

RAPPORT DE STAGE DE FIN D'ETUDES

5ème Année en Ingénierie Informatique et Réseaux

Mise en œuvre d'un Système Intelligent pour l'Anticipation, l'Évaluation et la Gestion en Temps Réel des Risques Industriels

Réalisé par :

- Echouiyab Oussama

Tuteur (s) :

Encadrant Pédagogique : Pr. BOUSMAH Mohammed

Encadrant Professionnel : Mr. RIAHI Yassine

Encadrant Professionnel : Mr. ZAHIR Hassan

Soutenu le : 10 / 07 / 2025

Jury (s) :

Pr. BOUSMAH Mohammed

Pr. DEHBI Rachid

Pr. YOUSFI Mohamed

Au sein de : OCP Maintenance Solutions



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
أَغُوذُ بِاللَّهِ مِنَ الشَّيْطَانِ الرَّجِيمِ

قَالُوا سُبْحَانَكَ لَا عِلْمَ لَنَا
إِلَّا مَا عَلَمْتَنَا صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ إِنَّكَ
أَنْتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ

شُورٌ لِلْبَرَزَرَاتِ ﴿٣﴾

Dédicaces

A mes très chers parents,

Aucun mot, aucune phrase ne peut exprimer ma gratitude envers vous, merci pour le sens du

devoir que vous m'a enseigné depuis mon enfance vos efforts, pour votre générosité vos sacrifices et

votre amour, Que Dieu vous garde et vous procure la joie et la Santé.

A ma grande famille,

Je ne sais comment vous remercier pour tout ce que vous avez fait pour moi, je vous souhaite une

vie pleine de bonheur et de Réussite.

A mes collègues et mes amies,

Merci pour le Soutien que vous m'avez offert, vous occuperez toujours une partie de mon cœur.

Que Dieu vous donne santé et bonheur dans votre vie familiale,
personnelle et professionnelle.

Oussama Echouiyab

Remerciements

Tout d'abord, tous les remerciements sont dédiés à **ALLAH**, pour toute la patience, la volonté et le bon chemin à suivre qu'il m'a montré dans ma carrière professionnelle et ma vie en général.

Je tiens aussi à remercier mes parents, ainsi que ma très chère famille, pour le soutien inestimable et les sacrifices qu'ils ont faits tout au long de mes études, j'adresse aussi ma gratitude et mes remerciements pour toutes mes amies.

Mes remerciements s'adressent ensuite à l'**École Marocaine des Sciences de l'Ingénieur (EMSI) de Casablanca** : à sa direction, pour les ressources mises à notre disposition ; aux équipes administratives et pédagogiques, pour leur dévouement et leur professionnalisme ;

Enfin, j'exprime ma profonde gratitude aux **membres du jury** qui m'ont fait l'honneur d'évaluer ce travail. Leur intérêt, leurs questions et leurs observations enrichissantes constituent pour moi une occasion précieuse de perfectionnement.

Je souhaite adresser mes plus sincères remerciements à mon encadrant académique, Monsieur **Bousmah Mohammed**. Votre bienveillance, votre patience et vos précieux conseils ont été un pilier tout au long de ce projet. Vous avez su, par votre écoute attentive et vos remarques constructives, éclairer ma démarche et m'aider à avancer avec sérénité. Votre soutien m'a permis de grandir tant sur le plan académique que personnel, et pour cela, je vous suis profondément reconnaissant.

Un grand merci à **M. Riahi Yassine**, mon encadrant technique à l'OCP Maintenance Solution. Votre disponibilité, vos encouragements et votre générosité à partager votre expertise ont été essentiels pour le bon déroulement de ce projet.

Je tiens également à remercier **M. Hassan Zahir**, mon encadrant final et le client pour ce projet. C'est grâce à vous que j'ai pu saisir pleinement le contexte de ce travail, et vos retours ont nourri ma réflexion tout au long de l'aventure.

Finalement, j'exprime également mes gratitude aux membres du jury, qui m'ont honoré en acceptant de juger ce modeste travail, et en assurant un suivi régulier

Résumé

Ce document résume le travail effectué dans le cadre de mon projet de fin d'études au sein d'OCP Maintenance Solution. L'objectif principal de ce projet est de développer une plateforme web intelligente dédiée à l'évaluation des risques HSE, intégrant une technologie avancée d'intelligence artificielle pour assurer la sécurité industrielle de manière proactive et sécurisée.

Le projet, nommé *Smart-Safety*, repose sur une architecture web full-stack, avec ReactJS pour l'interface frontend et Node.js/Express pour le backend. Ce système intègre un modèle IA basé sur la technologie *RAG (Retrieval-Augmented Generation)* et *Fine-tuning*, permettant d'extraire et de traiter les données stockées localement pour fournir des recommandations pertinentes en temps réel. Grâce à cette approche, les données sensibles sont conservées localement, garantissant une sécurité renforcée par rapport aux solutions basées sur le cloud.

Le chatbot IA intégré dans la plateforme est capable de répondre aux questions des utilisateurs en langage naturel et de générer automatiquement des recommandations préventives, adaptées aux risques identifiés. Cette fonctionnalité, alimentée par *qwen2.5*, permet aux utilisateurs d'interagir de manière fluide avec le système et d'obtenir des conseils instantanés sur les mesures de sécurité à prendre. En complément, la plateforme offre un tableau de bord visuel dynamique pour suivre les interventions, les zones critiques, et les principaux KPI HSE, ainsi qu'un générateur de rapports PDF détaillés pour faciliter le suivi et la gestion des risques.

Le projet a été réalisé en suivant une méthodologie Agile avec des sprints, permettant une gestion efficace et une évolution rapide du produit. Grâce à cette plateforme, OCP pourra non seulement améliorer la prévention des accidents mais aussi automatiser les décisions critiques grâce à l'intelligence artificielle, tout en respectant des standards de sécurité de plus en plus élevés.

Mots-clés : plateforme HSE, IA générative, *RAG*, Fine-tuning, ReactJS, Node.js, sécurité industrielle, chabot IA, gestion des risques, extraction de données locale, rapports PDF.

Abstract

This document summarizes the work carried out during my final year project at OCP Maintenance Solution. The main goal of this project is to develop an intelligent web platform for evaluating and managing industrial safety risks, integrating advanced artificial intelligence to proactively enhance industrial safety measures.

The project, *Smart-Safety*, is built as a full-stack web application, with ReactJS used for the frontend and Node.js/Express for the backend. One of the key features of this platform is the use of a Retrieval-Augmented Generation (RAG) model, fine-tuned to securely extract and process data stored locally, ensuring that sensitive data is kept safe. This enables real-time risk assessments and automated safety recommendations, all while maintaining high standards of data security.

A core component of the platform is an intelligent HSE (Health, Safety, and Environment) chatbot powered by the Qwen Model. The chatbot interacts with users in natural language, providing personalized safety recommendations based on real-time risk data. Additionally, the platform includes a dynamic dashboard to visualize key HSE performance indicators and a PDF report generation tool to facilitate tracking and reporting of safety metrics.

Throughout this project, an Agile Scrum methodology was employed, breaking down the development into manageable sprints to ensure efficient progress. With this platform, OCP will not only improve its accident prevention efforts but also automate critical safety decisions using AI, all while maintaining a secure, local data management approach.

Keywords: Industrial Safety, HSE, AI-driven, RAG, Fine-tuning, ReactJS, Node.js, Chatbot, Real-time Risk Assessment, Local Data Security, PDF Reports.

Liste des figures :

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Logo de l'organisme d'accueil | 4 |
| Figure 2 : Implémentation de OCP Maintenance Solution dans le monde..... | 5 |
| Figure 3: Historique d'OCP Group | 6 |
| Figure 4: l'horizon d'OCP | 8 |
| Figure 5 : domaine d'expertise | 8 |
| Figure 6 : Hiérarchie de OCP | 9 |
| Figure 7 : User story | 11 |
| Figure 8 : Smart-Safety Scrum Planning | 12 |
| Figure 9 : Méthode Scrum | 12 |
| Figure 10 : Diagramme de Gantt du projet | 15 |
| Figure 11 :Etude Benchmarking | 17 |
| Figure 12 : Diagramme de contexte du projet | 19 |
| Figure 13 : Diagramme global du côté Deep Learning | 22 |
| Figure 14 : Architecture logicielle du projet..... | 24 |
| Figure 15 : Diagramme de cas d'utilisation pour l'expert | 25 |
| Figure 16 : Diagramme de séquence – authentification | 26 |
| Figure 17 : Diagramme de séquence – l'expert | 27 |
| Figure 18 : Diagramme de classe – globale | 28 |
| Figure 19 : Diagramme de processus BPMN – Scénario complet d'intervention HSE | 29 |
| Figure 20 : Le modèle de type RAG (Retrieval-Augmented Generation)..... | 31 |
| Figure 21 : ReactJS | 35 |
| Figure 22 : Express JS | 35 |
| Figure 23 : MongoDB..... | 35 |
| Figure 24 : FastAPI..... | 36 |
| Figure 25 : Ollama | 36 |
| Figure 26 : Bootstrap | 36 |
| Figure 27 : Visual Studio Code | 38 |
| Figure 28 : Git..... | 38 |
| Figure 29 : StarUML | 39 |
| Figure 30 : Architecture technique | 41 |
| Figure 31 : Login page..... | 42 |
| Figure 32 : écran d'accueil | 42 |
| Figure 33: Formulaire de déclaration d'intervention | 43 |
| Figure 34 :Tableau des interventions enregistrée | 43 |
| Figure 35 : modifier intervention | 44 |
| Figure 36 : Supprimer intervention | 44 |
| Figure 37 : Écran d'évaluation globale des risques | 45 |
| Figure 38 : Filtrage des interventions par zone..... | 45 |
| Figure 39 : Sélection et application des mesures de prévention | 46 |
| Figure 40 : Recommandation complète générée par l'IA | 46 |
| Figure 41 : Matrice de risque (Gravité × Probabilité) | 47 |
| Figure 42 : Requête POST vers le microservice IA (FastAPI)..... | 47 |
| Figure 43 : Génération d'un rapport PDF automatisé..... | 48 |
| Figure 44 : Aperçu du rapport PDF généré..... | 48 |
| Figure 45 : Rapport IA détaillé | 49 |
| Figure 46 : Export Excel depuis l'interface utilisateur | 49 |
| Figure 47 : Rapport Excel – Évaluation des Risques..... | 50 |
| Figure 48: Tableau de bord interactif en ligne..... | 50 |
| Figure 49: Version PDF du Dashboard | 51 |
| Figure 50 : Interface d'accueil du chatbot IA | 51 |
| Figure 51 : Réponse personnalisée du chatbot IA | 52 |
| Figure 52 : Interface d'accueil de la formation HSE | 52 |
| Figure 53 : Navigation entre les modules de formation..... | 53 |
| Figure 54 : Statistiques de sécurité HSE..... | 53 |
| Figure 55 : Conseils de sécurité | 54 |
| Figure 56 : Certification finale – écran de réussite | 54 |

| | |
|--|----|
| Figure 57 : Certificat de formation HSE généré | 55 |
| Figure 58 : Détection EPI – Interface caméra temps réel | 55 |
| Figure 59 : Terminal VSCode – Logs du serveur de détection IA temps réel | 56 |
| Figure 60 : Page “À propos” – Présentation de l’équipe Smart Safety | 56 |
| Figure 61 : Splash Screen du chatbot RAG global – HSE-Master | 57 |
| Figure 62 : Réponse du chatbot global RAG – HSE-Master | 57 |

Liste des tableaux :

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Chiffres clés du group ocp | 7 |
| Tableau 2: Grands choix techniques du projet - Web..... | 13 |
| Tableau 3 : Résultat du benchmarking fonctionnel | 18 |
| Tableau 4 : Liste de sprints du projet..... | 24 |
| Tableau 5 : tableau du benchmaking | 37 |

Liste d'acronymes et abréviations

| | |
|--------------|---|
| API | A pplication P rogramming I nterface |
| EAM | E nterprise A sset M anagement |
| GPT | G enerative P re-trained T ransformer |
| HSE | H ealth, S afety, and E nvironment |
| HTTPS | H yper T ext T ransfer P rotocol S ecure |
| JWT | J SON W eb T okens |
| OCP | O ffice C hérifien d es P hosphates |
| OMS | O CP M aintenance S olutions |
| RAG | R etrieval- A ugmented G eneration |
| SAAS | S oftware a s a S ervice |

Tableau 1 : liste des acronymes

Table des matières:

