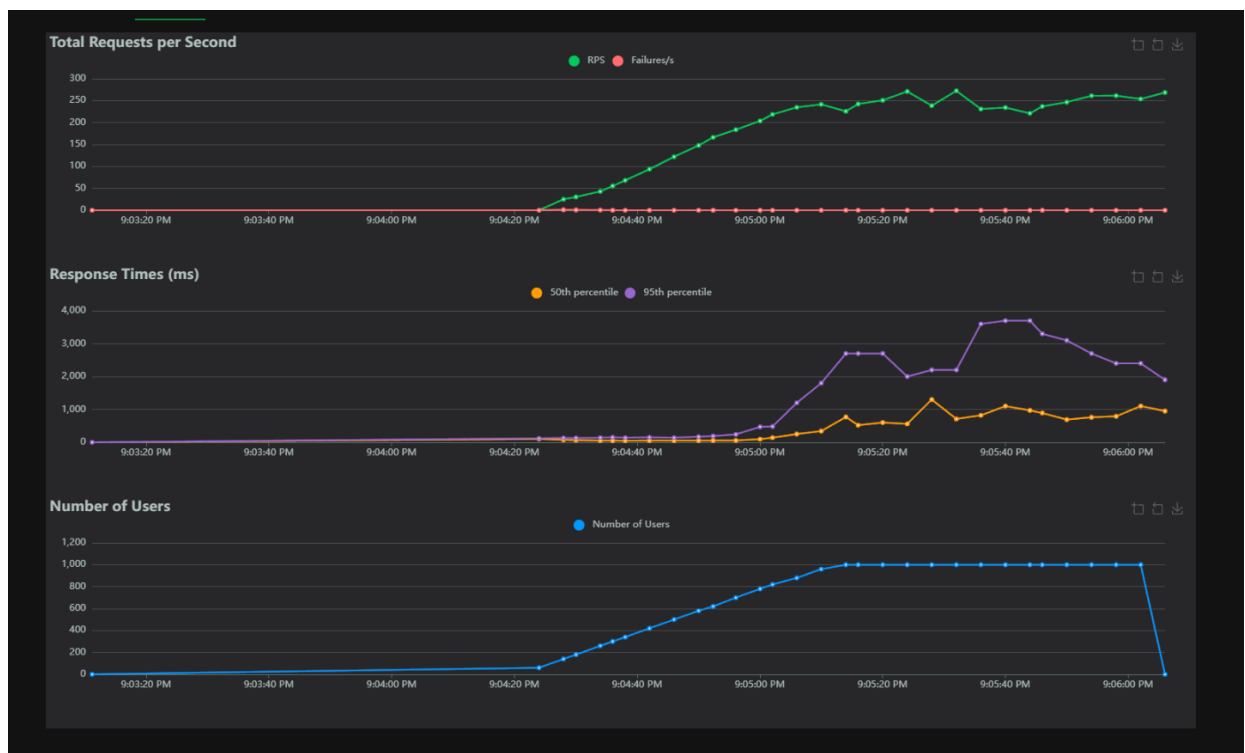
- Statistiques Locust:

Type	Name	# Requests	# Fails	Median (ms)	95%ile (ms)	99%ile (ms)	Average (ms)	Min (ms)	Max (ms)	Average size (bytes)	Current RPS	Current Failures/s
GET	/	594	6	220	49000	69000	5154.28	3	72465	1292.81	0.6	0
GET	/api/v1/products	314	238	82000	98000	100000	72253.75	2112	101173	117181.17	1	0.4
GET	/api/v1/products/1	77	62	85000	99000	101000	73129.29	2253	100701	123962.53	0.2	0.1
GET	/api/v1/products/2	70	58	83000	97000	98000	74608.27	2232	97758	131804.26	0	0
GET	/api/v1/products/3	69	57	83000	98000	99000	73928.89	2245	99443	126797.55	0	0
GET	/api/v1/products/4	57	46	84000	99000	102000	73897.65	2244	101536	128377.28	0.2	0.1
GET	/api/v1/products/5	50	40	81000	96000	100000	74656.42	2062	99623	127261.8	0	0
GET	/api/v1/stocks/store/1	57	39	83000	96000	98000	71036.52	173	97713	109166.74	1	0.2
GET	/api/v1/stocks/store/2	77	54	80000	96000	97000	66902.1	77	96763	111888.18	1.1	0.8
GET	/api/v1/stocks/store/3	61	41	78000	91000	93000	66121.23	250	93236	107245.05	0.6	0.2
GET	/api/v1/stocks/store/4	66	53	82000	97000	99000	70166.38	189	98685	128086.48	0.9	0.7
GET	/api/v1/stocks/store/5	66	46	79000	94000	98000	64059.81	176	98454	108784.24	0.6	0.1
	Aggregated	1558	740	50000	96000	99000	46047.37	3	101536	74311.4	6.2	2.6

