

Dossier de conception détaillé

Filière : **Ingénierie Informatique et Technologies Emergentes (2ITE)**
3^{ème} année Cycle Ingénieur

Conception et développement d'une solution de traçabilité logistique basée sur la technologie Blockchain

Réalisé par :

LAYOUNE Ghita

YOUSFI Meryem

HANIM Hanae

Encadré par :

Mr. LACHGAR Mohamed

Table des matières

Liste des figures	3
I. Introduction.....	4
II. Spécifications du projet	4
1. Liste des spécifications techniques	4
2. Liste des spécifications fonctionnelles	5
3. Liste des spécifications opérationnelles	6
III. Architecture globale	7
1. Diagramme de cas d'utilisation	8
2. Diagramme de composants	8
3. Diagramme de déploiement	9
IV. Conception détaillée	10
1. Diagramme de classe.....	10
2. Diagramme de séquence.....	11
3. Diagramme d'activité	12
V. Technologies et outils.....	12
VI. Sécurité.....	13
VII. Gestion de projet	15
Documentation	16
VIII. Tests et validation	16
IX. Maintenance et support	17
X. Etude comparative.....	17
1. Traçabilité sans blockchain	17
2. Traçabilité avec Blockchain	20
3. Exigences pour la Blockchain de la Chaîne d'Approvisionnement :	20
XI. Conclusion.....	21
XII. BPMN (Business Process Model and Notation)	21
Annexes	23

Liste des figures

Figure III-1: Architecture globale.....	7
Figure III-2: Diagramme de cas d'utilisation.....	8
Figure III-3: Diagramme de composants	8
Figure III-4 Diagramme de Déploiement.....	9
Figure IV-1: Diagramme de classe	10
Figure IV-2: Diagramme de séquence	11
Figure IV-3: Diagramme d'activité.....	12
Figure VI-1: Diagramme de séquence de sécurité	14
Figure VIII-1: Diagramme de séquence de test	17
Figure XI-1: Diagramme de BPMN.....	22

I. Introduction

Le projet « La traçabilité logistique basée sur la technologie Blockchain » vise à transformer la gestion de la chaîne d'approvisionnement en utilisant la puissance de la technologie blockchain. L'initiative vise à créer une solution innovante qui suivra en temps réel le mouvement des produits, des matériaux et des marchandises tout au long de la chaîne d'approvisionnement. En adoptant la blockchain, le projet vise à offrir une transparence inégalée, une sécurité améliorée des données et une véritable traçabilité pour tous les acteurs de la chaîne d'approvisionnement.

Les principaux objectifs de ce projet sont les suivants :

1. **Amélioration de la Transparence et de la Sécurité :** En utilisant la technologie blockchain, nous cherchons à garantir la transparence totale des mouvements de produits tout au long de la chaîne logistique. Chaque étape sera enregistrée de manière immuable, réduisant ainsi les risques de fraude, de contrefaçon et d'erreurs.
2. **Optimisation de la Gestion des Stocks :** La solution permettra aux entreprises de gérer plus efficacement leurs stocks en offrant une visibilité en temps réel sur la localisation et la quantité des produits. Cela contribuera à éviter les surplus et les pénuries, tout en réduisant les coûts associés.
3. **Facilitation de la Conformité Réglementaire :** En enregistrant les données de manière sécurisée sur la blockchain, notre projet simplifiera la conformité avec les réglementations industrielles et gouvernementales concernant le suivi et la sécurité des produits.
4. **Réduction des Délais et des Coûts de Livraison :** La traçabilité améliorée permettra d'optimiser les itinéraires, de minimiser les temps d'attente et de réduire les coûts de transport. Les clients bénéficieront de livraisons plus rapides et plus fiables.
5. **Renforcement de la Confiance des Clients :** En donnant aux consommateurs la possibilité de suivre l'origine et le parcours de leurs achats, notre solution renforcera la confiance dans la qualité et l'authenticité des produits.

II. Spécifications du projet

Les listes de spécifications techniques, fonctionnelles et opérationnelles

1. Liste des spécifications techniques

Ces spécifications techniques décrivent en détail les fonctionnalités techniques nécessaires à la mise en œuvre du projet de traçabilité logistique basé sur la technologie Blockchain.

- Création d'un Réseau Blockchain
 - Configuration et déploiement d'un réseau Blockchain privé.
 - Validation des transactions à travers des nœuds de validation.
- Intégration des Capteurs de Suivi
 - Configuration des capteurs pour la collecte de données en temps réel.
 - Transmission sécurisée des données vers la Blockchain.

- Enregistrement des Données de Produits
 - Enregistrement des informations de localisation, des horodatages et des détenteurs de produits.
 - Stockage sécurisé des données dans la Blockchain.
- Authentification des Utilisateurs
 - Processus d'inscription et d'authentification sécurisé.
 - Gestion des rôles et des droits d'accès.
- Interface Utilisateur Conviviale
 - Visualisation des données de traçabilité sous forme de tableaux de bord interactifs.
 - Navigation intuitive pour accéder aux informations spécifiques.
- Gestion des Autorisations
 - Définition des niveaux d'accès pour les différents acteurs de la chaîne logistique.
 - Modification des autorisations en fonction des besoins.
- Alerte en Cas d'Événements Anormaux
 - Configuration d'alertes pour détecter les anomalies ou les irrégularités.
 - Notification en temps réel aux utilisateurs concernés.
- Chiffrement des Données
 - Utilisation de la cryptographie pour garantir la confidentialité des données.
- Exigences de Performance
 - Le système doit être disponible 24/7 avec un temps de disponibilité cible de 99,9%.
 - Les transactions Blockchain doivent être validées en quelques secondes.
 - Le système doit être capable de gérer un grand volume de données de traçabilité.

2. Liste des spécifications fonctionnelles

Ces spécifications fonctionnelles décrivent en détail les fonctionnalités et les opérations que la solution de traçabilité logistique basée sur la technologie Blockchain doit prendre en charge pour répondre aux besoins du projet.

- Création d'un Réseau Blockchain
 - Configuration et déploiement d'un réseau Blockchain privé.
 - Validation des transactions à travers des nœuds de validation.
- Intégration des Capteurs de Suivi
 - Configuration des capteurs pour la collecte de données en temps réel.

- Transmission sécurisée des données vers la Blockchain.
- Enregistrement des Données de Produits
 - Enregistrement des informations de localisation, des horodatages et des détenteurs de produits.
 - Stockage sécurisé des données dans la Blockchain.
- Authentification des Utilisateurs
 - Processus d'inscription et d'authentification sécurisé.
 - Gestion des rôles et des droits d'accès.
- Interface Utilisateur Convivial
 - Visualisation des données de traçabilité sous forme de tableaux de bord interactifs.
 - Navigation intuitive pour accéder aux informations spécifiques.
- Gestion des Autorisations
 - Définition des niveaux d'accès pour les différents acteurs de la chaîne logistique.
 - Modification des autorisations en fonction des besoins.
- Alerte en Cas d'Événements Anormaux
 - Configuration d'alertes pour détecter les anomalies ou les irrégularités.
 - Notification en temps réel aux utilisateurs concernés.
- Chiffrement des Données
 - Utilisation de la cryptographie pour garantir la confidentialité des données.