| | |
|---|-------------|
| Dédicaces | <i>i</i> |
| Remerciements..... | <i>ii</i> |
| Résumé | <i>iii</i> |
| Abstract | <i>iv</i> |
| Liste des figures : | <i>v</i> |
| Liste des tableaux : | <i>vii</i> |
| Liste d'acronymes et abréviations..... | <i>viii</i> |
| Introduction générale..... | 1 |
| CHAPITRE I : CONTEXTE GENERAL DU PROJET..... | 3 |
| Introduction..... | 4 |
| 1.1. Organisme d'accueil | 4 |
| 1.1.1. Description de l'entreprise OCP Maintenance Solution :..... | 4 |
| 1.1.2. Structure du Nouveau Modèle :..... | 5 |
| 1.1.3. Historique du Groupe OCP :..... | 6 |
| 1.1.4. Chiffres clés du group OCP :..... | 7 |
| 1.1.5. Carte stratégique & investissements OCP à l'horizon 2027 | 7 |
| 1.1.6. Présence et positionnement stratégique au Maroc..... | 8 |
| 1.1.7. Domaines d'expertise (maintenance prédictive, digitalisation, CND, formation) | 8 |
| 1.1.8. Structure et organisation (Business Unit, hiérarchie) | 9 |
| 1.1.9. Organisation de OCP Maintenance Solutions : | 9 |
| 1.2. Présentation du projet | 10 |
| 1.2.1. Contexte industriel et enjeux HSE..... | 10 |
| 1.2.2. Problématique posée | 10 |
| 1.2.3. Objectifs et solution proposée (Smart-Safety)..... | 10 |
| 1.3. Conduite du projet | 10 |
| 1.3.1. Méthodologie de travail..... | 10 |
| 1.3.2. Équipe Scrum | 11 |
| 1.3.3. Événements Scrum..... | 12 |
| 1.3.4. Grands choix techniques du projet | 13 |
| 1.4. Planification du projet | 14 |
| 1.4.1. Démarrage du projet..... | 14 |
| 1.4.2. Construction du projet..... | 14 |
| 1.4.2.1. Spécifications générales | 14 |
| 1.4.2.2. Maquettage | 14 |
| 1.4.2.3. Formation et préparation de l'environnement | 14 |
| 1.4.2.4. Clôture du projet | 14 |
| 1.4.3. Planification du projet | 14 |
| Conclusion | 15 |
| CHAPITRE II :Étude préliminaire | 16 |
| Introduction..... | 17 |
| 2.1. Etude de l'existant..... | 17 |
| 2.2. Benchmarking fonctionnel..... | 17 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 2.3. | Solution proposée | 18 |
| 2.4. | Modélisation du contexte du système | 18 |
| 2.5. | Diagramme de contexte | 19 |
| Conclusion : | | 19 |
| CHAPITRE III : Analyse et Conception..... | | 20 |
| Introduction..... | | 21 |
| 3.1. | Identification des Besoins : | 21 |
| 3.1.1. | Les besoins fonctionnels | 21 |
| 3.1.1.1. | Identification des acteurs du système : | 21 |
| 3.1.1.2. | Spécification des besoins fonctionnels..... | 22 |
| 3.1.1.3. | Identification des sprints..... | 23 |
| 3.1.2. | Les besoins non fonctionnel : | 24 |
| 3.2. | Etude Conceptuel : | 25 |
| 3.2.1. | Diagramme de cas d'utilisation | 25 |
| 3.2.2. | Diagrammes de séquences : | 26 |
| 3.2.3. | Diagramme de classe global : | 28 |
| 3.2.4. | Diagramme de processus BPMN – Scénario complet d'intervention HSE : | 28 |
| Conclusion | | 29 |
| CHAPITRE IV : Etude Technique..... | | 30 |
| Introduction..... | | 31 |
| 4.1. | Architecture proposée : | 31 |
| 4.2. | Environnement de travail : | 32 |
| 4.2.1. | Vue d'ensemble des environnements..... | 32 |
| 4.2.2. | Contraintes techniques | 33 |
| 4.2.3. | Organisation du développement | 33 |
| 4.2.4. | Sécurisation des environnements..... | 34 |
| 4.3. | Outils technique : | 34 |
| 4.3.1. | Framework de développement | 34 |
| 4.3.1.1. | ReactJS (client web)..... | 34 |
| 4.3.1.2. | Express JS..... | 35 |
| 4.3.1.3. | MongoDB..... | 35 |
| 4.3.1.4. | Fast API..... | 36 |
| 4.3.1.5. | Ollama + Qwen | 36 |
| 4.3.1.6. | Bootstrap | 36 |
| 4.3.2. | Tableau de benchmarking..... | 37 |
| 4.3.3. | Outils de développement | 37 |
| 4.3.2.1. | Visual Studio Code : | 37 |
| 4.3.2.2. | Git : | 38 |
| 4.3.2.3. | StarUML | 38 |
| Conclusion | | 39 |
| CHAPITRE V : Mise en œuvre..... | | 40 |
| Introduction : | | 41 |
| 5.1. | Sprint 1 – Fondation du système & Interfaces de base..... | 41 |
| 5.1.1. | Architecture technique du projet | 41 |
| 5.1.2. | Interface de connexion (Login) : | 41 |
| 5.1.3. | Interface d'accueil principale : | 42 |
| 5.1.4. | Formulaire de déclaration d'intervention | 42 |
| 5.1.5. | Tableau des interventions enregistrées..... | 43 |
| 5.1.6. | Interface de modification d'intervention | 43 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 5.1.7. | Boîte de confirmation avant suppression..... | 44 |
| 5.2. | Sprint 2 – Analyse et gestion des risques..... | 44 |
| 5.1.8. | Écran d'évaluation globale des risques..... | 44 |
| 5.1.9. | Filtrage des interventions par zone | 45 |
| 5.1.10. | Sélection et application des mesures de prévention..... | 45 |
| 5.1.11. | Recommandation complète générée par l'IA..... | 46 |
| 5.1.12. | Matrice de risque (Gravité × Probabilité) | 46 |
| 5.3. | Sprint 3 – Intégration de l'IA et génération de rapports..... | 47 |
| 5.1.13. | Requête POST vers le microservice IA (FastAPI) | 47 |
| 5.1.14. | Génération d'un rapport PDF automatisé | 47 |
| 5.1.15. | Aperçu du rapport PDF généré | 48 |
| 5.1.16. | Rapport IA détaillé – Page recommandation individuelle | 48 |
| 5.1.17. | Export Excel depuis l'interface utilisateur | 49 |
| 5.1.18. | Rapport Excel – Évaluation des Risques..... | 49 |
| 5.4. | Sprint 4 – Dashboard & assistant intelligent..... | 50 |
| 5.1.19. | Tableau de bord interactif en ligne..... | 50 |
| 5.1.20. | Version PDF du Dashboard | 50 |
| 5.1.21. | Interface d'accueil du chatbot IA..... | 51 |
| 5.1.22. | Réponse personnalisée du chatbot IA | 52 |
| 5.5. | Sprint 5 – Espace de formation HSE | 52 |
| 5.1.23. | Interface d'accueil de la formation HSE..... | 52 |
| 5.1.24. | Navigation entre les modules de formation | 52 |
| 5.1.25. | Statistiques de sécurité HSE | 53 |
| 5.1.26. | Conseils de sécurité | 53 |
| 5.1.27. | Certification finale – écran de réussite | 54 |
| 5.1.28. | Certificat de formation HSE généré | 54 |
| 5.6. | Sprint 6 – IA avancée, détection EPI & finalisation..... | 55 |
| 5.1.29. | Détection EPI – Interface caméra temps réel | 55 |
| 5.1.30. | VSCode – Logs du serveur de détection IA temps réel | 56 |
| 5.1.31. | Page "À propos" – Présentation de l'équipe Smart Safety | 56 |
| 5.1.32. | Splash Screen du chatbot RAG global – HSE-Master | 56 |
| 5.1.33. | Réponse du chatbot global RAG – HSE-Master | 57 |
| Conclusion : | | 57 |
| Conclusion générale & perspectives | | 58 |
| Références | | 59 |
| Annexes : | | 60 |

Introduction générale

Dans un monde industriel en constante mutation, la digitalisation et la sécurité au travail sont devenues des leviers essentiels pour garantir la performance des entreprises et la protection des collaborateurs. Au sein de structures complexes telles que le groupe OCP, où les environnements opérationnels présentent de nombreux risques, la gestion proactive des dangers professionnels est plus qu'une nécessité : c'est un enjeu stratégique.

Face à cette réalité, les approches traditionnelles de prévention, bien que robustes, ne suffisent plus à répondre aux exigences de réactivité, de traçabilité et de personnalisation. Il est désormais impératif d'intégrer des outils intelligents, capables de croiser les données en temps réel, de proposer des recommandations préventives contextualisées, et de soutenir les décisions des équipes terrain.

C'est dans ce contexte qu'est né le projet **Smart-Safety**, une plateforme web innovante dédiée à l'évaluation intelligente des risques HSE (Hygiène, Sécurité, Environnement). Cette solution a pour ambition d'allier les technologies modernes du web (ReactJS, Node.js, MongoDB) à la puissance de l'intelligence artificielle générative (modèle Qwen via Ollama), pour offrir :

- Une interface intuitive de déclaration d'interventions ;
- Une analyse automatique du niveau de criticité ;
- Des recommandations préventives générées par un microservice IA basé sur FastAPI ;
- Et un chatbot conversationnel intelligent fondé sur l'approche RAG (Retrieval-Augmented Generation), capable d'interagir en langage naturel.

Mon rôle au sein de ce projet a été de concevoir, développer et mettre en œuvre cette solution, en veillant à sa modularité, sa robustesse et son alignement avec les exigences terrain formulées par les équipes HSE d'OCP Maintenance Solutions. Le tout dans une logique agile et centrée sur l'utilisateur final.

Ce mémoire retrace l'ensemble des étapes de ce projet. Il est structuré de la manière suivante :

- **Chapitre I** : Présente le contexte général du projet, l'organisation d'accueil, les enjeux industriels et HSE, ainsi que les objectifs poursuivis.
- **Chapitre II** : Détaille l'étude préliminaire, les solutions existantes et les besoins identifiés.
- **Chapitre III** : Expose l'analyse fonctionnelle et conceptuelle, avec les cas d'utilisation, les user stories et les diagrammes de séquence.

- **Chapitre IV** : Présente l'étude technique, les choix d'architecture, l'environnement de développement et les outils retenus.
- **Chapitre V** : Décrit la réalisation et la mise en œuvre concrète du système, illustrée par les interfaces clés de la plateforme web, du chatbot IA et des modules de formation et détection.

Ce projet ambitionne d'ouvrir une nouvelle voie vers une culture sécurité intelligente et prédictive au sein du groupe OCP, en mettant la technologie au service de la prévention, de l'efficacité opérationnelle et du bien-être collectif.

CHAPITRE I : CONTEXTE GENERAL DU PROJET

Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons l'organisation d'accueil et le projet qui m'a été assigné. Nous allons définir son contexte, la problématique et la solution adoptée. Finalement, nous expliquons brièvement la méthode de travail suivie lors du développement

1.1. Organisme d'accueil

1.1.1. Description de l'entreprise OCP Maintenance Solution :



Figure 1 : Logo de l'organisme d'accueil

OCP Maintenance Solution est une branche stratégique du Groupe OCP, leader mondial dans le secteur des phosphates et des engrais. Le Groupe OCP, fondé en 1920, est un acteur clé de l'industrie minière et chimique, avec une présence internationale et un engagement fort dans le développement durable et la gestion responsable des ressources naturelles.

OCP Maintenance Solution se spécialise dans la gestion et l'optimisation des équipements industriels, en fournissant des solutions technologiques avancées pour améliorer la performance, la fiabilité et la sécurité des infrastructures industrielles. Cette division intervient sur des projets de maintenance préventive et corrective pour les installations industrielles du groupe OCP, contribuant ainsi à la réduction des coûts opérationnels et à l'augmentation de la durée de vie des équipements.

Dans un environnement en constante évolution, OCP Maintenance Solution met en place des systèmes intelligents pour l'optimisation des processus industriels et l'amélioration continue de la maintenance, en adoptant des technologies de pointe telles que l'IoT (Internet of Things), la gestion de données et l'analyse prédictive.

Aujourd'hui, OCP Maintenance Solution joue un rôle central dans la modernisation et la digitalisation des activités de maintenance au sein du Groupe OCP, contribuant à garantir une exploitation plus sûre, plus efficace et plus respectueuse de l'environnement de ses installations industrielles.

1.1.2. Structure du Nouveau Modèle :

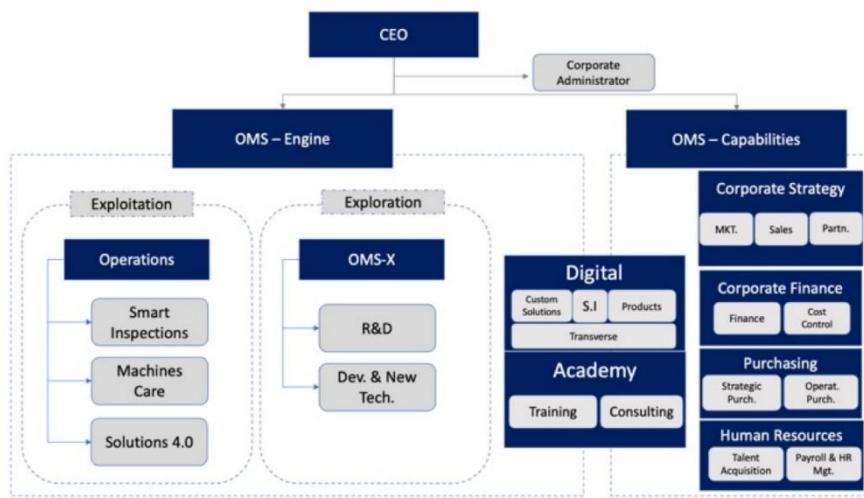


Figure 2 : Implémentation de OCP Maintenance Solution dans le monde

Le nouveau modèle opérationnel d'OCP-MS s'articule autour de deux grands pôles :

OCP-MS Engine : regroupe les deux fonctions Exploration et Exploitation.

Exploration (OMS-X):

Cette fonction est dédiée à la recherche et développement (R&D) ainsi qu'à l'innovation rapide (fast track innovation).

Le pôle Exploration est le **moteur de notre innovation**. Il a pour mission d'identifier de nouvelles opportunités de marché, de développer de nouvelles technologies et de concevoir de nouvelles solutions pour répondre aux besoins de nos clients. Ce pôle se décline en deux sous-pôles :

- **R&D** : Ce sous-pôle est dédié à la recherche et au développement de nouvelles technologies et de nouveaux produits. Nos équipes travaillent sur des projets ambitieux, en collaboration avec des partenaires académiques et industriels, pour repousser les limites de la maintenance industrielle.
- **Développement de nouvelles technologies** : Ce sous-pôle est chargé de transformer les résultats de la R&D en produits et services commercialisables. Il travaille en étroite collaboration avec les autres pôles de l'entreprise pour assurer une transition fluide entre la recherche et l'industrialisation.

Exploitation (Operations):

Cette fonction couvre l'ensemble des activités de services, d'expertise et de travaux sur chantier.

Le pôle Exploitation est au cœur de **nos activités opérationnelles**. Il a pour mission d'assurer la performance et la disponibilité des équipements de nos clients tout au long de leur cycle de vie. Ce pôle se

décline en trois sous-pôles :

- **Smart inspection** : Ce sous-pôle regroupe l'ensemble de nos prestations de services à haute valeur ajoutée (Asset intergity, Monitoring & Expertise).
- **Machines care** : Ce sous-pôle regroupe les activités d'expertise et de révisions des machines complexes, et les Task force maintenance.
- **Solutions 4.0** : Ce sous-pôle est en charge de l'intégration, l'installation, la mise en service et le troubleshooting de nos solutions et produits innovants.