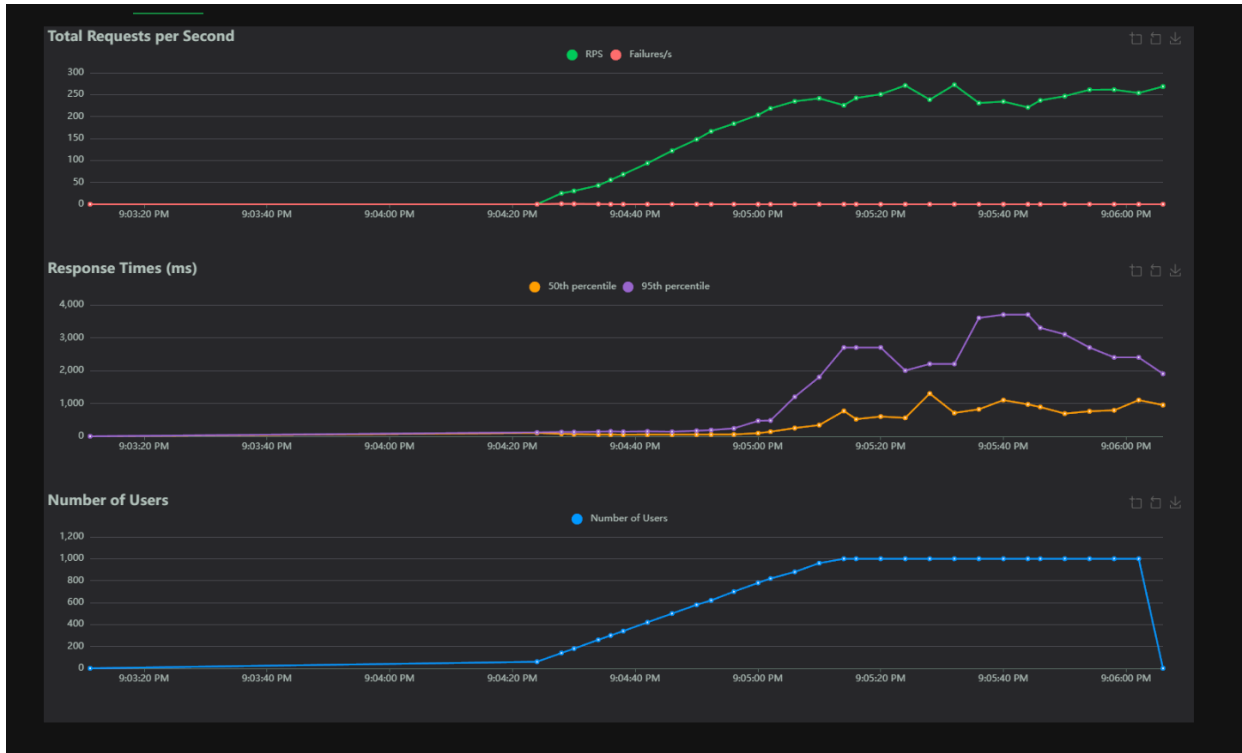
On peut voir que les requêtes vers l'API centrale de notre système monolithique est très limitée. D'abord, on peut voir une augmentation majeure sur la latence des réponses. En effet, on voit que le CPU devient surchargé également avec le `node_load1`. De plus, nous voyons clairement le nombre de failures, car l'API n'arrive pas à répondre à toutes les requêtes, ce qui indique que l'application éprouve d'une difficulté lorsque la charge est élevée.

Architecture microservices

- Dashboard Grafana:



- Graphiques Locust:



- Statistiques Locust:

STATISTICS CHARTS FAILURES EXCEPTIONS CURRENT RATIO DOWNLOAD DATA LOGS LOCUST CLOUD													
Type	Name	# Requests	# Fails	Median (ms)	95thile (ms)	99thile (ms)	Average (ms)	Min (ms)	Max (ms)	Average size (bytes)	Current RPS	Current Failures/s	
GET	/products/api/v1/products	5199	1	1300	3200	3700	1288.17	4	3971	523.9	67.9	0	
GET	/products/api/v1/products/1	1061	0	1300	2900	3700	1257.58	5	3896	129	13.8	0	
GET	/products/api/v1/products/2	1040	0	1300	3200	3800	1304.61	5	3887	102	12.9	0	
GET	/products/api/v1/products/3	1073	0	1300	3000	3700	1295.01	4	3873	93	14.5	0	
GET	/products/api/v1/products/4	1083	0	1300	2900	3700	1260.8	6	3943	97	15.1	0	
GET	/products/api/v1/products/5	1126	1	1300	3000	3800	1287.14	5	3957	96.93	15.5	0	
GET	/users/api/v1/customers	5366	2	65	270	510	90.49	5	705	1270.53	65.4	0	
GET	/warehouse/api/v1/stocks/store/1	1040	0	130	1300	2600	346.19	6	3232	224	11.5	0	
GET	/warehouse/api/v1/stocks/store/2	1069	0	130	1300	2900	355.8	6	3133	226	12	0	
GET	/warehouse/api/v1/stocks/store/3	1077	0	150	1300	2700	359.52	7	3287	229	13.3	0	
GET	/warehouse/api/v1/stocks/store/4	1160	0	140	1300	2800	350.02	6	3211	228	13.4	0	
GET	/warehouse/api/v1/stocks/store/5	1066	0	130	1200	2900	345.42	6	3251	230	13.3	0	
Aggregated		21360	4	240	2500	3500	748.13	4	3971	530.4	268.6	0	

On peut voir que les résultats du test de charge sur l'architecture microservices révèlent une amélioration substantielle des performances par rapport à l'architecture monolithique précédente. Le graphes sur le dashboard Grafana montrent que les métriques restent relativement stables (latence et saturation), ce qui démontre une stabilité lors d'une charge élevée. Le graphique dans Locust permet aussi de voir que le taux de réussite a drastiquement augmenté, car la distribution des requêtes vers les bons services permettent une meilleure traitement de requêtes.