3. Liste des spécifications opérationnelles

- Disponibilité du système : Le système doit être disponible 24/7 avec un temps de disponibilité cible de 99,9%.
- Gestion des incidents : Un processus de gestion des incidents doit être mis en place pour gérer les problèmes et les pannes du système de manière efficace.
- Maintenance planifiée : Les périodes de maintenance planifiée doivent être annoncées à l'avance pour minimiser les interruptions.
- Sauvegardes des données : Les données stockées dans la blockchain doivent être sauvegardées régulièrement pour éviter la perte de données en cas de défaillance du système.
- Formation des utilisateurs : Un budget de formation doit être alloué pour former les utilisateurs sur l'utilisation du système.
- Gestion des ressources humaines : Les besoins en ressources humaines, y compris les administrateurs du système, doivent être définis et budgétisés.
- Gestion des ressources matérielles : Les besoins en équipements, capteurs, et autres ressources matérielles doivent être planifiés et budgétisés.

- Gestion des transactions et des frais : Les frais de transaction liés à l'utilisation de la blockchain doivent être gérés et budgétisés.
- Gestion des mises à jour : Un plan de gestion des mises à jour du système doit être élaboré pour assurer une évolutivité sans interruption.
- Sécurité des données : La gestion de la sécurité des données, y compris la protection des données personnelles conformément aux lois sur la protection de la vie privée, doit être assurée.

III. Architecture globale

L'architecture globale est la suivante :

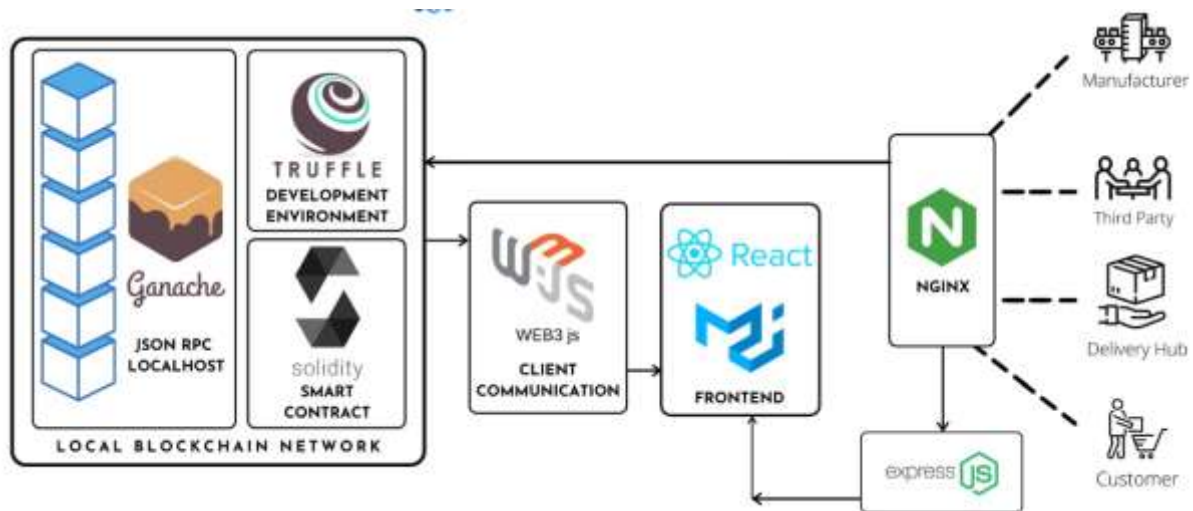


Figure III-1: Architecture globale

Le contrat intelligent est écrit avec Solidity qui est ensuite compilé, migré et déployé à l'aide de Truffle.js sur le réseau blockchain local créé à l'aide de Ganache-cli. Le frontend utilise Web3.js pour communiquer avec le contrat intelligent et le réseau blockchain local et est écrit en utilisant le framework React.js pour une meilleure gestion du cycle de vie des composants et des états. Les demandes de l'utilisateur sont transmises au frontend via Nginx (équilibreur de charge) et Express.js pour le routage dynamique.