1.1.3. Historique du Groupe OCP :

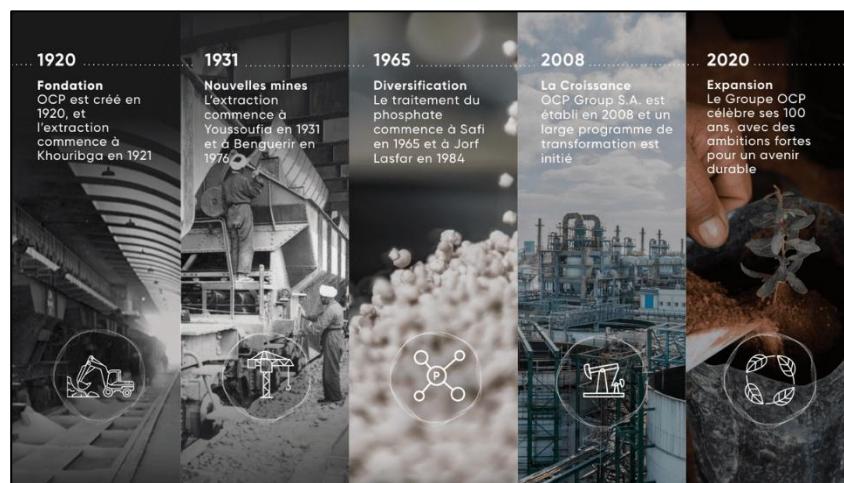


Figure 3: Historique d'OCP Group

Depuis sa fondation en 1920, l'OCP (Office Chérifien des Phosphates) a évolué, passant de l'exploitation des ressources minières à la production et à l'exportation de phosphates, élargissant son champ d'action à l'international et renforçant sa présence sur cinq continents. L'entreprise est aujourd'hui un acteur clé dans l'industrie minière et chimique, et joue un rôle majeur dans la production d'engrais et de solutions agricoles à travers le monde.

1.1.4. Chiffres clés du group OCP :

| OCP Maintenance Solution Monde | OCP Maintenance Solution Maroc |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • 2 500+ collaborateurs • Préventive et corrective • Modernisation des équipements | <ul style="list-style-type: none"> • 1 800+ collaborateurs • Maintenance préventive et optimisée • Amélioration continue de la production |

Tableau 2 : Chiffres clés du group ocp

Le tableau ci-dessus présente un aperçu comparatif entre les effectifs et les domaines d'activité de **OCP Maintenance Solution Monde** et **OCP Maintenance Solution Maroc**.

- **À l'échelle mondiale**, OCP Maintenance Solution mobilise plus de **2 500 collaborateurs**, spécialisés dans des interventions **préventives et correctives**, avec un fort accent sur la **modernisation des équipements industriels**.
- **Au Maroc**, l'entité compte plus de **1 800 collaborateurs** répartis sur plusieurs sites industriels stratégiques. Elle se concentre sur une **maintenance préventive optimisée**, ainsi que sur une **politique d'amélioration continue de la production**.

1.1.5. Carte stratégique & investissements OCP à l'horizon 2027

Cette infographie illustre la vision d'investissement de l'OCP entre 2021 et 2027 à travers le Royaume, avec trois axes industriels majeurs :

- Axe 1 : Jorf Lasfar – Safi – Benguerir – Khouribga
- Axe 2 : Youssoufia – Meskala
- Axe 3 : Boucraa – Laâyoune – Tarfaya – Sebkha Tah

Elle met également en avant les objectifs d'investissement chiffrés par secteur :

Ces investissements visent à :

- Accroître la capacité de production
- Renforcer l'autonomie énergétique
- Intégrer des procédés durables (eau, chimie verte)

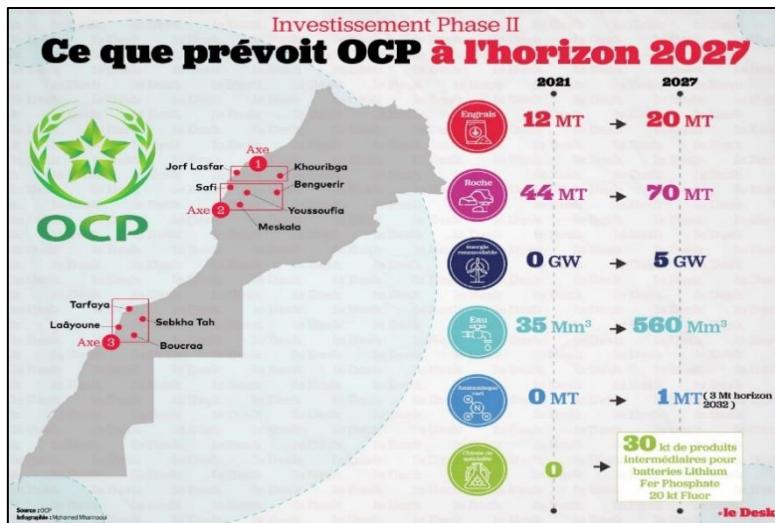


Figure 4: l'horizon d'OCP

1.1.6. Présence et positionnement stratégique au Maroc

En 2014, OCP Maintenance Solution a ouvert son premier site au Maroc, suivi d'une nouvelle implantation en 2021 à El Jadida. Depuis cette date, OCP Maintenance Solution a progressivement renforcé sa présence à travers le pays. Ce positionnement stratégique permet à l'entreprise de profiter des avantages offerts par le réseau industriel marocain, tout en tirant parti de la diversité géographique et écologique unique des régions où ses sites sont implantés, contribuant ainsi à l'optimisation des activités de maintenance et à l'innovation dans l'industrie minière.

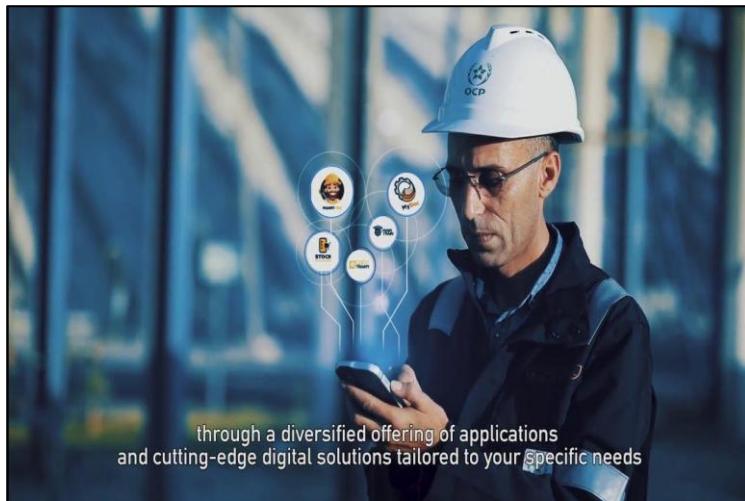


Figure 5 : domaine d'expertise

1.1.7. Domaines d'expertise (maintenance prédictive, digitalisation, CND, formation)

OCP Maintenance Solutions se positionne comme un acteur clé dans la maintenance industrielle 4.0, en combinant expertise terrain et technologies avancées pour offrir des solutions innovantes et adaptées aux défis contemporains. Ses principaux domaines d'expertise incluent :

1. Maintenance prédictive et fiabilité industrielle

Grâce à des outils tels que **I-SENSE**, **Vibox** et **Mobivib**, OCP-MS permet de surveiller en temps réel l'état des équipements industriels, anticipant ainsi les défaillances potentielles et optimisant les plans de maintenance.

2. Digitalisation industrielle et Industrie 4.0

L'entreprise accompagne ses clients dans leur transformation digitale en intégrant des technologies telles que l'Internet des objets (IoT), le Big Data, l'analyse de données et l'intelligence artificielle, facilitant ainsi la transition vers des opérations plus intelligentes et connectées.

3. Contrôle non destructif (CND) avancé

En partenariat avec Nucléom, leader mondial dans ce domaine, OCP-MS propose des services de CND pour évaluer l'intégrité des structures industrielles sans les endommager, assurant ainsi la sécurité et la longévité des installations .

4. Formation et développement des compétences

À travers son pôle **OCP MS Academy**, l'entreprise offre des formations certifiantes et adaptées aux besoins du secteur, renforçant ainsi les compétences des opérateurs et des équipes de maintenance.

1.1.8. Structure et organisation (Business Unit, hiérarchie)

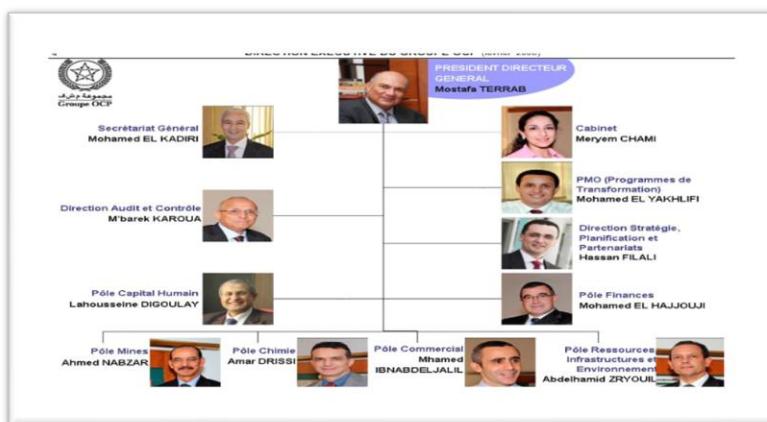


Figure 6 : Hiérarchie de OCP

1.1.9. Organisation de OCP Maintenance Solutions :

OCP Maintenance Solutions est structuré autour de plusieurs Business Unit (BU), chacune responsable de l'amélioration continue des services et de la satisfaction client. Chaque BU se concentre sur des domaines spécifiques tels que la maintenance prédictive, la digitalisation industrielle, la formation, et les inspections avancées. Cette organisation permet une approche agile et spécialisée, assurant une réponse rapide et adaptée aux besoins des clients.

1.2. Présentation du projet

1.2.1. Contexte industriel et enjeux HSE

Les environnements industriels, qu'ils soient chimiques, miniers ou pétroliers, sont confrontés à des risques majeurs pouvant avoir des conséquences dramatiques sur la sécurité des employés et l'intégrité des installations. Face à cette réalité, il devient impératif de développer des outils innovants permettant non seulement de détecter et d'évaluer ces risques, mais aussi de réagir de manière proactive. C'est dans cette optique que le projet Smart-Safety a vu le jour. L'objectif est de mettre en place une plateforme web d'évaluation des risques HSE, intégrant l'intelligence artificielle pour anticiper, évaluer et recommander des mesures de sécurité adaptées.

1.2.2. Problématique posée

Actuellement, dans les secteurs industriels, les systèmes en place pour gérer les risques sont souvent réactifs et manuels, ce qui engendre des délais dans la prise de décision et des marges d'erreur importantes. De plus, ces outils sont souvent insuffisants pour anticiper les risques, laissant les entreprises vulnérables face à des situations imprévues. La problématique est donc de développer une solution capable de transformer ce système réactif en une plateforme proactive, offrant des évaluations de risques en temps réel et des recommandations instantanées basées sur des données fiables et une IA avancée.

1.2.3. Objectifs et solution proposée (Smart-Safety)

Pour répondre à cette problématique, le projet **Smart-Safety** adopte une solution innovante basée sur une plateforme web entièrement intégrée. Elle combine l'intelligence artificielle, via des modèles de langage comme GPT, pour fournir des recommandations automatisées et des conseils instantanés à travers un chatbot. En utilisant une technologie de scoring des risques et une génération de rapports en temps réel, cette plateforme permet aux entreprises de passer d'un système réactif à un système intelligent et proactif. Grâce à un tableau de bord visuel, des outils d'évaluation, et des alertes générées automatiquement, la solution offre une gestion plus rapide et plus précise des risques sur le terrain.

1.3. Conduite du projet

Nous avons suivi une méthodologie agile à travers la méthode Scrum.

1.3.1. Méthodologie de travail

Scrum [4] est un cadre de travail dans lequel les gens peuvent gérer des projets complexes, M. Ken Schwaber, l'inventeur de Scrum, a constaté que la gestion d'un projet complexe devenait trop difficile à anticiper et à planifier à l'avance. Scrum implémente la méthode scientifique de l'empirisme, il remplace une approche algorithmique programmée par une approche heuristique pour faire face à l'imprévisibilité.

1.3.2. Équipe Scrum

La méthode Scrum se compose de trois éléments essentiels :

Sprint : Le sprint correspond à une période d'une à quatre semaines, c'est la période au cours de laquelle une fonctionnalité cohérente du produit sera développée.

Product Backlog : Un backlog de produit est une liste des nouvelles fonctionnalités, des changements apportés aux fonctionnalités existantes, des correctifs de bugs, des modifications aux infrastructures ou d'autres activités qu'une équipe peut fournir pour atteindre un résultat précis.

User Story : Une fonctionnalité à développer décrite du point de vue d'un utilisateur



Figure 7 : User story

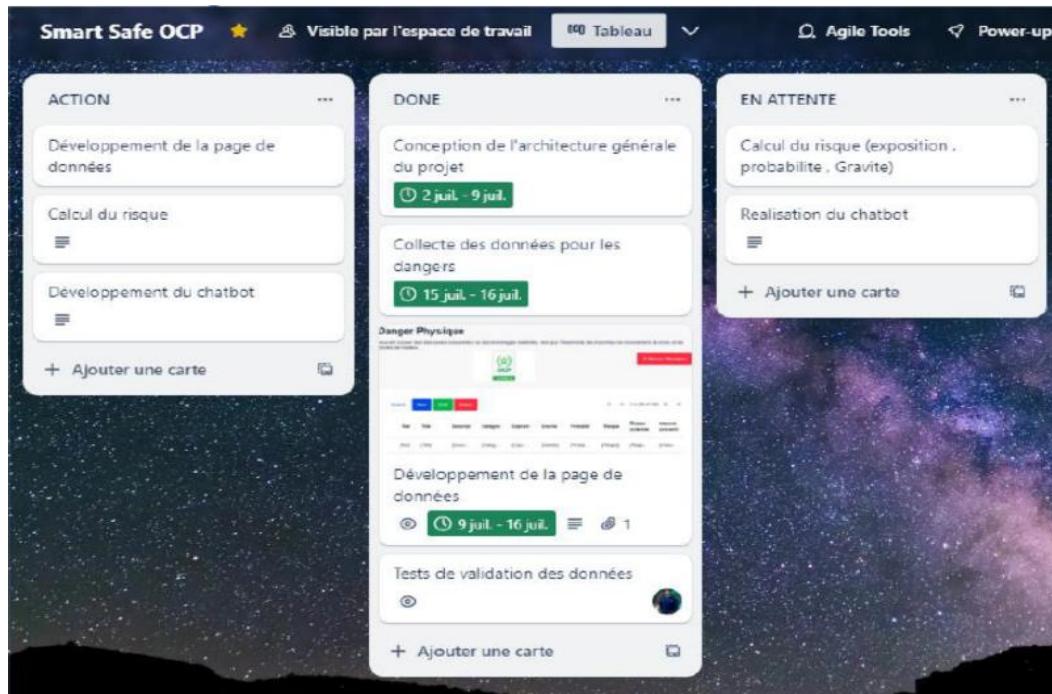


Figure 8 : Smart-Safety Scrum Planning

1.3.3. Événements Scrum

Il y a quatre événements piliers de Scrum qui maintient l'inspection et l'adaptation :

Sprint Planning : C'est l'événement dans lequel nous définissons l'objectif, le périmètre et le plan du sprint, le Scrum Master avec le PO et l'équipe de développement décident quelles seront les User Stories à développer au cours de la prochaine itération.