On peut alors conclure que cette transition est une amélioration.

Saga orchestrée (lab6)

Avec l'évolution vers une architecture microservices, la gestion des transactions distribuées devient un défi majeur. Le pattern Saga orchestrée a été implémenté pour garantir la cohérence des données lors d'opérations complexes impliquant plusieurs services.

Dans notre système e-commerce, une commande client nécessite la coordination de quatre microservices distincts : la vérification de stock, la validation du stock, le traitement du paiement et la confirmation de la commande. Chaque étape peut échouer, nécessitant une stratégie de compensation pour maintenir l'intégrité des données.

L'orchestrateur saga centralise cette logique complexe en gérant une machine à états qui guide le workflow à travers les différentes phases. En cas d'échec à n'importe quelle étape, des actions de compensation sont automatiquement déclenchées pour annuler les opérations déjà effectuées, garantissant ainsi un retour à un état cohérent du système.

Cette approche offre une traçabilité complète des transactions, facilite le debugging et permet une meilleure observabilité du système grâce à l'intégration avec Prometheus et Grafana.

Code du Saga implémentée

```
def _execute_saga_steps(self, saga_id: int, order_data: Dict[str, Any]) ->
bool:
    """Execute all saga steps in sequence"""

    try:
        # Step 1: Verify stock availability
        if not self._verify_stock(saga_id, order_data):
            return False

        # Step 2: Reserve stock
        if not self._reserve_stock(saga_id, order_data):
            return False

        # Step 3: Process payment
        if not self._initiate_checkout(saga_id, order_data):
            return False

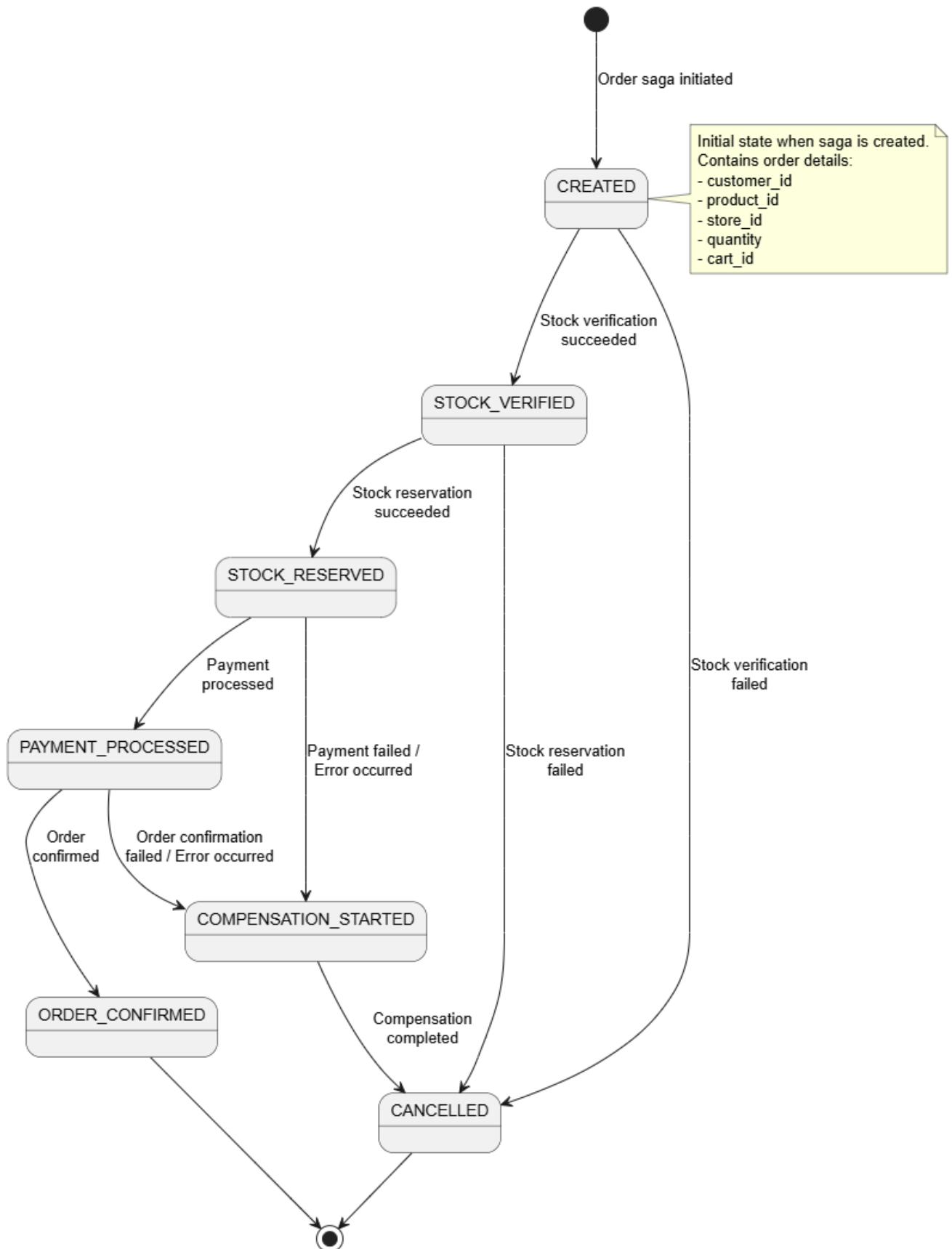
        # Step 4: Confirm order
        if not self._confirm_order(saga_id, order_data):
            return False

        return True

    except Exception as e:
        logger.error(f"Error executing saga steps: {str(e)}")
        self._start_compensation(saga_id, str(e))
        return False
```