1. Diagramme de cas d'utilisation

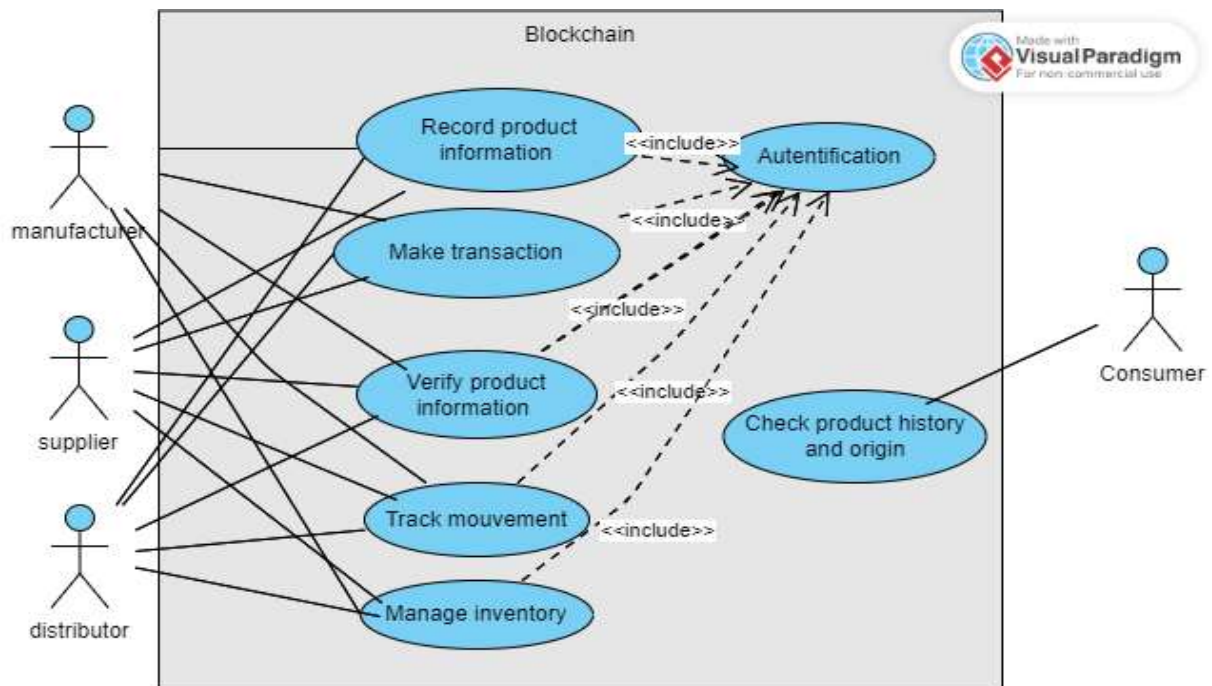


Figure III-2: Diagramme de cas d'utilisation

2. Diagramme de composants

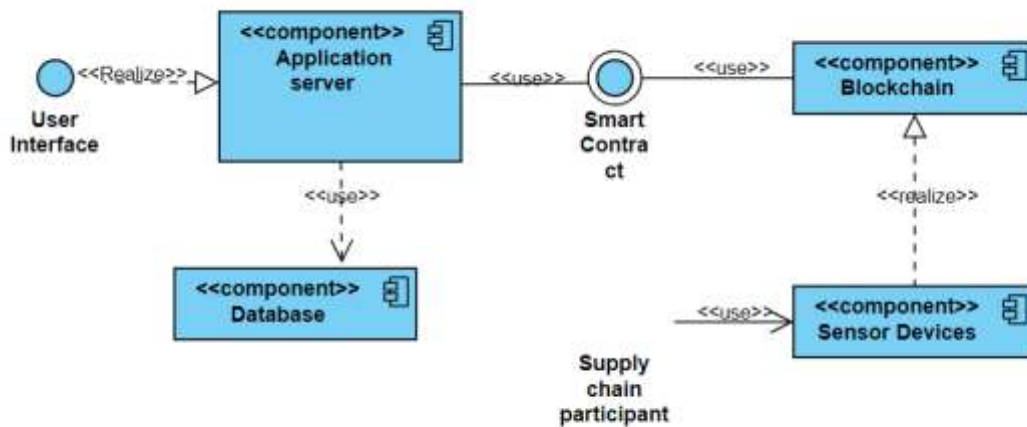


Figure III-3: Diagramme de composants

3. Diagramme de déploiement

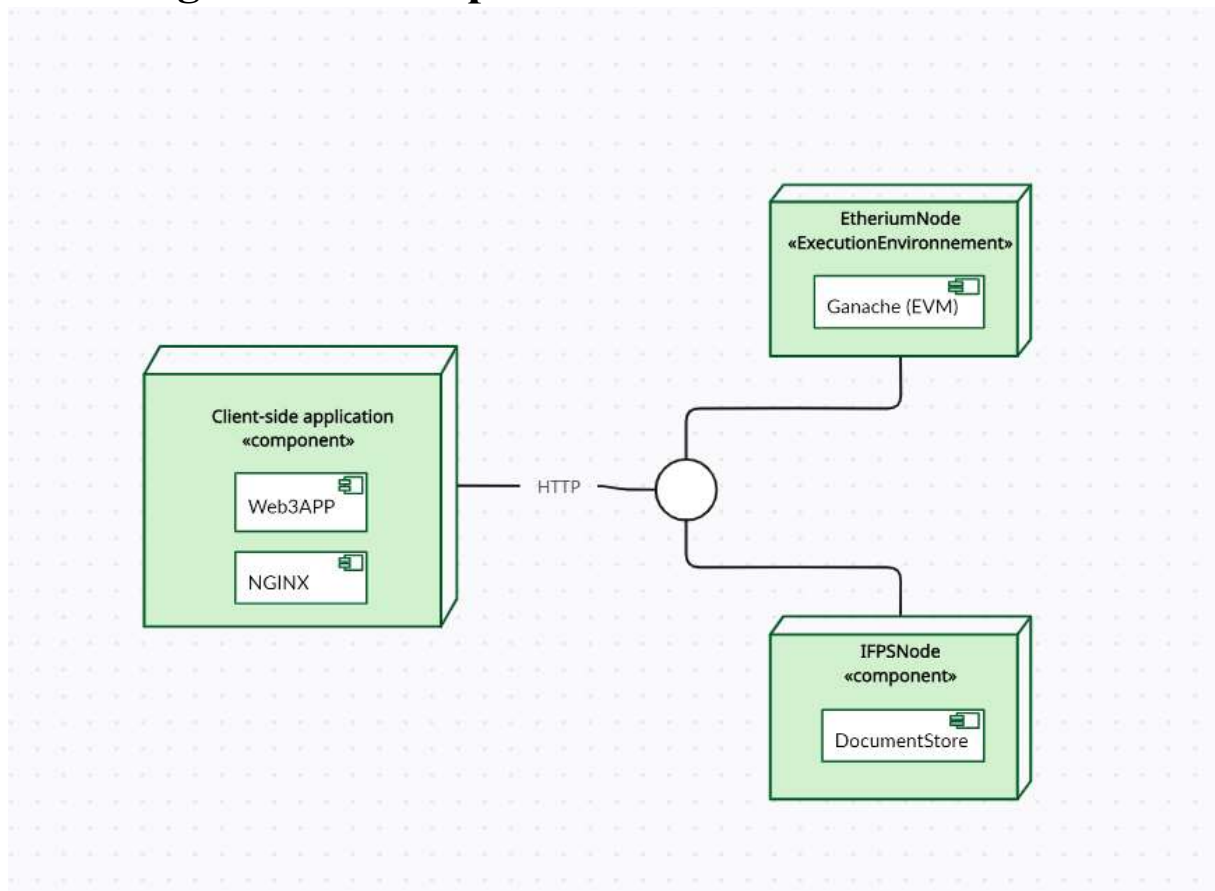


Figure III-4 Diagramme de Déploiement

IV. Conception détaillée

1. Diagramme de classe

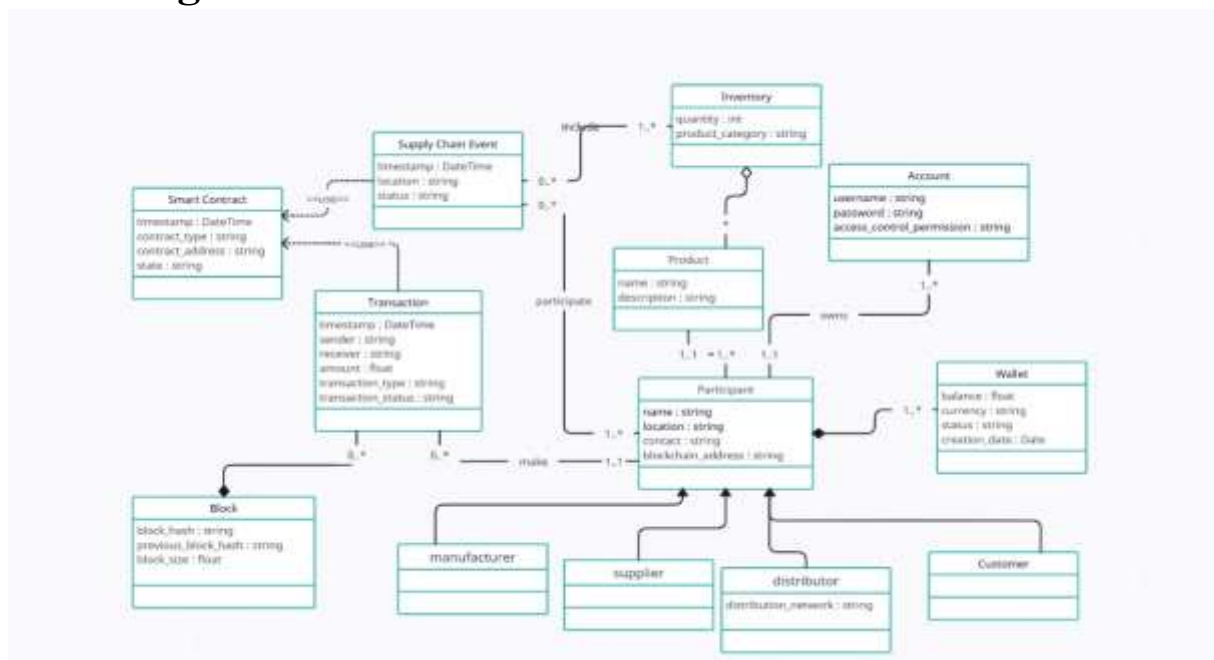