Daily Meeting : L'équipe Scrum se réunit une fois par jour pour partager son état d'avancement vis-à-vis de l'objectif du sprint, signaler les obstacles rencontrés et adapter le Sprint Backlog si nécessaire.

Sprint Review : La Sprint Review a pour objectif de valider l'incrément du sprint avec l'équipe Scrum et les parties prenantes du projet.

Sprint Retrospective : La Sprint Review met en évidence ce qui a bien marché au cours du sprint et ce qui doit être amélioré. La rétrospective du sprint ne réunit que l'équipe Scrum (développeurs, PO et Scrum Master). Afin d'inspecter en détail l'itération précédente.

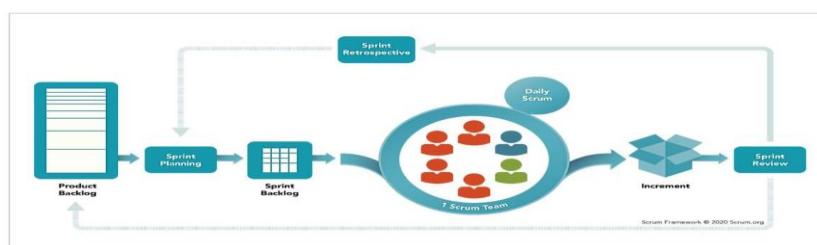


Figure 9 : Méthode Scrum

Scrum master : il est, en quelque sorte, le coach de l'équipe. C'est lui qui a pour mission de tirer le meilleur de chaque membre de l'équipe afin de faire avancer efficacement le projet et de garantir la satisfaction cliente. Il est notamment le garant de la bonne compréhension de la méthodologie de projet agile par l'ensemble de l'équipe. Il est, par ailleurs, le responsable du planning des sprints, des Daily (réunions quotidiennes appelées mêlées) et des sprints review.

Product owner : aussi appelé chef de projet digital, le product owner est le garant du respect et de la satisfaction client. Il est à la fois chargé de définir et garantir la vision produit, mais également d'alimenter le backlog du produit.

Equipe de Développement : l'équipe de développement, est chargée de transformer les besoins définis par le Product Owner en fonctionnalités utilisables. Pluridisciplinaire, elle possède en interne toutes les compétences nécessaires à réalisation du projet. La taille idéale de l'équipe de développement est comprise entre 2 et 5 personnes. La notion de hiérarchie est absente, les décisions sont prises collégialement.

Tech lead : c'est, en quelque sorte, le chef d'équipe ou l'expert technique. C'est lui sur qui repose le choix de la technologie et la bonne maîtrise des développeurs.

1.3.4. Grands choix techniques du projet

Pour la réalisation de mon projet j'ai opté pour les outils technologiques suivants :

| IDEs | | Visual Studio Code |
|-----------------------|--|---------------------|
| Frameworks | | ReactJS , Bootstrap |
| Langages | | Python , Node.js |
| SGBD | | MangoDB |
| Versionnage de projet | | Git |
| Maquettage | | Figma |

Tableau 3: *Grands choix techniques du projet - Web*

1.4. Planification du projet

La **planification du projet** est une étape cruciale qui permet de définir les différentes phases de développement et de garantir que le projet se déroule de manière structurée et dans les délais impartis. Dans le cadre du projet *Smart-Safety*, cette planification a été divisée en plusieurs étapes clés, de la phase de démarrage à la clôture du projet, avec des jalons importants permettant de valider les progrès réalisés.

1.4.1. Démarrage du projet

Le démarrage du projet a consisté en une phase préparatoire visant à définir les objectifs, les exigences techniques et fonctionnelles, ainsi que la stratégie de développement à adopter. Une étude approfondie des besoins de l'OCP en matière de gestion des risques industriels a permis de clarifier les attentes, et un cahier des charges a été rédigé pour formaliser ces besoins.

Objectifs du démarrage : Clarification des besoins, choix des technologies, élaboration du planning initial.

1.4.2. Construction du projet

1.4.2.1. Spécifications générales

L'étude établie dans la phase précédente, m'a permis de fournir une liste évolutive de fonctionnalités.

1.4.2.2. Maquettage

Après l'élaboration des fonctionnalités, j'ai passé au maquettage des modules principaux de la solution afin de déterminer le contenu et l'arborescence des interfaces.

1.4.2.3. Formation et préparation de l'environnement

Cette phase a impliqué la mise en place de l'environnement de développement et de production. Des formations ont été organisées pour les équipes impliquées dans la mise en œuvre du projet, notamment sur les outils utilisés (ReactJS, Node.js, etc.). La préparation de l'environnement a également couvert la mise en place des bases de données et des configurations de sécurité (JWT, chiffrement des données).

1.4.2.4. Clôture du projet

A la fin, j'ai rédigé un rapport détaillant l'ensemble des fonctionnalités demandées, les méthodes suivies, la conception faite, les outils exploités et les résultats obtenus.

1.4.3. Planification du projet

Le planning prévisionnel des tâches est nécessaire lors de la réalisation d'un projet. La figure ci-dessous est une planification prévisionnelle illustrant les différentes phases de réalisation du projet.

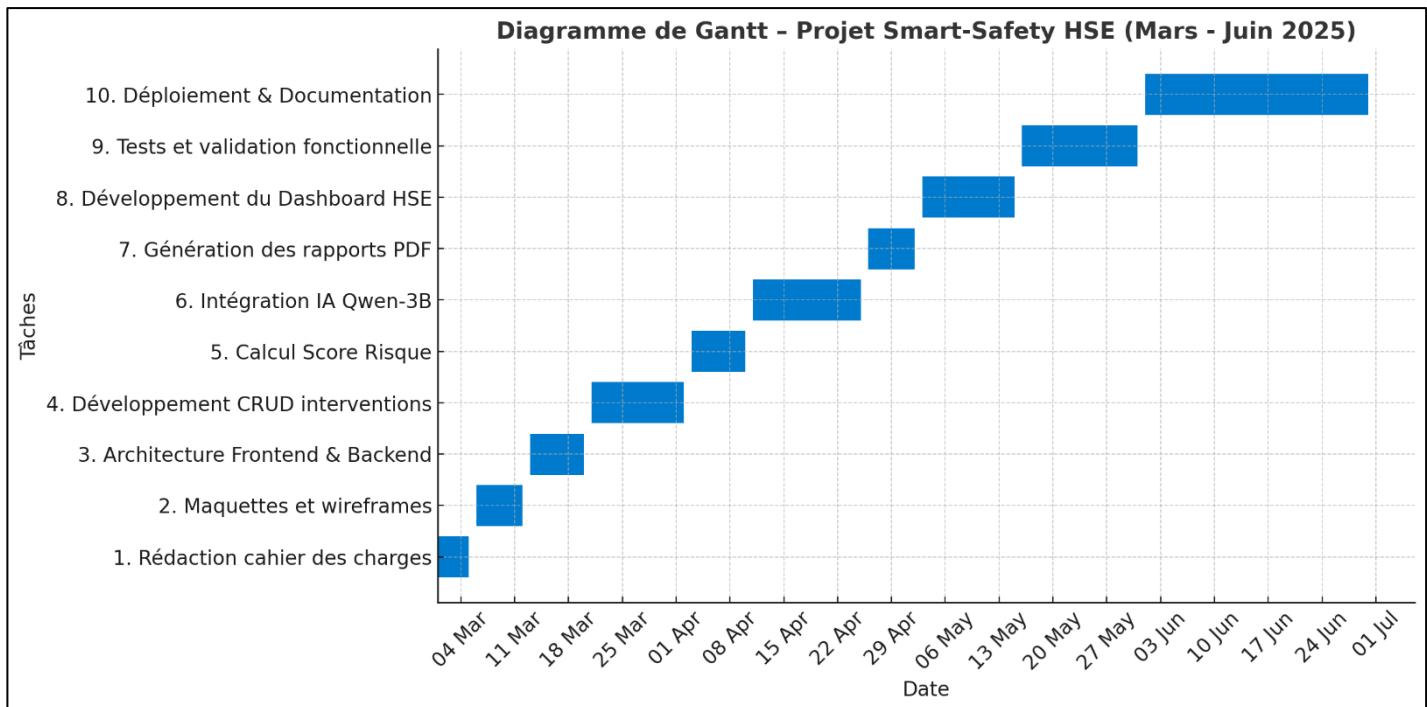


Figure 10 : Diagramme de Gantt du projet

Conclusion

Le premier chapitre présentait un point de départ où j'ai défini le contexte général du projet à savoir l'organisme d'accueil, les objectifs du projet et la démarche suivie pour sa réalisation.

Dans le chapitre suivant, je vais présenter la phase d'étude préliminaire afin de présenter la solution et de mieux cerner ses spécifications fonctionnelles et techniques.

CHAPITRE II :Étude préliminaire

Introduction

Ce chapitre est dédié à l'analyse des besoins fonctionnels et techniques du projet. Je vais me focaliser sur l'étude de benchmarking des solutions existantes pour extraire les besoins fonctionnels et techniques que l'application doit assurer.

2.1. Etude de l'existant

Dans le cadre du développement de la plateforme *Smart-Safety*, il était primordial d'analyser les solutions existantes dans le domaine de la gestion des risques HSE (Hygiène, Sécurité, Environnement) pour identifier les bonnes pratiques, les outils utilisés, ainsi que leurs limitations. Cette étude m'a permis de mieux comprendre les attentes du marché et les défis techniques associés à la gestion proactive des risques en milieu industriel. Sur cette base, j'ai pu proposer des solutions innovantes et adaptées aux besoins spécifiques de l'OCP.

2.2. Benchmarking fonctionnel

Grace Avant de commencer le développement, une phase de **benchmarking fonctionnel** a été réalisée afin d'évaluer les meilleures solutions disponibles dans le domaine de l'évaluation des risques HSE et des technologies associées. L'objectif était de s'inspirer des approches les plus efficaces déjà éprouvées et d'en tirer des enseignements pour le projet *Smart-Safety*. En particulier, j'ai étudié les technologies d'intelligence artificielle (IA) utilisées pour l'évaluation des risques, ainsi que les systèmes de scoring des risques .

Ce benchmarking m'a permis d'identifier les avantages de l'intégration de l'IA dans la gestion des risques, notamment dans la génération de recommandations préventives automatiques et la gestion des interventions en temps réel. En outre, il m'a également permis de relever certaines limitations, telles que le manque de flexibilité des outils existants pour s'adapter à des risques spécifiques à l'industrie minière ou pétrolière.

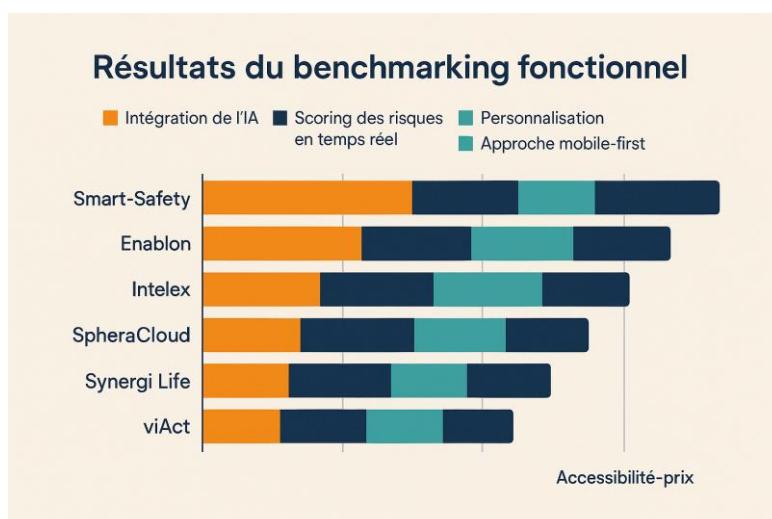


Figure 11 :Etude Benchmarking

2.3. Solution proposée

À partir de cette étude, plusieurs améliorations ont été proposées pour optimiser l'utilisation des technologies dans notre projet. L'intégration d'un modèle de scoring des risques utilisant à la fois des critères de gravité et de probabilité, ainsi que l'automatisation des actions de prévention, permet de rendre l'évaluation des risques plus précise et rapide. De plus, l'usage d'une plateforme web moderne et réactive garantit une accessibilité optimale, que ce soit sur ordinateur ou sur mobile, pour un accès rapide à l'information en cas d'urgence.

L'objectif du projet est de **Anticiper** les situations dangereuses grâce à un **scoring IA temps-réel** et de génère automatiquement des recommandations préventives et des rapports PDF.

| Région | Solution | Points forts mis en avant dans la littérature/marketing |
|-------------------|---------------------------------|--|
| France | Enablon (Wolters Kluwer) | Plateforme intégrée EHS-ESG, modules Process-Safety & Operational-Risk, forte couverture réglementaire |
| USA | Intelex | Suite mobile/offline, incident tracking temps-réel, marketplace de modules métier |
| USA | SpheraCloud | Risk-assessment en temps-réel, analytics avancé Process-Safety, cloud multi-tenant |
| Europe (NO) | Synergi Life (DNV) | Gestion intégrée incident–qualité–risque, visualisation barrière & tableau Bow-Tie |
| Chine / Hong Kong | viAct | Détection vidéo IA (PPE, chutes) + alertes IoT en direct sur chantiers |
| Maroc (projet) | Smart-Safety | IA générative pour recommandations HSE, scoring dynamique, chatbot multilingue (fr-en-ar) |

Tableau 4 : Résultat du benchmarking fonctionnel

2.4. Modélisation du contexte du système

Je commence par la définition des acteurs du système en premier lieu pour passer ensuite à la présentation du diagramme du contexte.

Identification des acteurs

Les acteurs qui interagissent avec mon application sont :

Technicien : C'est un acteur de l'entreprise ayant le droit de saisir rapidement une intervention, recevoir un score de risque instantané, savoir quel EPI porter.

- Superviseur / Chef d'équipe : Visualiser les KPI en temps réel, approuver ou corriger les interventions.
- Expert HSE : Ajuster la grille de cotation, affiner les recommandations IA.
- Administrateur Système : Garantir la disponibilité / intégrité de la plateforme, gérer JWT et sauvegardes.
- Service IA (LLM + Vision) : Générer des mesures préventives contextuelles.

2.5. *Diagramme de contexte*

Le diagramme de contexte dynamique illustre le système, comme objet central, les acteurs et les liens entre les systèmes et ces derniers. L'objectif de cette représentation est de montrer une vue globale ainsi que le périmètre du système développé.