Diagramme de la machine d'état

Diagramme de la machine d'état du saga



Mécanismes de compensation

Afin de corriger les erreurs dans chacune des étapes, il faut implémenter des mécanismes de failover.

Voici le code pour l'exécution des compensation pour chaque étape

```
def _execute_compensation_action(self, saga_id: int, action: str):
    """Execute a specific compensation action"""
    logger.info(f"Executing compensation action '{action}' for saga {saga_id}")

    try:
        if action.startswith("remove_item_from_cart:"):
            # Parse: remove_item_from_cart:cart_id:product_id
            parts = action.split(":")
            if len(parts) == 3:
                cart_id, product_id = parts[1], parts[2]

                # Call ecommerce service to clear items from cart
                response = requests.delete(
                    f"
{self.services['ecommerce']}/api/v1/cart/{cart_id}/clear",
                    timeout=self.timeout
                )

                if response.status_code == 200:
                    logger.info(f"Successfully cleared items in cart {cart_id}")
                else:
                    logger.error(f"Failed to clear cart {cart_id}: {response.status_code}")
            elif action.startswith("restore_stock:"):
                # Parse: restore_stock:product_id:store_id:quantity
                parts = action.split(":")
                if len(parts) == 4:
                    product_id, store_id, quantity = parts[1], parts[2],
                    parts[3]

                    # Note: You would need to implement a restore stock endpoint

                    # For now, we'll log it as we don't have this endpoint yet
                    logger.info(f"Would restore stock: product={product_id}, store={store_id}, quantity={quantity}")
            elif action.startswith("cancel_checkout:"):
                # Parse: cancel_checkout:checkout_id
                checkout_id = action.split(":")[1]

                response = requests.put(
                    f"
{self.services['ecommerce']}/api/v1/checkout/{checkout_id}/cancel",
                    timeout=self.timeout
                )
```

```

        if response.status_code == 200:
            logger.info(f"Successfully cancelled checkout
{checkout_id}")
        else:
            logger.error(f"Failed to cancel checkout {checkout_id}:
{response.status_code}")

    except Exception as e:
        logger.error(f"Error executing compensation action '{action}':
{str(e)}")

```

Voici une simulation d'échec contrôlée pour le traitement de payment (dans le cas où le cart n'existe pas):

```

2025-08-01 20:15:37,974 - saga_service - INFO - State metrics initialized
2025-08-01 20:15:37,983 - state_machine - INFO - Created saga 8 for order 337974
2025-08-01 20:15:37,983 - saga_service - INFO - Starting saga 8 for order 337974
2025-08-01 20:15:37,987 - state_machine - INFO - Started step 'verify_stock' for saga 8
2025-08-01 20:15:38,014 - state_machine - INFO - Completed step 'verify_stock' for saga 8
2025-08-01 20:15:38,021 - state_machine - ERROR - Error updating state metrics: cannot access local variable 'count' where it is not associated with a value
2025-08-01 20:15:38,021 - state_machine - INFO - Saga 8 transitioned from created to stock_verified
2025-08-01 20:15:38,026 - state_machine - INFO - Started step 'reserve_stock' for saga 8
2025-08-01 20:15:40,049 - state_machine - INFO - Completed step 'reserve_stock' for saga 8
2025-08-01 20:15:40,054 - state_machine - ERROR - Error updating state metrics: cannot access local variable 'count' where it is not associated with a value
2025-08-01 20:15:40,055 - state_machine - INFO - Saga 8 transitioned from stock_verified to stock_reserved
2025-08-01 20:15:40,060 - state_machine - INFO - Added compensation action 'remove_item_from_cart:10000:1' to saga 8
2025-08-01 20:15:40,065 - state_machine - INFO - Started step 'process_payment' for saga 8
2025-08-01 20:15:40,086 - state_machine - ERROR - Failed step 'process_payment' for saga 8: Checkout initiation failed: 500 - Internal Server Error
2025-08-01 20:15:40,087 - saga_service - INFO - Starting compensation for saga 8: Checkout initiation failed: 500 - Internal Server Error
2025-08-01 20:15:40,094 - state_machine - ERROR - Error updating state metrics: cannot access local variable 'count' where it is not associated with a value
2025-08-01 20:15:40,095 - state_machine - INFO - Saga 8 transitioned from stock_reserved to compensation_started
2025-08-01 20:15:40,098 - saga_service - INFO - Executing compensation action 'remove_item_from_cart:10000:1' for saga 8
2025-08-01 20:15:40,155 - saga_service - INFO - Successfully cleared items in cart 10000
2025-08-01 20:15:40,163 - state_machine - ERROR - Error updating state metrics: cannot access local variable 'count' where it is not associated with a value
2025-08-01 20:15:40,163 - state_machine - INFO - Saga 8 transitioned from compensation_started to cancelled