Figure IV-1: Diagramme de classe

2. Diagramme de séquence

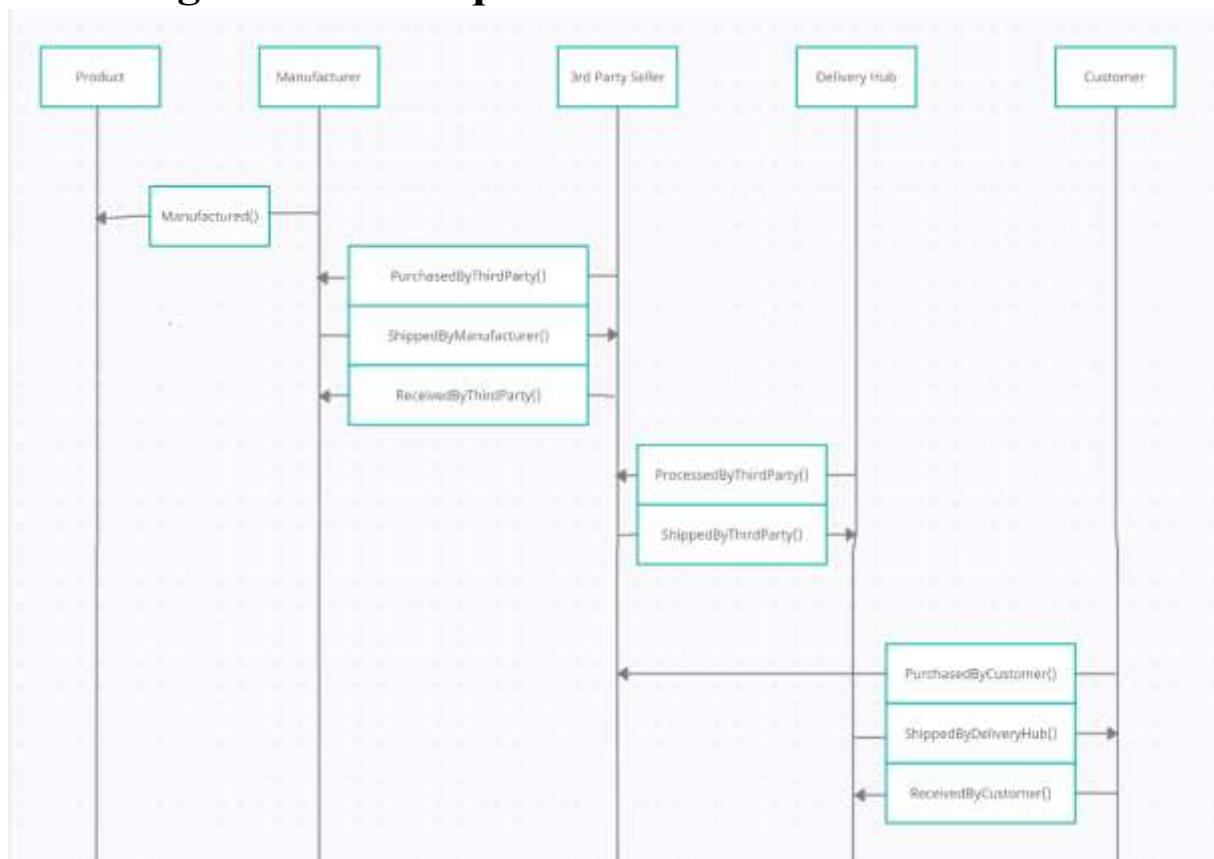


Figure IV-2: Diagramme de séquence

3. Diagramme d'activité

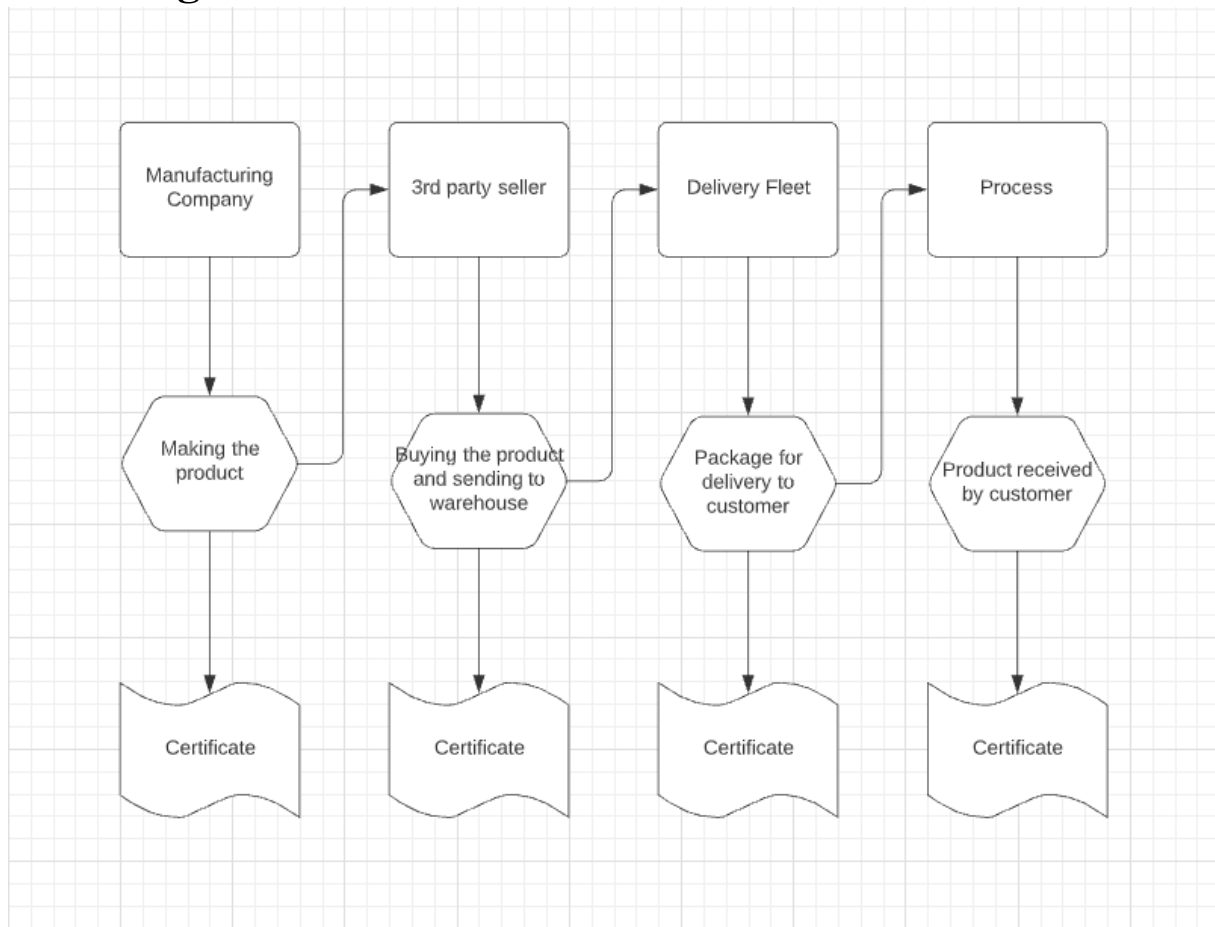


Figure IV-3: Diagramme d'activité

V. Technologies et outils

Les technologies, les langages de programmation et les outils de développement utilisés pour mettre en œuvre notre système de traçabilité logistique basée sur la technologie Blockchain :