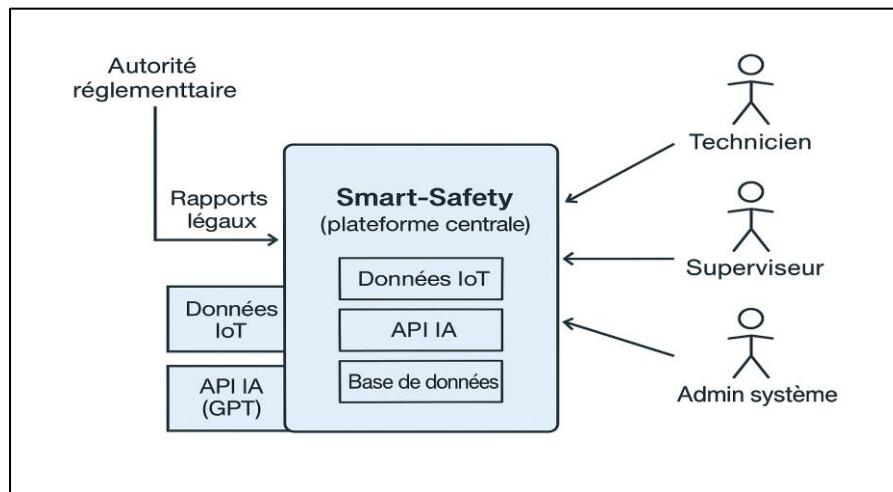


Figure 12 : Diagramme de contexte du projet

Conclusion :

Ce chapitre a présenté la phase du benchmarking fonctionnel, la solution proposée ainsi que les acteurs principaux du système. La partie suivante est consacrée aux spécifications générales où je vais détailler les spécifications fonctionnelles aussi bien que techniques

CHAPITRE III : Analyse et Conception

Introduction

L'objectif majeur de ce chapitre est de présenter les spécifications générales du projet. Je vais commencer par exposer la partie des spécifications fonctionnelles où je vais présenter les différentes fonctionnalités offertes par l'application. Ensuite, je détaillerais les spécifications techniques en définissant l'architecture adoptée ainsi que les design patterns que j'ai utilisé .

3.1. Identification des Besoins :

3.1.1. Les besoins fonctionnels

Cette section décrit **ce que la plateforme Smart-Safety permet de faire**, comment ces fonctionnalités se répartissent entre les acteurs, et comment elles ont été planifiées au fil des sprints Scrum.

3.1.1.1. Identification des acteurs du système :

- Dans Du côté **Technicien**,

la plateforme doit lui permettre de déclarer une intervention en quelques secondes depuis son mobile : choix de la zone, nature du travail, heure de début / fin, ajout éventuel de photos ou de commentaires. Dès l'enregistrement, le système calcule automatiquement le score de criticité et renvoie instantanément des recommandations préventives générées par l'Assistant HSE Intelligent ; le technicien doit pouvoir consulter ces conseils, les marquer comme appliqués et recevoir des notifications si le niveau de risque dépasse un seuil défini.

- Pour le **Superviseur**,

la priorité est de disposer d'un tableau de bord en temps réel. Il doit pouvoir visualiser la liste des interventions ouvertes, filtrer par criticité ou par zone, valider les mesures mises en place et relancer le technicien si des actions restent en attente. Le superviseur attend également un accès direct à l'historique : il doit retracer l'évolution d'une intervention, voir qui a modifié quoi et quand, puis transmettre les incidents majeurs à l'Expert HSE pour revue.

- **L'Expert HSE (Health, Safety, and Environment):**

intervient sur la partie méthodologique : il ajuste la grille de criticité (pondération gravité / probabilité / exposition), enrichit la base de mesures préventives et valide le contenu des recommandations IA. Son interface doit lui permettre de comparer plusieurs incidents similaires, de fusionner ou de scinder des catégories de danger et d'exporter des synthèses pour les réunions d'analyse de risques.

- **Le Responsable Sécurité** a des besoins plus stratégiques :

il consulte les KPI consolidés — fréquence des incidents, zones les plus sensibles, évolution mensuelle des niveaux de risque — et génère des

rapports PDF ou Excel conformes aux exigences réglementaires. Il doit pouvoir planifier un export automatique mensuel, recevoir une alerte si un indicateur dépasse un seuil critique, et partager ces rapports avec la direction ou les autorités.

- **Enfin, l'Administrateur système**

gère la couche technique et la sécurité. Il crée les comptes, attribue les rôles, définit les règles SSO ou JWT et supervise la santé de la plateforme : disponibilité des micro-services, usage mémoire des conteneurs Docker, sauvegardes MongoDB, rotation des logs. Il doit également pouvoir consulter le journal d'audit afin de tracer chaque action sensible (suppression d'une intervention, changement de grille de criticité, mise à jour d'un rôle utilisateur).

Ces besoins fonctionnels, couvrant l'ensemble des profils utilisateurs, forment le socle des cas d'utilisation détaillés dans le diagramme global et serviront de référence pour la planification des sprints Scrum à venir.

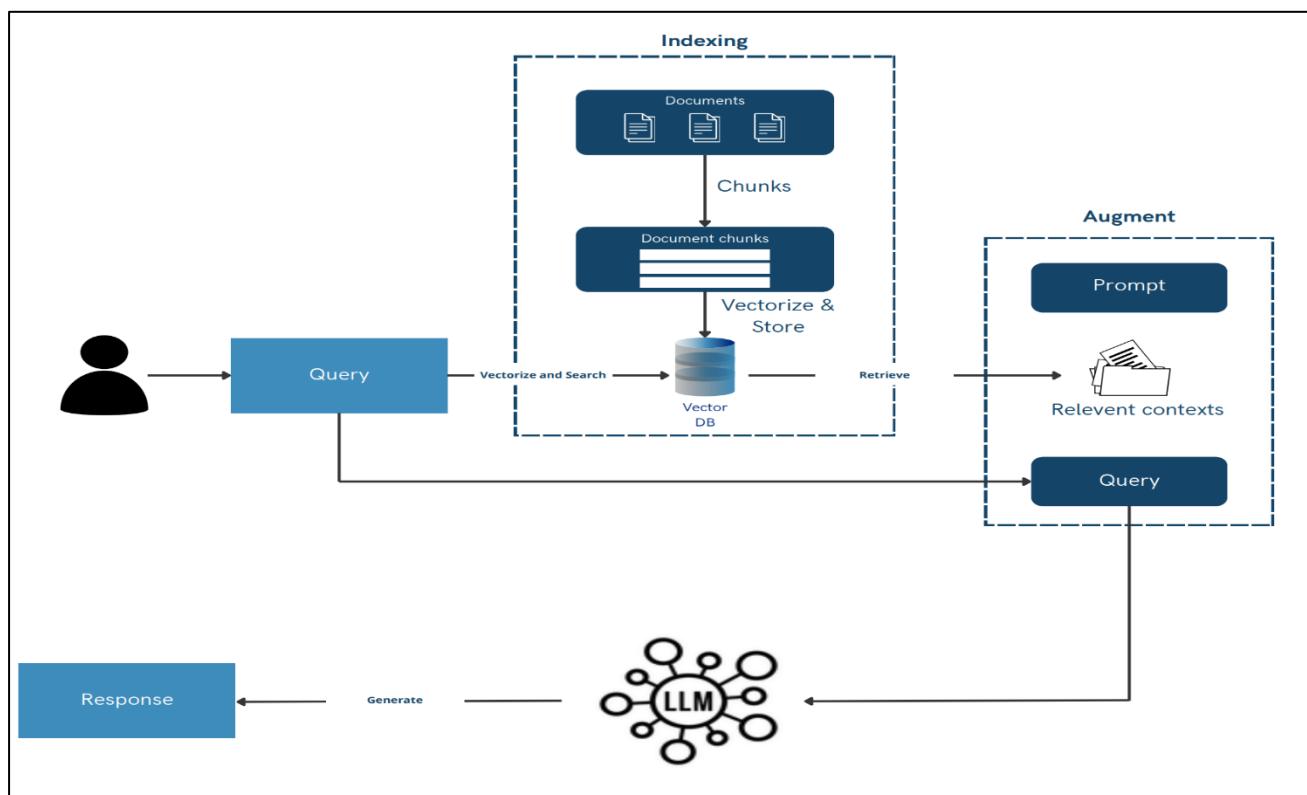


Figure 13 : Diagramme global du côté Deep Learning

3.1.1.2. Spécification des besoins fonctionnels

Le schéma met en scène le fonctionnement d'une chaîne RAG (*Retrieval-Augmented Generation*) :

lorsqu'un utilisateur soumet une question, la requête est vectorisée puis comparée à une base de vecteurs alimentée en amont par des « chunks » de documents eux-mêmes vectorisés ; cette étape d'indexation permet de repérer, en quelques millisecondes, les passages les plus proches sémantiquement. Les extraits ainsi retrouvés sont injectés dans un prompt enrichi, aux côtés de la question d'origine, avant d'être transmis au modèle de langage (LLM). Guidé par ce contexte ciblé, le LLM génère alors une réponse précise et sourcée, qui est renvoyée à l'utilisateur. En combinant recherche sémantique et génération de texte, l'architecture RAG garantit donc des réponses à la fois cohérentes et ancrées dans la base documentaire la plus récente.

3.1.1.3. Identification des sprints

| Numéro de sprint | Intitulé du sprint | Objectif du sprint |
|------------------|--|---|
| 1 | Kick-off & Maquettage | <ul style="list-style-type: none"> • Valider les personas et les user stories clés • Produire les wireframes des écrans principaux (Intervention, Tableau de bord, Assistant HSE) • Mettre en place le dépôt Git, le workflow CI et l'environnement de développement |
| 2 | Socle Backend & Base de données | <ul style="list-style-type: none"> • Initialiser l'API Express JS (+ Swagger) • Modéliser le schéma MongoDB (utilisateurs, interventions, dangers) • Implémenter l'authentification JWT et les rôles |
| 3 | CRUD Intervention + Scoring | <ul style="list-style-type: none"> • Développer les écrans CRUD Intervention/Danger côté frontend • Coder l'algorithme de criticité (gravité × probabilité) • Retour visuel du score en temps réel |
| 4 | Intégration IA (FastAPI + Ollama/Qwen) | <ul style="list-style-type: none"> • Déployer le microservice FastAPI (ASGI) • Connecter FastAPI au modèle Qwen via Ollama • Afficher les recommandations IA dans l'écran Intervention |

| | | |
|----------|------------------------------|---|
| 5 | Dashboard & Export PDF/Excel | <ul style="list-style-type: none"> • Concevoir le tableau de bord KPI (nombre d'interventions, zones critiques...) • Générer les rapports PDF/Excel depuis le backend • Ajouter le téléchargement sécurisé côté client |
|----------|------------------------------|---|

Tableau 5 : Liste de sprints du projet

3.1.2. *Les besoins non fonctionnel :*

Nous allons dévoiler l'architecture logiciel de notre projet, en l'occurrence, nous commencerons par les différents design patterns.

Architecture logicielle

Au cours du développement de mon application j'ai adopté une architecture

Projet Smart-Safety – Architecture globale

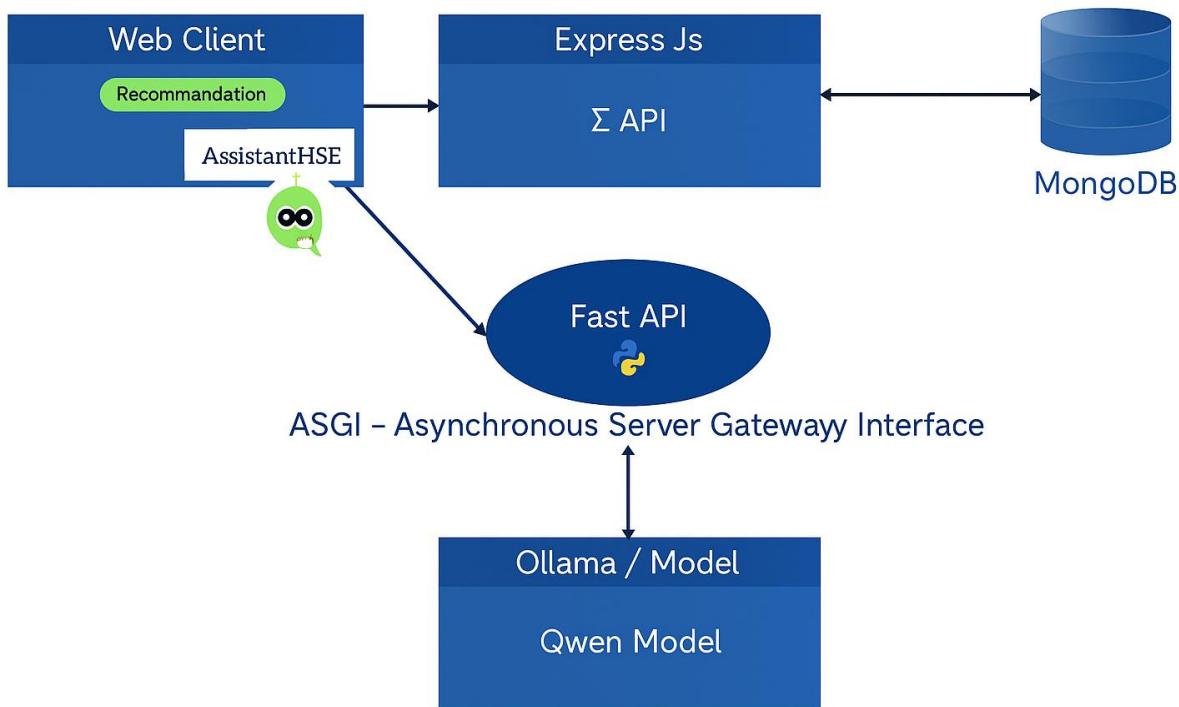


Figure 14 : Architecture logicielle du projet

Dans cette figure ci-dessus pour l'architecture, L'architecture Smart-Safety repose sur une séparation claire entre la couche métier et la couche intelligence artificielle : le client web (développé en React ou Angular) dialogue d'une part avec un serveur Express JS, chargé de l'ensemble des API REST (authentification, CRUD des interventions et des dangers, gestion des KPI) et connecté à une base

MongoDB pour la persistance, et d'autre part avec un microservice FastAPI écrit en Python, exposé via l'interface asynchrone ASGI. Ce service FastAPI se consacre exclusivement aux fonctionnalités IA : il transmet les requêtes du module de recommandation et du chatbot au moteur Ollama qui héberge le modèle Qwen, récupère les réponses générées, puis les renvoie au client. Ainsi, les flux de données métier (Web Client ↔ Express JS ↔ MongoDB) restent indépendants des appels IA (Web Client ↔ FastAPI ↔ Ollama/Qwen), garantissant à la fois la modularité de l'application, la scalabilité de chaque composant et la possibilité de faire évoluer le modèle IA sans impacter le reste de la plateforme.