```

Dashboards Grafana

Voici le dashboard Grafana lorsque le saga a réussi et les logs (avec une instance dans la base de données):



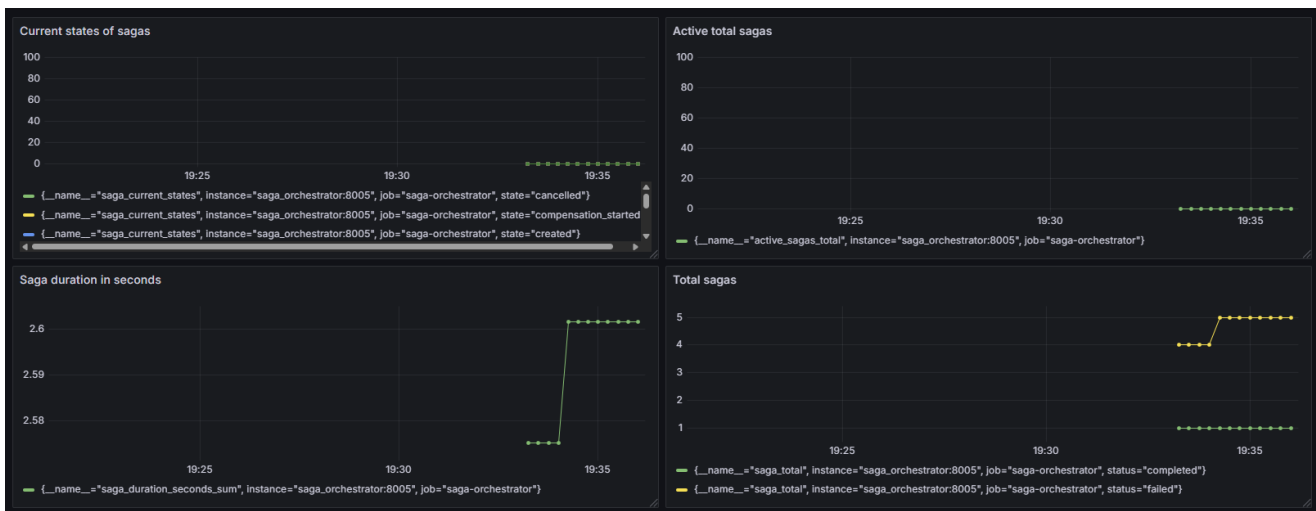
```

2025-07-31 22:53:20,188 - app - INFO - Starting saga for customer 1, product 1
2025-07-31 22:53:20,191 - saga_service - INFO - State metrics initialized
2025-07-31 22:53:20,195 - state_machine - INFO - Created saga 5 for order 400191
2025-07-31 22:53:20,195 - saga_service - INFO - Starting saga 5 for order 400191
2025-07-31 22:53:20,197 - state_machine - INFO - Started step 'verify_stock' for saga 5
ess local variable 'count' where it is not associated with a value
2025-07-31 22:53:22,502 - state_machine - INFO - Saga 5 transitioned from stock_verified to stock_reserved
2025-07-31 22:53:22,505 - state_machine - INFO - Added compensation action 'remove_item_from_cart:1:1' to saga 5
2025-07-31 22:53:22,507 - state_machine - INFO - Started step 'process_payment' for saga 5
2025-07-31 22:53:22,570 - state_machine - INFO - Completed step 'process_payment' for saga 5
2025-07-31 22:53:22,573 - state_machine - ERROR - Error updating state metrics: cannot access local variable 'count' where it is not asso
ciated with a value
2025-07-31 22:53:22,573 - state_machine - INFO - Saga 5 transitioned from stock_reserved to payment_processed
2025-07-31 22:53:22,576 - state_machine - INFO - Added compensation action 'cancel_checkout:1' to saga 5
2025-07-31 22:53:22,578 - state_machine - INFO - Started step 'confirm_order' for saga 5
2025-07-31 22:53:22,580 - state_machine - INFO - Completed step 'confirm_order' for saga 5
2025-07-31 22:53:22,582 - state_machine - ERROR - Error updating state metrics: cannot access local variable 'count' where it is not associated with a value
2025-07-31 22:53:22,582 - state_machine - INFO - Saga 5 transitioned from payment_processed to order_confirmed
2025-07-31 22:53:22,582 - saga_service - INFO - Order 400191 confirmed successfully via saga 5
{'saga_id': 5, 'order_id': 400191, 'status': 'completed', 'current_state': 'order_confirmed', 'message': 'Order processed successfully',
'created_at': '2025-07-31T22:53:22.584373'}INFO: 172.18.0.1:59378 - "POST /start-saga HTTP/1.1" 200 OK
INFO: 172.18.0.13:50676 - "GET /metrics HTTP/1.1" 200 OK