Langages de programmation :

1. Solidity : Un langage de programmation spécifiquement conçu pour écrire des contrats intelligents sur la blockchain Ethereum.
2. JavaScript : Souvent utilisé pour le développement frontend d'applications web.
3. Python : Utile pour diverses tâches, y compris la gestion de données et le développement d'applications backend.

Technologies :

1. Blockchain : Pour la mise en œuvre de la technologie de registre distribué, Ethereum est une option courante, mais il existe d'autres blockchains adaptées aux besoins spécifiques.

2. Smart Contracts : Utilisation de contrats intelligents pour automatiser les transactions et les règles de la chaîne logistique.
3. Web 3.0 : Un ensemble de technologies émergentes pour l'interopérabilité entre blockchain et applications web.
4. Cryptographie : Pour la sécurité des transactions et des données stockées.

Outils de développement :

1. Truffle : Un framework de développement pour Ethereum qui facilite la création de contrats intelligents.
2. Remix : Un environnement de développement en ligne pour Ethereum.
3. Ganache : Une chaîne de blocs Ethereum locale pour le développement et le test.
4. Metamask : Une extension de navigateur qui permet d'interagir avec des applications Ethereum.
5. Visual Studio Code (VS Code) : Un éditeur de code populaire avec des extensions pour Solidity et Ethereum.
6. Gestionnaires de packages : Comme npm (Node Package Manager) pour gérer les dépendances de votre projet.
7. Git : Pour le suivi des versions et la gestion du code source.
8. Base de données : Vous pouvez utiliser une base de données traditionnelle ou une base de données distribuée pour stocker des données supplémentaires si nécessaire.
9. Frameworks Web : Tels que React, Angular ou Vue.js pour le développement de l'interface utilisateur.
10. Outils de sécurité : Pour l'audit de la sécurité des contrats intelligents.
11. Environnements de test : Tels que Mocha, Chai, ou Jest pour tester votre application.
12. Environnements de déploiement : Services d'hébergement et de déploiement de contrats intelligents sur la blockchain.

VI. Sécurité

Les mesures de sécurité et de protection des données, avec la notation UML :

Les mesures de sécurité et de protection des données dans le contexte de la blockchain sont d'une importance capitale. La technologie blockchain repose sur un certain nombre de principes clés pour garantir la sécurité et l'intégrité des données. Voici comment ces principes sont mis en œuvre dans le projet :

1. Cryptographie des Transactions : Toutes les transactions enregistrées sur la blockchain sont cryptées à l'aide de techniques de cryptographie avancées. Cela garantit que seules les parties autorisées peuvent accéder et comprendre les détails des transactions.

2. Contrats Intelligents Sécurisés : Les contrats intelligents, qui sont des morceaux de code autonomes sur la blockchain, sont conçus pour exécuter des opérations en toute sécurité. Ils sont rigoureusement testés pour s'assurer qu'ils fonctionnent conformément aux règles définies et qu'ils ne présentent pas de vulnérabilités.
3. Authentification Multi-Facteurs : Les utilisateurs du système sont soumis à une authentification sécurisée. Les informations d'identification uniques sont utilisées, et des méthodes d'authentification multi-facteurs sont mises en place pour renforcer la sécurité des comptes.
4. Gestion des Autorisations : Les rôles et les droits d'accès sont strictement gérés. Chaque utilisateur se voit attribuer des autorisations en fonction de son rôle dans la chaîne logistique. Cela garantit que seuls les utilisateurs autorisés peuvent effectuer certaines opérations.
5. Horodatage et Immutabilité : Chaque transaction sur la blockchain est horodatée, ce qui rend toute modification ultérieure des données pratiquement impossible. Cela garantit l'intégrité des données.
6. Sécurité Physique des Nœuds : Les nœuds de la blockchain, qui enregistrent les transactions, sont sécurisés physiquement pour empêcher toute atteinte à la sécurité.
7. Audit et Surveillance Continus : Le système est équipé de mécanismes de surveillance en temps réel et de journaux d'audit pour détecter les activités suspectes ou les tentatives d'accès non autorisé.
8. L'ensemble de ces mesures de sécurité assure que la blockchain offre un environnement hautement sécurisé pour la traçabilité logistique, où les données sont protégées contre la falsification, l'accès non autorisé et d'autres menaces potentielles.

La notation UML est utilisée pour modéliser ces mesures de sécurité dans un diagramme de séquence de sécurité, décrivant comment les acteurs interagissent avec le système et les contrôles de sécurité qui sont en place à chaque étape du processus.

Diagramme de séquence de sécurité pour spécifier les contrôles de sécurité :

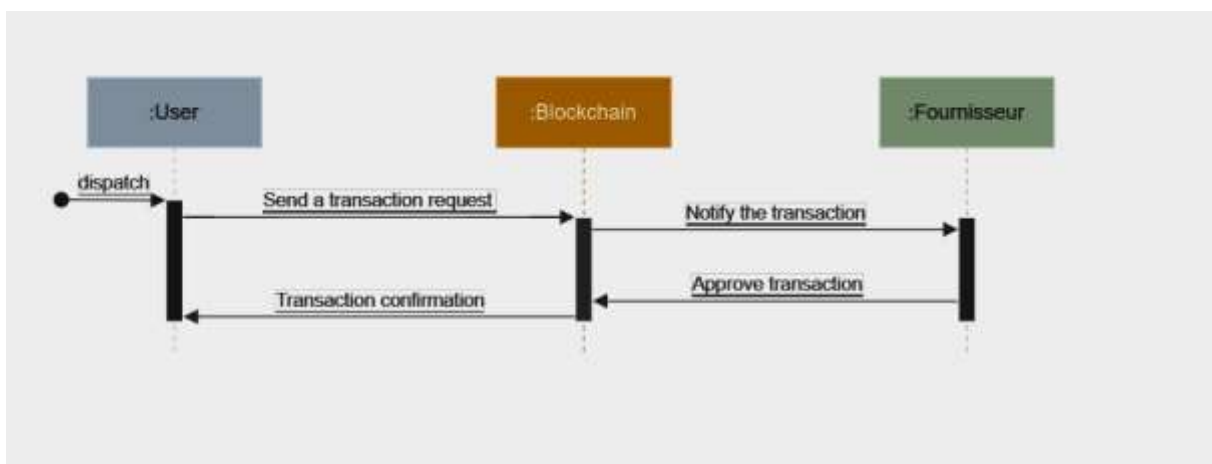


Figure VI-1: Diagramme de séquence de sécurité

VII. Gestion de projet

Méthodologie de gestion de projet et organisation de l'équipe.