3.2. Etude Conceptuel :

3.2.1. Diagramme de cas d'utilisation

La figure ci-dessous présente le diagramme de cas d'utilisation du collaborateur :

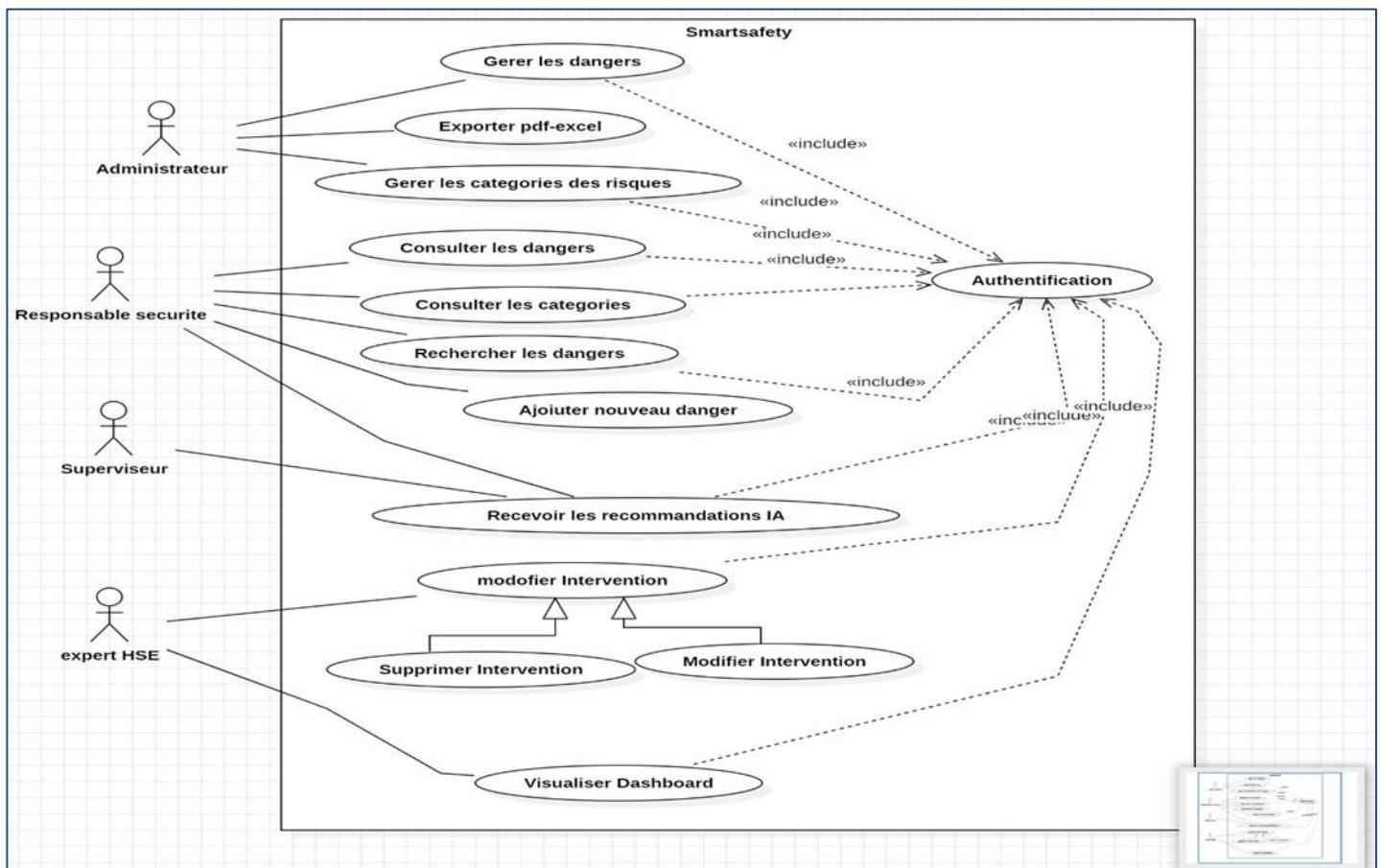


Figure 15 : Diagramme de cas d'utilisation pour l'expert

Ce diagramme de cas d'utilisation illustre, d'un seul coup d'œil, qui fait quoi dans la plateforme Smart-Safety :

Administrateur

- gère l'ensemble de la base : création, modification ou suppression des dangers, des catégories de risques et export des données (PDF/Excel) pour audit ou reporting.

Responsable Sécurité

- accède aux listes de dangers et de catégories, lance des recherches ciblées et enregistre de nouveaux dangers détectés sur le terrain.

Superviseur

- interroge l'IA pour obtenir des recommandations préventives adaptées aux interventions en cours.

Expert HSE

- revoit ou ajuste les interventions (modifier / supprimer) et suit les indicateurs clés via le tableau de bord en temps réel.

3.2.2. Diagrammes de séquences :

Je présente ci-dessous diagramme de séquence détaillant le processus et scénario d'Évaluation d'une Intervention HSE avec Recommandation IA

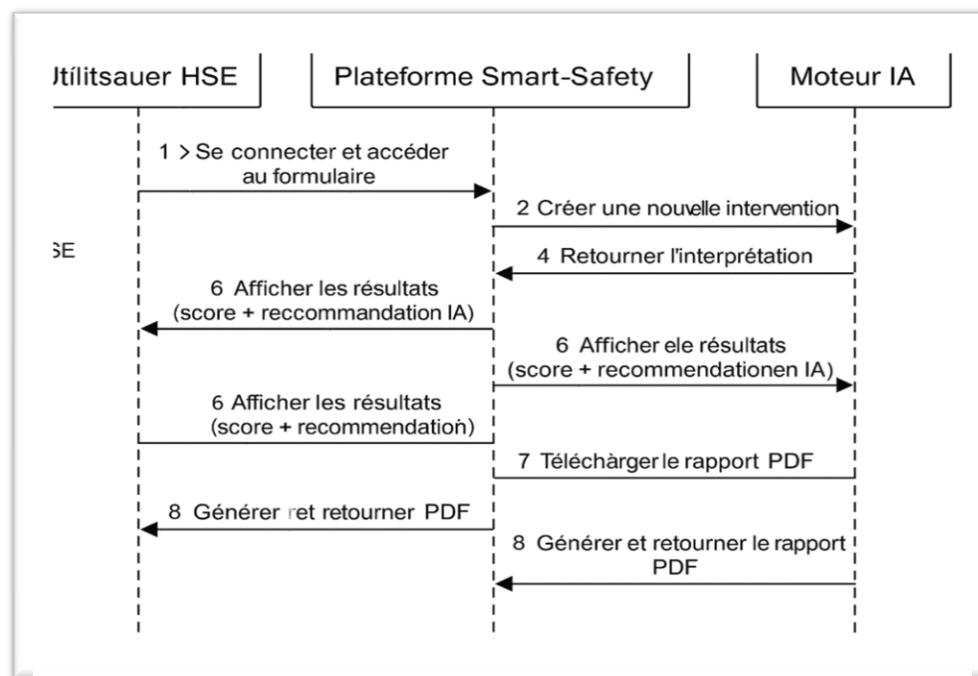


Figure 16 : Diagramme de séquence – authentification

Le diagramme de séquence ci-dessus illustre le processus d'évaluation d'une intervention HSE avec génération de recommandations via l'IA. L'utilisateur HSE accède au formulaire et soumet une nouvelle

intervention, laquelle est traitée par la plateforme Smart-Safety. Cette dernière communique avec le moteur IA (modèle Qwen) pour obtenir une interprétation et des recommandations contextualisées. Les résultats, comprenant le score de criticité et les mesures préventives proposées, sont ensuite affichés à l'utilisateur. Enfin, la plateforme permet de générer un rapport PDF récapitulatif, intégrant l'ensemble des données de l'intervention et les conseils de sécurité issus de l'analyse IA.

1) Le diagramme ci-dessous suivant montre le scénario du l'expert :

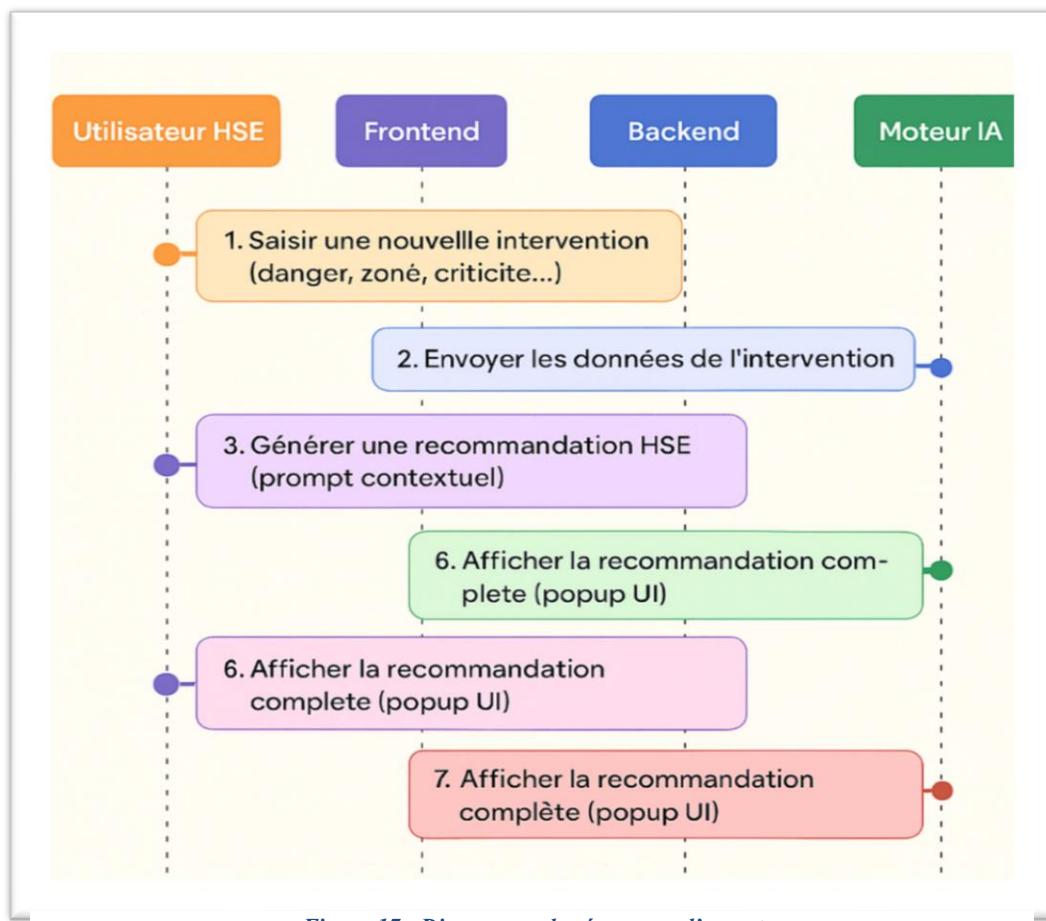


Figure 17 : Diagramme de séquence – l'expert

Ce diagramme de séquence représente le scénario d'interaction de l'expert HSE lors de la saisie d'une nouvelle intervention sur la plateforme Smart-Safety. Après avoir renseigné les détails de l'intervention (type de danger, zone, niveau de criticité), les données sont transmises par le frontend au backend, qui les envoie ensuite au moteur d'intelligence artificielle. Ce dernier génère une recommandation contextualisée à partir d'un prompt enrichi. La réponse du moteur IA est ensuite renvoyée au frontend et présentée à l'utilisateur sous forme de popup détaillée, permettant à l'expert de visualiser instantanément les mesures de prévention adaptées à la situation.

3.2.3. Diagramme de classe global :

Le diagramme de classes global illustré dans la figure x, regroupe les différents objets métiers utilisés par les acteurs de mon application :

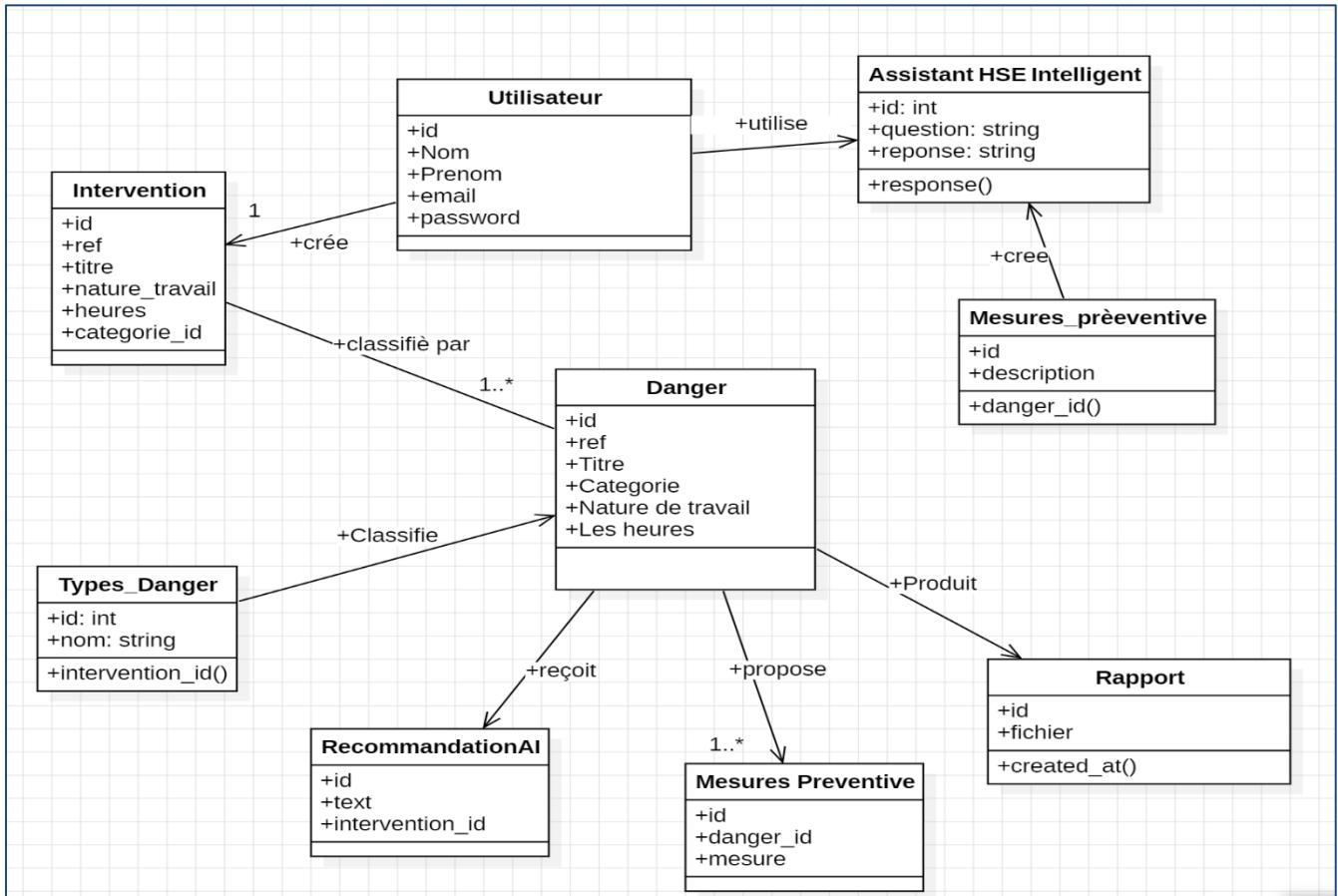


Figure 18 : Diagramme de classe – globale

Le diagramme de classe global modélise l'ensemble des objets métiers manipulés par les différents acteurs de la plateforme Smart-Safety. On y retrouve les entités principales telles que **Utilisateur**, **Intervention**, **Danger**, **Recommandation IA**, **Mesures Préventives** et **Rapport**. Chaque utilisateur peut créer des interventions qui sont classifiées par des dangers spécifiques, eux-mêmes liés à un type. À partir de ces dangers, des mesures préventives et des recommandations personnalisées sont générées, souvent en interaction avec l'**Assistant HSE Intelligent**, qui utilise l'IA pour produire des réponses adaptées.