```

>	5	5	verify_stock	completed	2025-07-31 22:53:20.19492	2025-07-31 22:53:20.21201	(NULL)	['saga_id': 5, 'order_id': 400191, 'id': 1, 'product': 1, 'store': 1, 'quantity': 23]
>	6	5	reserve_stock	completed	2025-07-31 22:53:20.21928	2025-07-31 22:53:22.49806	(NULL)	['saga_id': 5, 'order_id': 400191, 'id': 1, 'quantity': 1, 'cart': 1, 'product': 1]
>	7	5	process_payment	completed	2025-07-31 22:53:22.50583	2025-07-31 22:53:22.56872	(NULL)	['saga_id': 5, 'order_id': 400191, 'id': 1, 'cart_id': 1]
>	8	5	confirm_order	completed	2025-07-31 22:53:22.57695	2025-07-31 22:53:22.57908	(NULL)	['saga_id': 5, 'order_id': 400191, 'id': 1, 'order_confirmed': true, 'saga_id': 5, 'order_id': 400191]

Voici le dashboard Grafana lorsque le saga a échoué et les logs (avec une instance dans la base de données):



```

2025-07-31 23:33:56,535 - app - INFO - Starting saga for customer 1, product 1
2025-07-31 23:33:56,537 - saga_service - INFO - State metrics initialized
2025-07-31 23:33:56,543 - state_machine - INFO - Created saga 6 for order 836537
2025-07-31 23:33:56,543 - saga_service - INFO - Starting saga 6 for order 836537
2025-07-31 23:33:56,545 - state_machine - INFO - Started step 'verify_stock' for saga 6
2025-07-31 23:33:56,560 - state_machine - ERROR - Failed step 'verify_stock' for saga 6: Insufficient stock: available=22, required=90
2025-07-31 23:33:56,563 - state_machine - ERROR - Error updating state metrics: cannot access local variable 'count' where it is not associated with a value
2025-07-31 23:33:56,564 - state_machine - INFO - Saga 6 transitioned from created to cancelled
2025-07-31 23:33:56,565 - app - ERROR - Error starting saga: 400: Saga failed: Unknown error
{'saga_id': 6, 'order_id': 836537, 'status': 'failed', 'current_state': 'cancelled', 'message': 'Insufficient stock: available=22, required=90', 'created_at': '2025-07-31T23:33:56.565871'}

```

>	9	6	verify_stock	failed	2025-07-31 23:33:56.5425	2025-07-31 23:33:56.55826	Insufficient stock: available=	['saga_id': 6, 'order_id': 836537, 'id': 1, 'product': 1, 'store': 1, 'quantity': 22]
---	---	---	--------------	--------	--------------------------	---------------------------	--------------------------------	---

Architecture Événementielle (lab7)

Avertissement: Il est à noter que le code ne fonctionne pas, mais l'implémentation et le principe sont là.

1. Scénario Métier Retenu

1.1 Contexte E-commerce

Le scénario métier est une plateforme ecommerce utilisant une architecture événementielle complète. Le scénario métier central est le **processus de commande client** avec gestion des stocks, paiements et notifications.

1.2 Workflow Principal : Commande Client

Client → Panier → Commande → Validation Stock → Paiement → Expédition → Notification

Étapes Détaillées :

1. Initiation de Commande

- Client finalise son panier
- Système génère une demande de commande
- Event **OrderInitiated** publié

2. Validation des Stocks

- Service Warehouse vérifie la disponibilité
- Réservation des articles si disponibles
- Events **StockReserved** ou **StockUnavailable**

3. Traitement du Paiement

- Service Payment traite la transaction
- Validation ou échec du paiement
- Events **PaymentProcessed** ou **PaymentFailed**

4. Finalisation et Notification

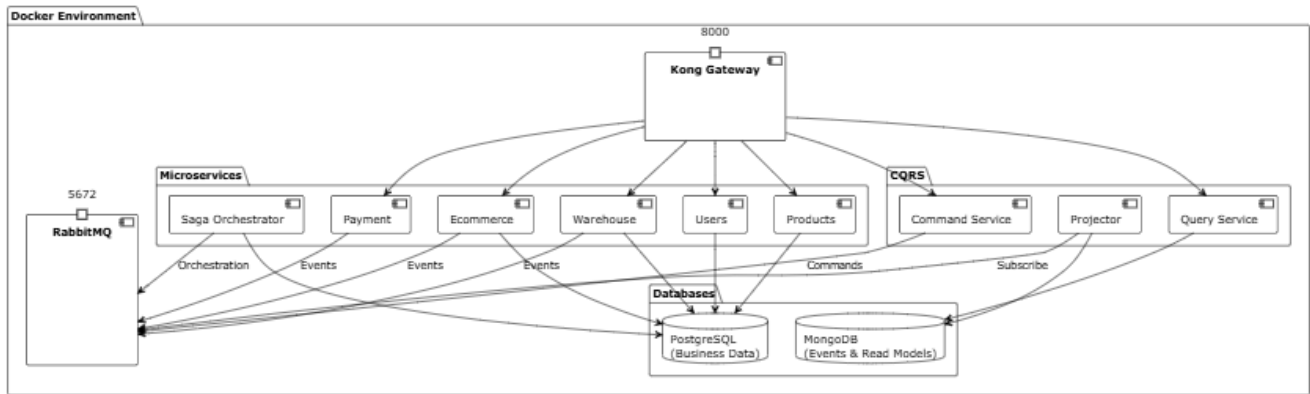
- Confirmation de commande
- Notification client par email/SMS
- Event **OrderConfirmed** et **NotificationSent**

2. Schéma de l'Architecture Événementielle

2.1 Vue d'Ensemble de l'Architecture

L'architecture événementielle du Lab 7 s'articule autour de plusieurs couches distinctes permettant une séparation claire des responsabilités et une évolutivité optimale.