Dans le cadre de ce projet de conception et de développement d'une solution de traçabilité logistique basée sur la technologie Blockchain, une méthodologie de gestion de projet claire et une organisation d'équipe efficace sont essentielles pour garantir le succès du projet. Voici comment ces aspects sont abordés :

Méthodologie de Gestion de Projet :

La méthodologie de gestion de projet adoptée pour ce projet est basée sur le modèle en cascade, également connu sous le nom de modèle en V. Ce modèle est choisi en raison de la nature bien définie du projet, avec des étapes distinctes allant de la spécification des exigences à la conception, au développement, aux tests, au déploiement et à la maintenance.

Phase d'Initialisation : Cette phase a déjà été achevée, et elle comprenait la définition des objectifs du projet, l'analyse des besoins, la rédaction du dossier de spécifications, et la revue ainsi que la validation de la documentation.

Phase d'État de l'Art : Cette phase a également été complétée, avec une recherche bibliographique et une analyse comparative des sources pertinentes.

Phase d'Étude Technique : Actuellement en cours, cette phase comprend la collecte et l'analyse des données, l'évaluation des technologies, la modélisation et la simulation, la définition des scénarios, et finalement la rédaction du rapport d'étude technique.

Phase d'Étude Conceptuelle et Architecture : Après la phase d'étude technique, cette phase impliquera la conception détaillée du système, la modélisation de l'architecture logicielle, et la préparation de la documentation d'architecture.

Phase de Développement : La phase de développement est prévue pour les semaines 5 à 8 du projet.

Phase de Tests : La phase de tests comprendra la vérification et la validation du système pour s'assurer que les exigences fonctionnelles et non fonctionnelles sont satisfaites. Des testeurs effectueront des scénarios de test basés sur les exigences.

Phase de Déploiement : Après la phase de tests, le système sera prêt à être déployé dans un environnement de production. Cela inclut la configuration des serveurs, la mise en place des nœuds de la blockchain, et la préparation de l'interface utilisateur.

Organisation de l'Équipe :

L'équipe de projet est composée de 3 membres, chacun apportant des compétences spécifiques au projet. Les rôles clés au sein de l'équipe comprennent :

Chef de Projet : Responsable de la gestion globale du projet, de la coordination, et de la communication avec les parties prenantes.

Développeurs Logiciels : Chargés de la mise en œuvre du système, du codage des fonctionnalités, et du respect des normes de programmation.

Documentation :

Principaux documents et manuels produits dans le cadre du projet :

Dans le cadre du projet de conception et de développement de la solution de traçabilité logistique basée sur la technologie Blockchain, plusieurs documents et manuels sont produits pour assurer une gestion efficace du projet, le suivi des activités, et la documentation des résultats. Voici les principaux documents et manuels produits dans le cadre de ce projet: Code source, diagrammes d'architecture, conceptions techniques, cests automatisés et scripts de test, cahier des charges techniques, démonstrations, rapports et finalement le produit finale.

VIII. Tests et validation

Procédures de test, de validation, d'assurance qualité, et modélisation des cas de test avec UML :

Dans le cadre du projet de conception et de développement de la solution de traçabilité logistique basée sur la technologie Blockchain, des procédures de test, de validation, d'assurance qualité, et de modélisation des cas de test sont essentielles pour garantir la qualité du système. Voici comment ces procédures sont mises en œuvre en se basant sur les informations fournies dans le document :

1. Procédures de Test :

- Étape 1 : Collecte des Exigences : Avant de commencer les tests, toutes les exigences fonctionnelles et non fonctionnelles définies dans le dossier de spécifications fonctionnelles sont collectées. Cela inclut les exigences liées à la création d'un réseau Blockchain, l'intégration des capteurs de suivi, l'enregistrement des données de produits, l'authentification des utilisateurs, la gestion des autorisations, etc.
- Étape 2 : Conception des Cas de Test : À partir des exigences, des scénarios de test sont conçus. Chaque scénario de test représente un cas d'utilisation ou une fonctionnalité spécifique du système. La modélisation des cas de test peut être réalisée à l'aide d'UML, en créant des diagrammes de séquence pour représenter les interactions entre les acteurs du système.
- Étape 3 : Préparation de l'Environnement de Test : L'environnement de test est configuré pour refléter l'environnement de production autant que possible. Cela inclut la mise en place d'un réseau Blockchain de test, l'intégration des capteurs de suivi, la création de données de test, etc.
- Étape 4 : Exécution des Tests : Les cas de test sont exécutés conformément aux scénarios définis. Les tests couvrent l'ensemble des fonctionnalités du système, y compris la création du réseau Blockchain, l'intégration des capteurs, l'enregistrement des données, l'authentification, la gestion des autorisations, etc.
- Étape 5 : Rapports de Test : Des rapports détaillés sont générés pour chaque cas de test. Ces rapports indiquent si le système a réussi ou échoué pour chaque scénario. Les résultats des tests sont enregistrés et documentés.

2. Validation :

La validation du système se fait en s'assurant que le système répond aux exigences spécifiées dans le dossier de spécifications fonctionnelles. Cela inclut la vérification des fonctionnalités de création du réseau Blockchain, d'intégration des capteurs, d'enregistrement des données, d'authentification, de gestion des autorisations, etc.

La validation s'assure également que le système fonctionne correctement dans un environnement de production simulé et qu'il est capable de traiter un grand volume de données de traçabilité.

3. Assurance Qualité :

L'assurance qualité garantit que toutes les étapes du processus de test et de validation respectent les normes de qualité établies. Elle s'assure que les tests sont complets, que les cas de test couvrent toutes les fonctionnalités, et que les rapports de test sont précis.

L'assurance qualité inclut également la surveillance continue des performances du système en production et la gestion des erreurs et des exceptions.

Diagramme de séquence pour les scénarios de test :

La figure représente le diagramme de séquence représentant la partie du test de l'authentification des utilisateurs :