L'ensemble des informations peut ensuite être synthétisé sous forme de rapport PDF. Ce diagramme met en évidence les relations entre entités, les dépendances fonctionnelles, ainsi que la logique de génération automatique des conseils de sécurité à partir des données terrain.

3.2.4. Diagramme de processus BPMN – Scénario complet d'intervention HSE :

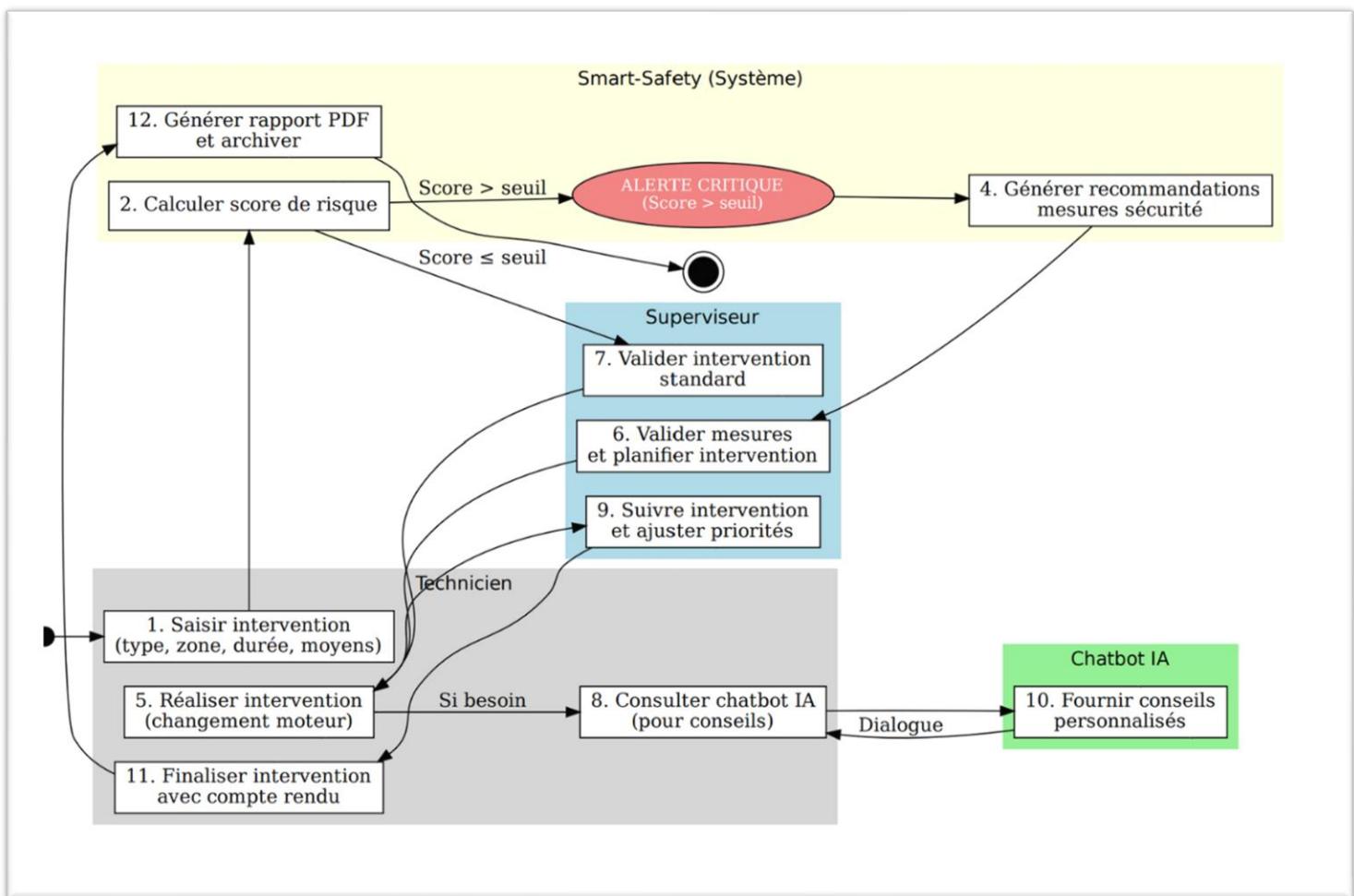


Figure 19 : Diagramme de processus BPMN – Scénario complet d'intervention HSE

Le diagramme de processus ci-dessus représente le scénario complet de traitement d'une intervention HSE au sein de la plateforme Smart-Safety. Le technicien initie le processus en saisissant les détails de l'intervention (type, zone, durée, moyens). Le système calcule alors un score de risque, déclenchant une alerte critique si ce score dépasse un seuil prédéfini. En cas de dépassement, des recommandations de sécurité sont automatiquement générées. Le superviseur est ensuite sollicité pour valider les mesures proposées, planifier l'intervention, et suivre sa progression. Si besoin, le technicien peut consulter le chatbot IA pour obtenir des conseils personnalisés. Une fois l'intervention réalisée, un compte rendu est finalisé, et un rapport PDF est automatiquement généré et archivé.

Conclusion

Dans ce chapitre, j'ai présenté les spécifications fonctionnelles et non fonctionnelles, les spécifications logicielles et l'architecture de mon projet, ainsi que les diagrammes des cas d'utilisation, séquence et de classe pour chaque acteur du système. Enfin, j'ai conclu avec une description des sprints de développement de l'application. Le chapitre suivant portera sur l'analyse et la conception de notre projet où je présenterai le diagramme de classes en plus des différents scénarios éventuels

CHAPITRE IV : Etude Technique

Introduction

Ce chapitre décrit l'implémentation technique du projet Smart-Safety, en expliquant l'architecture logicielle choisie, l'environnement de travail utilisé, ainsi que les outils et frameworks adoptés. Ces éléments permettent de mieux comprendre les fondations technologiques sur lesquelles repose la solution, en particulier l'intégration de composants IA avancés.

4.1. Architecture proposée :

L'architecture de la plateforme Smart-Safety repose sur une séparation en microservices et une communication fluide entre les différentes couches métier, IA et persistance. Le client web (ReactJS) échange avec :

- Un **backend Node.js / Express** qui gère les API REST, la sécurité (JWT), les rôles utilisateurs, le CRUD des interventions/dangers et les rapports PDF.
- Un **microservice IA développé avec FastAPI (Python)** exposé via ASGI, qui prend en charge les recommandations contextuelles en appelant le **modèle Qwen** via l'API Ollama.
- Une **base de données MongoDB**, utilisée pour stocker les utilisateurs, interventions, dangers, recommandations, et journaux d'audit.

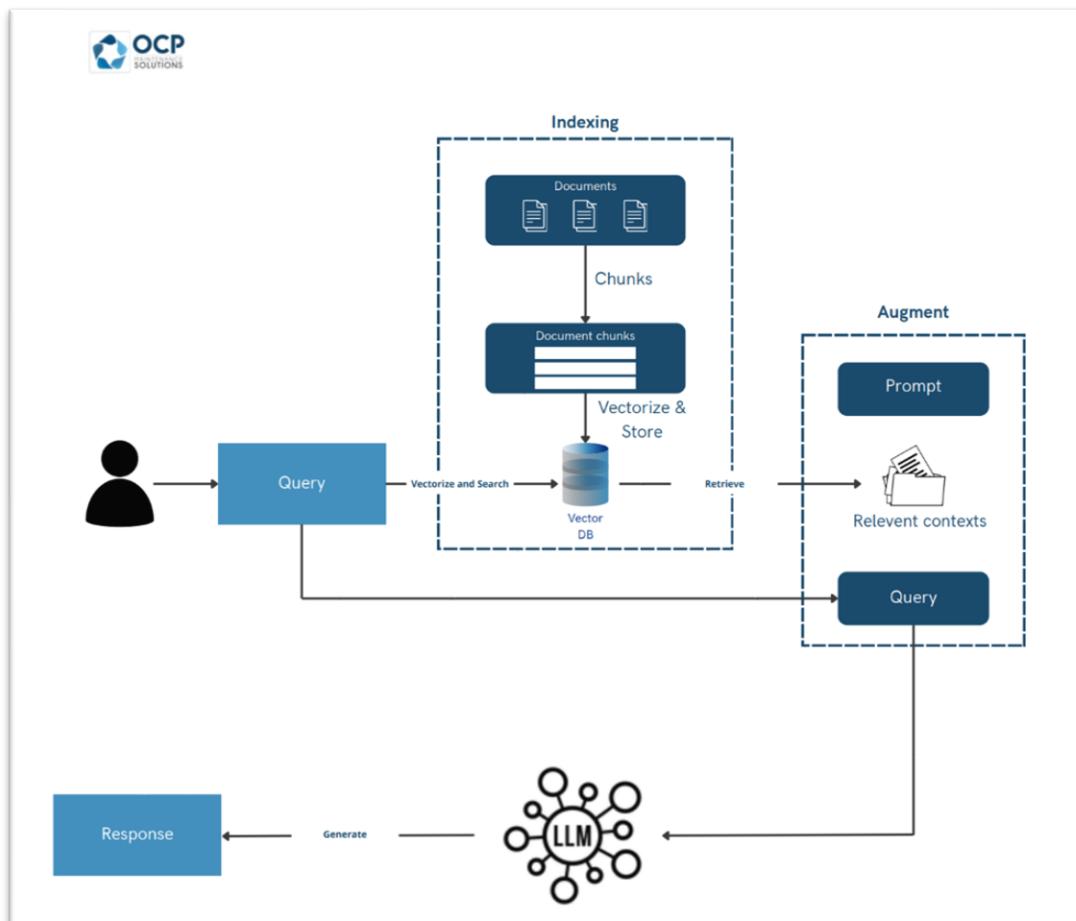


Figure 20 : Le modèle de type RAG (Retrieval-Augmented Generation)

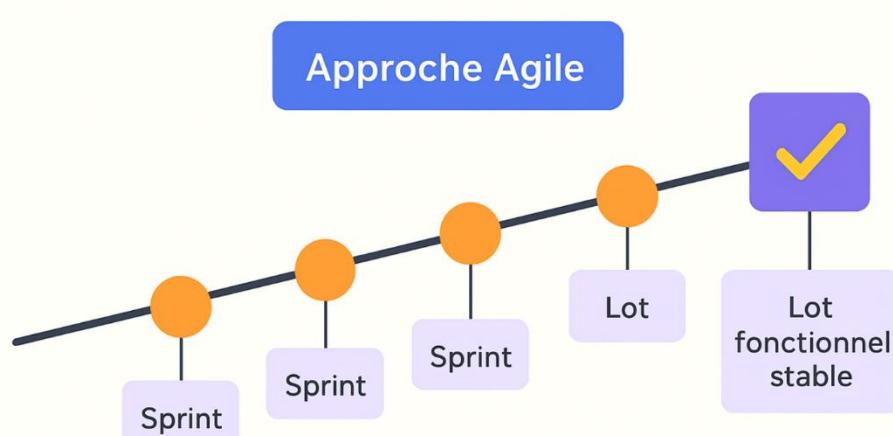
Le modèle de type RAG (Retrieval-Augmented Generation) extrait les chunks pertinents depuis la base vectorielle avant de générer une réponse via LLM.

Avantages de cette architecture :

- Modulaire et scalable
- Séparation claire des responsabilités (métier vs IA)
- Réutilisable pour d'autres applications IA métier

4.2. *Environnement de travail :*

Le développement et le déploiement de la plateforme Smart-Safety ont nécessité la mise en place d'un environnement de travail structuré, capable de répondre aux exigences d'un système critique, interactif et dopé à l'intelligence artificielle. Cette section présente l'organisation des environnements de développement, les contraintes techniques associées, la méthodologie de gestion du projet ainsi que les outils utilisés.



Chaque sprint a permis de livrer un lot fonctionnel stable, validé avec des données simulées.

4.2.1. Vue d'ensemble des environnements

Deux environnements distincts ont été mis en place afin d'assurer une séparation claire entre les phases de développement, de test et de simulation des flux IA :

- Environnement de développement Hébergé localement sur les postes des développeurs, cet environnement intègre l'ensemble des services techniques : frontend ReactJS, backend Express, base MongoDB, et microservice IA FastAPI. Il permet un prototypage rapide des fonctionnalités, ainsi que des tests unitaires et d'intégration.

- Environnement de test intégré (sandbox IA) Simulant les conditions réelles de production, cet environnement est déployé en local ou sur serveur de staging avec des jeux de données représentatifs. Il intègre également le moteur Ollama avec le modèle Qwen pour l'exécution des scénarios de recommandation IA.