Diagramme de Déploiement - Architecture Événementielle Lab 7



2.1.1 Couche API Gateway

- **Kong Gateway** : Point d'entrée unique pour toutes les requêtes clients
- **Load Balancing** : Distribution automatique des requêtes
- **Authentification et Rate Limiting** : Sécurisation des accès

2.1.2 Couche Microservices

- **Services Métier** : Users, Products, Ecommerce, Warehouse
- **Services Événementiels** : Saga Orchestrator, Event Store
- **Services CQRS** : Command/Query separation avec projections optimisées

2.1.3 Couche Messagerie

- **RabbitMQ** : Broker de messages pour communication asynchrone
- **Event Bus** : Pub/Sub pattern pour découplage des services

2.1.4 Couche Données

- **PostgreSQL** : Stockage relationnel pour les données transactionnelles
- **MongoDB** : Store optimisé pour les read models CQRS

2.1.5 Couche Monitoring

- Il est à noter qu'aucune monitoring est effectué pour cette architecture événementielle.

2.2 Patterns Architecturaux Implémentés

- **Event-Driven Architecture** : Communication asynchrone via événements
- **CQRS (Command Query Responsibility Segregation)** : Séparation lecture/écriture
- **Event Sourcing** : Persistance complète de l'historique des événements
- **Saga Pattern** : Gestion des transactions distribuées

3. Saga choréographée

Il est à noter qu'une saga choréographée n'a pas été implémentée car il effectue le même objectif du saga orchestrée, qui lui est déjà implémentée.

4. Extraits d'Événements et Exemples

4.1 Structure d'Événement Standard

```
{
  "event_id": "550e8400-e29b-41d4-a716-446655440000",
  "event_type": "OrderInitiated",
  "aggregate_type": "orders",
  "aggregate_id": "order_123",
  "timestamp": "2025-08-02T10:30:00.000Z",
  "version": 1,
  "correlation_id": "checkout_session_abc123",
  "service_name": "ecommerce",
  "data": {
    "order_id": 123,
    "customer_id": 456,
    "cart_id": 789,
    "total_amount": 199.99,
    "currency": "CAD",
    "items": [
      {
        "product_id": 101,
        "product_name": "Laptop Dell XPS",
        "quantity": 1,
        "unit_price": 199.99
      }
    ],
    "shipping_address": {
      "street": "123 Rue University",
      "city": "Montreal",
      "postal_code": "H3A 2A7"
    }
  },
  "metadata": {
    "source_ip": "192.168.1.100",
    "user_agent": "Mozilla/5.0...",
    "trace_id": "abc123def456"
  }
}
```

4.1.2 Pub/Sub souscription

```
INFO:shared.events.subscriber:EventSubscriber for event-store connected to RabbitMQ
INFO:shared.events.subscriber:Subscribed to order.* on exchange orders
INFO:shared.events.subscriber:Subscribed to inventory.* on exchange inventory
INFO:shared.events.subscriber:Subscribed to payment.* on exchange payments
INFO:shared.events.subscriber:Subscribed to notification.* on exchange notifications
INFO:shared.events.subscriber:Starting event consumer for event-store...
INFO:shared.events.subscriber:Event consumer for event-store started in background
```

```
INFO:events.subscriber:EventSubscriber for payment_service connected to RabbitMQ
INFO:events.subscriber:Subscribed to inventory.stock_reserved on exchange ecommerce.inventory
INFO:app:Payment event consumer subscribed to events
INFO:events.subscriber:Starting event consumer for payment_service...
```

4.2 Séquence d'Événements : Workflow Complet

4.2.1 Initiation de Commande

```
{
  "event_type": "OrderInitiated",
  "aggregate_id": "order_123",
  "correlation_id": "checkout_abc123",
  "data": {
    "customer_id": 456,
    "total_amount": 199.99,
    "items": [{"product_id": 101, "quantity": 1}]
  }
}
```

4.2.2 Validation des Stocks

```
{
  "event_type": "StockReserved",
  "aggregate_id": "inventory_101",
  "correlation_id": "checkout_abc123",
  "data": {
    "product_id": 101,
    "order_id": 123,
    "quantity_reserved": 1,
    "remaining_stock": 49
  }
}
```