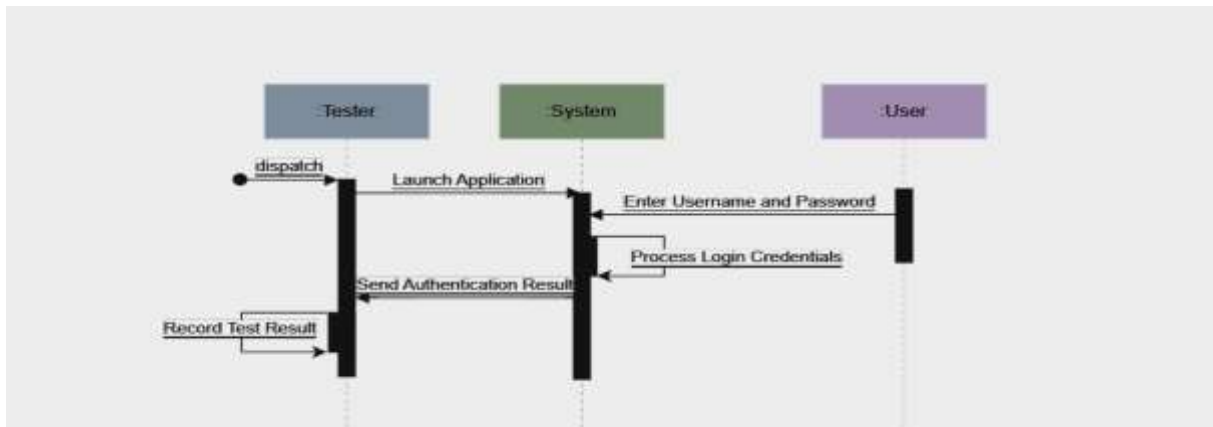


Figure VIII-1: Diagramme de séquence de test

IX. Maintenance et support

Plans pour la maintenance, les mises à jour, le support technique

Le plan de maintenance, de mises à jour et de support technique pour la solution de traçabilité logistique basée sur la technologie Blockchain garantit la disponibilité continue du système. La maintenance comprend des activités préventives, correctives, évolutives et adaptatives. Les mises à jour visent à améliorer les performances, corriger les problèmes de sécurité et introduire de nouvelles fonctionnalités. Le support technique offre une assistance aux utilisateurs, incluant un service d'assistance, des formations, la gestion des erreurs et des mises à jour de la documentation. Ces plans sont essentiels pour maintenir la qualité et la durabilité du système.

X. Etude comparative

1. Traçabilité sans blockchain

- **Transparence** : Les clients et les partenaires commerciaux souhaitent savoir d'où proviennent les composants électroniques, comment les produits ont été assemblés, et quelles étapes de qualité ont été suivies. La transparence est essentielle pour garantir la qualité et la conformité des produits.

Voici quelques commentaires :

What do you dislike about Oracle SCM Cloud?

We would like to be able to use the transparency punchout process but cannot seem to find partners that are using it – even when asking Oracle, it was implied that Transparency punchouts are not being used very often

— Inconvénients :

What I like least about this software is that there is not an easier way to see if there are duplicates. I wish that when someone is entering an incident, there could be a red flag to inform them that the PO they are entering is already in the system. It would also be nice if when someone put a comment with the @ symbol and person's name that the incident would automatically add that person as the assignee.

La gestion des chaînes d'approvisionnement est aujourd'hui très difficile. Selon [Fil de presse RP](#), le géant du transport maritime Maersk a constaté qu'un seul lot de produits réfrigérés d'Afrique de l'Est vers l'Europe nécessite plus de 200 interactions via environ 30 personnes et organisations.

Le succès des opérations de la chaîne d'approvisionnement dépend fortement d'une communication fiable, transparente et de bout en bout à travers un écosystème de partenaires dispersés géographiquement. En raison de la complexité et du manque de transparence des chaînes d'approvisionnement traditionnelles, le rôle de la chaîne de blocs dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement (SCM) suscite un intérêt croissant. Beaucoup [Applications blockchain](#) sont apparus récemment et ont généré des revenus louables en tirant parti des avantages de cette technologie.

- **Automatisation** : La chaîne logistique d'une entreprise électronique est complexe, avec de nombreuses étapes, de la commande de matières premières à la livraison du produit fini. L'automatisation des processus, telle que la gestion des stocks, le suivi des commandes et l'expédition, est cruciale pour garantir une traçabilité efficace.

Exemple des feedbacks

one major issue is that the shipping cost is not going to the billing. We have to manually create a line for every shipping cost that is a major inconvenience

Contingent worker invoicing: Absence of contingent worker invoicing functionality that enabled automated creation of receipts for approved timesheet hours entered by a contingent worker. In most of the projects I worked on, Fusion Time and Labor was implemented and there were contingent workers who had to be paid based on their agreed rate and timesheet hours

Supplier Qualification management is a lot manual

- **Intégrité des données** : Les données relatives aux composants, aux processus de fabrication et aux expéditions doivent être exactes et fiables pour éviter les erreurs et

les retards. L'intégrité des données est nécessaire pour garantir que les informations de traçabilité sont exactes.

Exemple de commentaires :

integrations dont work well, its not enrily saas we have to keep managing paas

What do you dislike about QuickBooks Commerce?

You need many workarounds to get things going. The integrations with marketplaces don't let you use all your locations to provide inventory. It lacks warehouse managing features and bars code scanning. It's difficult to trust the information in the system since it doesn't have a proper workflow that matches "real-life" processes, so you end up changing key information. It has been purchased by Intuit, and the product seems to be downgrading (for example they are losing their open API).

- Coût d'exploitation : La gestion manuelle des stocks, des commandes et de la traçabilité peut entraîner des coûts d'exploitation élevés. Réduire ces coûts tout en maintenant un suivi précis est un défi important.

Commentaires :

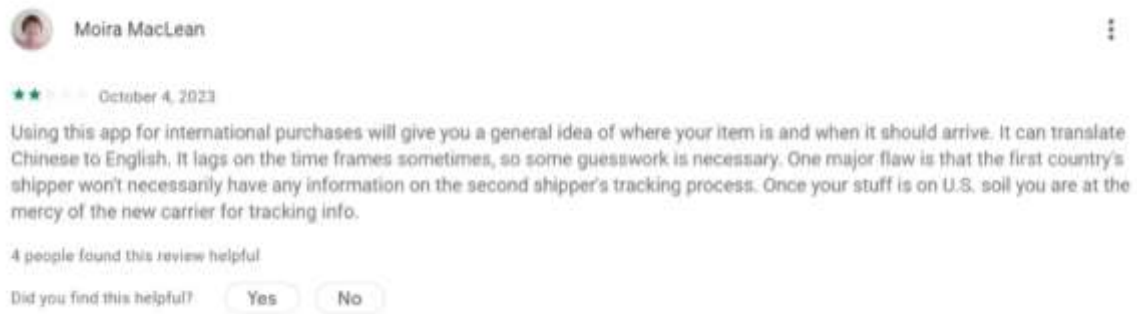
What do you dislike about Oracle SCM Cloud?

It can be expensive, especially if you are upgrading or installing an enterprise system.

Abstract: The establishment of food traceability supply chain is an effective way to solve the problem of food safety. **But the cost of operating traditional food traceability supply chain system is high.** The enterprise on the chain are not willing to participate, and the data on the chain is easy to falsified, which leads to the existence of food traceability and the lack of consumers' willingness to buy for it. Based on this, solving the high cost in the technical point has become a feasible meaning. Introducing blockchain technology into food safety traceability can improve brand reputation, maintain market and consumer confidence, improve supply chain management, accelerate product and reduce liability risk. In this paper, from the compatibility of block technology and food traceability supply chain, it is concluded that the introduction of blockchain technology will reduce the transaction cost, quality cost, time cost, activity cost, and supply chain traceability additional cost in the food supply chain cost. By comparing with the application cost of block chain technology, this paper explores the cost control mechanism of food traceability supply chain based on block chain, so as to promote the development of food traceability supply chain. The application of blockchain technology in food traceability supply chain will improve the food traceability supply chain system.

- Sécurité : Les données de traçabilité, y compris les détails sur les composants électroniques, sont sensibles et doivent être protégées contre les fuites d'informations et les cyberattaques. La sécurité des données est cruciale pour protéger la propriété intellectuelle et la confidentialité des données.

Feedbacks :



2. Traçabilité avec Blockchain

La blockchain est une technologie de stockage et de transmission de données qui offre plusieurs avantages par rapport aux systèmes traditionnels. Ces avantages incluent :

- **Traçabilité accrue** : La blockchain permet de suivre et de vérifier l'historique complet des mouvements d'inventaire, ce qui améliore la traçabilité.
- **Sécurité accrue** : Les données d'inventaire stockées sur une blockchain sont cryptées et immuables, ce qui renforce la sécurité et empêche la falsification des données.
- **Transparence** : La blockchain offre une visibilité en temps réel de l'état de l'inventaire, ce qui peut améliorer la gestion et la prise de décision.
- **Automatisation des contrats intelligents** : Les contrats intelligents peuvent être utilisés pour automatiser des processus liés à l'inventaire, tels que les réapprovisionnements ou les paiements.
- **Réduction des litiges** : Les enregistrements immuables de la blockchain réduisent le risque de litiges liés à l'inventaire.

3. Exigences pour la Blockchain de la Chaîne d'Approvisionnement :

- **Participants Connaissables** : Les chaînes d'approvisionnement nécessitent des blockchains privées avec des participants connus. La confidentialité et la sécurité des données sont essentielles, de sorte que seules les parties connues peuvent participer.
- **Protocoles de Consensus Simples** : Les blockchains privées peuvent utiliser des protocoles de consensus plus simples, tels que le tour de rôle, car elles n'ont pas besoin de gérer le volume de transactions des blockchains ouvertes.
- **Sécurité des Actifs Physiques** : La blockchain peut renforcer la sécurité en effectuant des audits physiques, en créant des applications décentralisées pour suivre les produits, et en utilisant des dispositifs IoT et des capteurs pour la vérification automatisée des données.

XI. Conclusion

Synthèse de l'architecture et de la conception, ainsi que des prochaines étapes

La solution de traçabilité logistique basée sur la technologie Blockchain repose sur une architecture robuste qui comprend la création d'un réseau Blockchain privé, l'intégration de capteurs de suivi pour la collecte de données en temps réel, l'enregistrement sécurisé des données de produits, l'authentification des utilisateurs, une interface utilisateur conviviale, la gestion des autorisations, des alertes en cas d'événements anormaux, et l'utilisation de la cryptographie pour garantir la confidentialité des données.

Les prochaines étapes du projet comprennent la phase de développement, de tests, de déploiement, la rédaction du rapport final avec Latex, et enfin, la présentation et la démonstration de la solution. Ces étapes permettront de concrétiser la vision du projet et de fournir une solution de traçabilité logistique innovante et sécurisée.

En résumé, le projet vise à créer une solution de traçabilité logistique basée sur la technologie Blockchain qui répondra aux besoins des fournisseurs, producteurs, transporteurs, distributeurs, clients et administrateurs du système, tout en respectant les contraintes de sécurité, de performance et de convivialité.

XII. BPMN (Business Process Model and Notation)

La figure ci-dessous est un diagramme BPMN pour représenter les flux de processus, les tâches, les événements, les passerelles, etc.

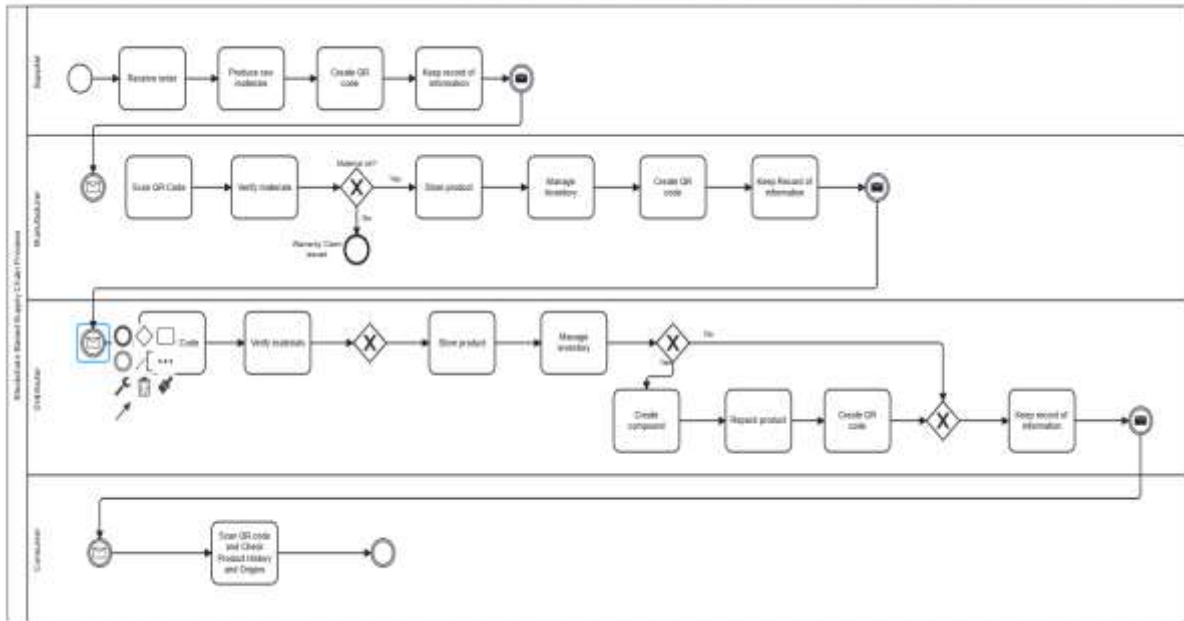


Figure XII-1: Diagramme de BPMN

Annexes

1. [Oracle SCM Cloud Reviews 2023: Details, Pricing, & Features | G2](#)
2. [Oracle SCM Cloud Reviews 2023: Details, Pricing, & Features | G2](#)
3. [5 exemples de blockchain dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement \(oyelabs.com\)](#)
4. [Oracle SCM Cloud Reviews 2023: Details, Pricing, & Features | G2](#)
5. [Oracle SCM Cloud Reviews 2023: Details, Pricing, & Features | G2](#)
6. [Oracle SCM Cloud Reviews 2023: Details, Pricing, & Features | G2](#)
7. [Oracle SCM Cloud Reviews 2023: Details, Pricing, & Features | G2](#)
8. [QuickBooks Commerce Reviews 2023: Details, Pricing, & Features | G2](#)
9. [Oracle SCM Cloud Reviews 2023: Details, Pricing, & Features | G2](#)
10. [Microsoft Word - EQAIQYFDYD.docx \(iop.org\)](#)
11. [Building a Transparent Supply Chain \(hbr.org\)](#)
12. [Building a Transparent Supply Chain \(hbr.org\)](#)
13. [5 exemples de blockchain dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement \(oyelabs.com\)](#)
14. [Opinion | La blockchain peut-elle sauver les chaînes d'approvisionnement en difficulté ? | Les Echos](#)
15. [Building a Transparent Supply Chain \(hbr.org\)](#)