4.2.3 Traitement du Paiement

```
{
  "event_type": "PaymentProcessed",
  "aggregate_id": "payment_xyz789",
  "correlation_id": "checkout_abc123",
  "data": {
    "payment_id": "pay_xyz789",
    "order_id": 123,
    "amount": 199.99,
    "currency": "CAD",
    "payment_method": "credit_card",
  }
}
```

```
    "transaction_id": "txn_456def",  
    "status": "approved"  
  }  
}
```

4.2.4 Confirmation et Notification

```
{  
  "event_type": "OrderConfirmed",  
  "aggregate_id": "order_123",  
  "correlation_id": "checkout_abc123",  
  "data": {  
    "order_id": 123,  
    "status": "confirmed",  
    "estimated_delivery": "2025-08-05T10:00:00.000Z"  
  }  
}
```

```
{  
  "event_type": "NotificationSent",  
  "aggregate_id": "notification_n123",  
  "correlation_id": "checkout_abc123",  
  "data": {  
    "notification_id": "notif_n123",  
    "recipient": "customer@example.com",  
    "type": "order_confirmation",  
    "channel": "email",  
    "status": "delivered"  
  }  
}
```

4.3 Gestion d'Échec : Compensation

4.3.1 Paiement Échoué

```
{  
  "event_type": "PaymentFailed",  
  "aggregate_id": "payment_xyz789",  
  "correlation_id": "checkout_abc123",  
  "data": {  
    "payment_id": "pay_xyz789",  
    "order_id": 123,  
    "reason": "insufficient_funds",  
    "error_code": "DECLINED_001"  
  }  
}
```



```
}  
}
```

4.3.2 Libération du Stock (Compensation)

```
{  
  "event_type": "StockReleased",  
  "aggregate_id": "inventory_101",  
  "correlation_id": "checkout_abc123",  
  "data": {  
    "product_id": 101,  
    "order_id": 123,  
    "quantity_released": 1,  
    "reason": "payment_failed"  
  }  
}
```

4.3.3 Annulation de Commande

```
{  
  "event_type": "OrderCancelled",  
  "aggregate_id": "order_123",  
  "correlation_id": "checkout_abc123",  
  "data": {  
    "order_id": 123,  
    "cancellation_reason": "payment_failed",  
    "cancelled_at": "2025-08-02T10:35:00.000Z"  
  }  
}
```

4.4 Événements CQRS : Projections

4.4.1 Mise à Jour Read Model

```
{  
  "event_type": "OrderReadModelUpdated",  
  "aggregate_id": "order_123",  
  "data": {  
    "order_id": 123,  
    "read_model": {  
      "user_email": "customer@example.com",  
      "user_name": "John Doe",  
      "status": "confirmed",  
      "total_amount": 199.99,  
      "timeline": [  

```

```

    {"event": "OrderInitiated", "timestamp": "2025-08-02T10:30:00Z"},
    {"event": "StockReserved", "timestamp": "2025-08-02T10:31:00Z"},
    {"event": "PaymentProcessed", "timestamp": "2025-08-02T10:32:00Z"},
    {"event": "OrderConfirmed", "timestamp": "2025-08-02T10:33:00Z"}
  ]
}
}
}

```

4.5 Commandes pour Tests

4.5.1 Créer une Commande (CQRS Command)

```

curl -X POST "http://localhost:8000/cqrs/commands/orders" \
  -H "Content-Type: application/json" \
  -d '{
    "user_id": 456,
    "product_id": 101,
    "quantity": 1
  }'

```

4.5.2 Interroger les Données (CQRS Query)

```

# Détails d'une commande
curl "http://localhost:8000/cqrs/queries/orders/order_123"

# Commandes d'un utilisateur
curl "http://localhost:8000/cqrs/queries/users/456/orders"

# Statistiques
curl "http://localhost:8000/cqrs/queries/statistics/orders"

```

4.5.3 Consulter l'Event Store

```

# Voir tous les événements
curl "http://localhost:8000/event-store/api/v1/events?limit=10"

# Événements par type
curl "http://localhost:8000/event-store/api/v1/events/type/OrderInitiated"

# Reconstituer l'état d'un agrégat
curl "http://localhost:8000/event-store/api/v1/replay/aggregate/orders/123"

```

5. Conclusion avec Recommandations

En conclusion, une architecture evenementielle a été implementée afin que les services puissent communiquer via des événements, rendant l'ensemble de système moins couplé.

Voici des recommandations pour améliorer le système dans un futur proche:

- Ajouter du monitoring sur les evenements afin de mieux comprendre leur impact
- Ajouter le saga choréographée, afin de voir la différence entre les deux sagas

Glossary

N/A

Lien vers les autres labs

- Lien vers lab0: <https://github.com/LojanArunasalam/LOG430-Lab0>
- Lien vers lab1: <https://github.com/LojanArunasalam/LOG430-Lab1>
- Lien vers lab2: <https://github.com/LojanArunasalam/LOG430-Lab2>
- Lien vers lab3: <https://github.com/LojanArunasalam/LOG430-Lab3>
- Lien vers lab4: <https://github.com/LojanArunasalam/LOG430-Lab4>
- Lien vers lab5: <https://github.com/LojanArunasalam/LOG430-Lab5>
- Lien vers lab6: <https://github.com/LojanArunasalam/LOG430-Lab6>
- Lien vers lab7: <https://github.com/LojanArunasalam/LOG430-Lab7>