4.2.2. Contraintes techniques

Le développement du système a impliqué plusieurs contraintes majeures, liées à la nature hybride du projet (système web + IA temps réel) :

- **Communication entre microservices** L'architecture repose sur une communication HTTP sécurisée entre le client web, l'API métier Express, et le microservice IA (FastAPI). Le moteur Ollama communique via des flux HTTP streaming, nécessitant une gestion efficace des délais de réponse.
- **Traitement IA et vectorisation RAG** L'intégration d'un pipeline RAG (Retrieval-Augmented Generation) implique un processus exigeant de vectorisation de documents, de recherche sémantique, et de génération de réponse. Cela requiert un bon dimensionnement mémoire côté backend et des appels asynchrones gérés proprement.
- **Sécurisation des données sensibles** Les interventions saisies pouvant contenir des éléments critiques, un système d'authentification JWT a été mis en place, avec des rôles et des permissions contrôlées. De plus, des logs d'audit ont été intégrés pour assurer une traçabilité complète.
- **Disponibilité de la base MongoDB** La base NoSQL devant supporter des requêtes fréquentes sur les interventions et dangers, l'environnement de test a été optimisé (indexation, schéma flexible via Mongoose).

4.2.3. Organisation du développement

Le développement du projet Smart-Safety a été piloté selon une approche itérative et agile, en suivant les principes de **Scrum** :

- **Découpage en Sprints** Le projet a été structuré en 5 sprints thématiques (frontend, backend, IA, scoring , export), chacun intégrant des user stories claires, planifiées et testées.
- **Collaboration entre branches techniques** La séparation logique des responsabilités (UI, API, IA) a permis une parallélisation du développement, avec une synchronisation régulière au niveau du dépôt Git.
- **Méthodologie empirique et feedback** Des cycles courts avec livrables fonctionnels ont permis

d'intégrer rapidement les retours des encadrants et d'ajuster les choix techniques.

4.2.4. Sécurisation des environnements

Compte tenu de la sensibilité des données manipulées (risques HSE, interventions réelles), plusieurs mesures de sécurité ont été appliquées dans les environnements :

- **Isolation des environnements** Aucun jeu de données réel n'est partagé entre le développement local et la version test, pour limiter les risques de fuite ou d'erreur.
- **Gestion sécurisée des clés et tokens** Les secrets (tokens JWT, clés d'accès IA, URI sensibles) sont stockés dans des fichiers .env ignorés par Git, évitant toute exposition accidentelle.
- **Audit et journalisation** Chaque action sensible (connexion, création/suppression d'intervention, accès aux recommandations) est journalisée dans une collection audit_logs, accessible uniquement par les administrateurs

4.3. Outils technique :

Les choix techniques sont variés en raison de la nature de l'application. Il fallait aligner le choix technologique de mon projet puisqu'il s'agit de deux applications du web et du mobile dans le cadre du même produit Remote Assistant.

4.3.1. Framework de développement

Le choix des technologies a été guidé par des critères de performance, de scalabilité, et de compatibilité avec les besoins en intelligence artificielle. Voici un aperçu des composants clés retenus.

4.3.1.1. ReactJS (client web)

ReactJS est la bibliothèque JavaScript retenue pour le *single-page application* (SPA). Associée à **Vite** et **Type Script**, elle offre :

- Un *state management* moderne (ReactJS Query + Contexte API) ;
- Une UI réactive (hooks, composants modulaires) ;
- Un rendu côté client optimisé (lazy-loading, suspense).

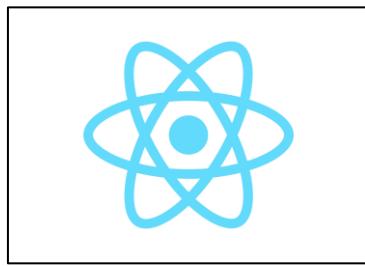


Figure 21 : ReactJS

4.3.1.2. *Express JS*

Express JS est le micro-Framework Node.js choisi pour bâtir l'API métier. Léger et non opiniâtre, il nous permet de :

- exposer des routes REST sécurisées (JWT, RBAC) ;
- orchestrer la logique CRUD (Utilisateurs, Interventions, Dangers, KPI) ;
- servir de passerelle entre le client React et la base MongoDB.
- *Atout principal* : son écosystème (middlewares, Mongoose, Swagger) accélère la mise en production.

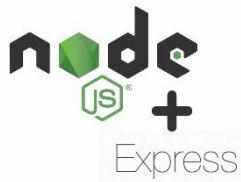


Figure 22 : Express JS

4.3.1.3. *MongoDB*

MySQL Base NoSQL choisie pour sa souplesse de schéma et sa scalabilité horizontale ;
collections clés : « users, interventions, dangers, recommendations, audit_logs. »
L'ODM Mongoose gère la validation et les relations faiblement couplées.



Figure 23 : MongoDB

4.3.1.4. *Fast API*

FastAPI, framework Python asynchrone (ASGI), héberge tous les services IA :

- points d'entrée /recommendation et /chat ;
- validation Pydantic des requêtes ;
- temps de réponse < 200 ms grâce à async/await.

Son intégration native avec **Swagger/OpenAPI** simplifie la documentation et les tests.



Figure 24 : FastAPI

4.3.1.5. *Ollama + Qwen*

Le conteneur **Ollama** exécute le **modèle Qwen** (LLM). FastAPI communique avec lui via HTTP streaming pour :

- générer des recommandations préventives contextuelles ;
- alimenter l'Assistant HSE Intelligent (agent conversationnel).



Figure 25 : Ollama

4.3.1.6. *Bootstrap*

Framework utilitaire CSS employé pour des interfaces épurées, responsives et accessibles (dark / light mode natif).



Figure 26 : Bootstrap

4.3.2. Tableau de benchmarking

Le visuel compare, sous forme de grille, **cinq technologies principales** retenues pour le projet — React JS (front-end), Express JS (back-end Node), MongoDB (base NoSQL), FastAPI (API Python) et Bootstrap (cadre CSS)

| Criteria | ReactJS (frentend) | ExpressJS Backend Node | MongoDB (database) | FastAPI (Python API) | Bootstrap (CS framework) |
|-------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Performance | ★★★★★ | ★★★★★ | ★★★★★ | Excellent | Good |
| Scalability | Good | ★★★ | ★★★★★ | ★★★ | Good |
| Learning Curve | Moderate | Moderate | ★★★ | ★★★ | Easy |
| Ecosystem/ Community | ★★★★★ | ★★★★★ | ★★★★★ | ★★★★ | Good |
| AI/ML Support | ★☆ | Moderate | Moderate | ★★★★ | Limited |
| Deployment Ease | ★★★★★ | ★★★★★ | ★★★★★ | ★★★★★ | ★★★★ |
| Deployment Ease | ★★★★★ | ★★★★★ | ★★★★★ | ★★ | ★★★★ |

Tableau 6 : tableau du benchmarking

- **FastAPI** domine en performance et en support IA/ML, idéal pour exposer vos services d'intelligence artificielle.
- **React JS + Express JS** forment un duo front/back équilibré grâce à leur modularité, leur communauté et leur déploiement simplifié en conteneurs.
- **MongoDB** complète la pile côté données par sa scalabilité horizontale et sa flexibilité de schéma.
- **Bootstrap** reste pertinent pour accélérer la mise en page responsive, même si son apport IA est limité.

4.3.3. Outils de développement

4.3.2.1.

Visual Studio Code :

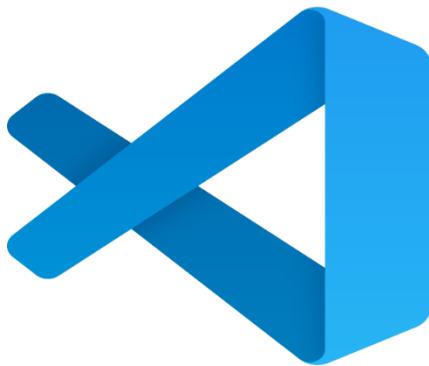


Figure 27 : Visual Studio Code

Visual Studio Code (VS Code) est un **éditeur de code open-source, multiplateforme et léger** développé par Microsoft. Offrant une prise en charge native de Git et de nombreux langages (JavaScript, Type Script, Python, Java, etc.), il se distingue par son moteur **IntelliSense** qui propose complétion de code, refactorisation et documentation contextuelle. Le débogueur intégré, associé à un terminal embarqué, permet d'exécuter et de tester l'application sans quitter l'IDE. Grâce à son **Marketplace** de milliers d'extensions (ESLint, Prettier, Docker, Live Share...), VS Code s'adapte à tous les workflows, du frontend ReactJS à l'API Node.js en passant par les micro services Python.

4.3.2.2.

Git :



Figure 28 : Git

Git est un système de gestion de versions (VCS, Version Control System) open-source largement utilisé pour le suivi des modifications dans les projets de développement logiciel. Il a été créé par **Linus Torvalds** en 2005 et est devenu un outil essentiel pour la collaboration dans le développement logiciel, le suivi des modifications de code, la gestion de versions de projets, et bien plus encore.

4.3.2.3.

StarUML



Figure 29 : StarUML

StarUML est un **outil de modélisation visuelle** supportant UML 2.x, le diagramme entité-relation et d'autres notations (SysML, ArchiMate). Conçu pour accélérer la conception logicielle, il propose la génération automatique de code (Java, TypeScript...) et le *reverse engineering* à partir de projets existants. Les modèles peuvent être exportés en formats vectoriels (SVG, PDF) ou intégrés dans la documentation.

Conclusion

Ce chapitre a été divisé en deux parties représentant les fonctionnalités développées dans le projet. Pour chaque fonctionnalité, j'ai commencé par exposer son diagramme de cas d'utilisation, ses différents scénarios éventuels et son diagramme de séquence. J'ai conclu la phase de conception par le diagramme de classes global du système. Dans le chapitre suivant, je présente ces diagrammes sous forme d'interfaces et les différentes technologies que j'ai utilisé.

CHAPITRE V : Mise en œuvre

Introduction :

Ce chapitre présente la concrétisation du projet Smart-Safety, en détaillant les principales étapes de réalisation technique et fonctionnelle, depuis la conception des interfaces jusqu'à l'intégration de l'intelligence artificielle. L'accent est mis sur l'organisation du code, les outils employés, le déploiement et les problèmes rencontrés.

Dans cette partie je présenterai les interfaces de mon application.

5.1. Sprint 1 – Fondation du système & Interfaces de base

Objectif : Mettre en place l'infrastructure technique et les premières interfaces d'intervention.

5.1.1. Architecture technique du projet

- Le frontend appelle l'API métier (Express) pour le CRUD et les exports
- Le frontend appelle Fast API pour la génération de recommandations IA

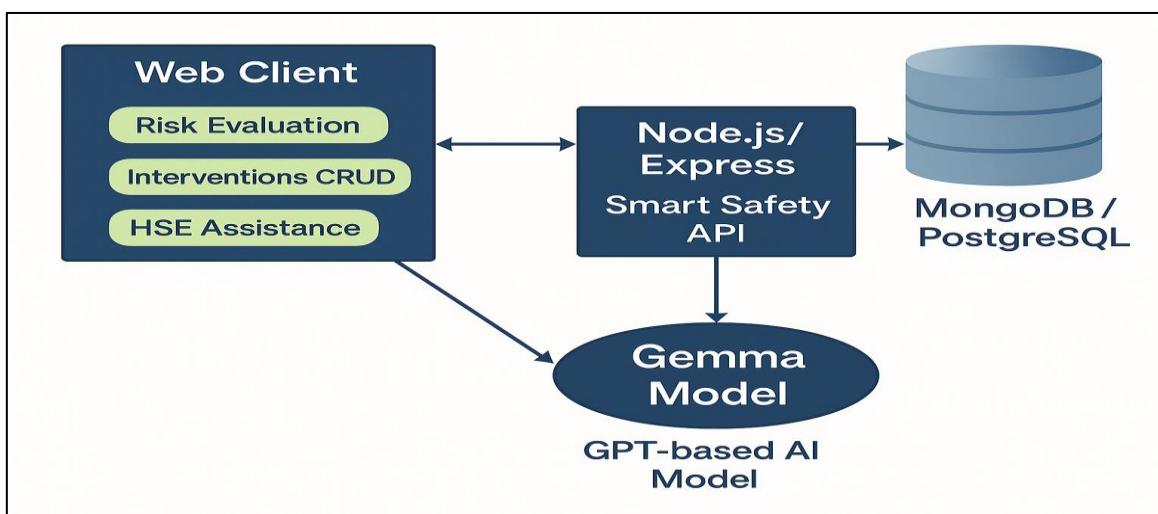


Figure 30 : Architecture technique

5.1.2. Interface de connexion (Login) :

L'utilisateur entre son email et mot de passe pour accéder aux services sécurisés de la plateforme. L'authentification est sécurisée via JWT.

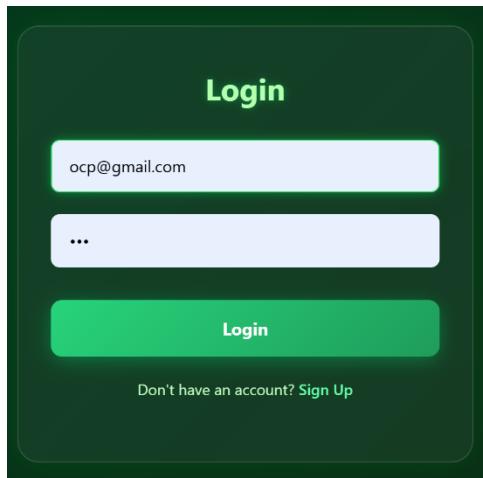


Figure 31 : Login page

5.1.3. Interface d'accueil principale :

Cette interface offre une vue d'ensemble des services proposés par la plateforme Smart-Safety, avec un bouton d'accès direct à l'évaluation des risques HSE.

Figure 32 : écran d'accueil

5.1.4. Formulaire de déclaration d'intervention

Le technicien saisit ici les détails de l'intervention (zone, durée, exposition, gravité, probabilité) pour initier le calcul du score de risque.

Gestion des Interventions

Suivez et gérez vos interventions de sécurité en toute simplicité.

| | |
|----------------------|------------------------|
| Type d'intervention | Zone d'intervention |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| Moyens humains | Moyens matériels |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| Durée (heures) | Niveau d'exposition |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| Gravité (1 - 40) | Probabilité (0.2 - 10) |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> |

[Ajouter Intervention](#)

Figure 33: Formulaire de déclaration d'intervention

5.1.5. Tableau des interventions enregistrées

Cette interface permet de visualiser, modifier ou supprimer les interventions enregistrées, avec leur score de risque et les recommandations préventives correspondantes.

Interventions Enregistrées

| Famille Danger | Type d'intervention | Zone d'intervention | Moyens Humains | Moyens Matériels | Durée d'intervention | Score Risque | Interprétation Préventif | Actions | |
|-----------------------|---|-----------------------------------|--|---|----------------------|--------------|--|---|--|
| Physique | Maintenance préventive sur un tableau électrique | Maroc Chimie | 2 | Panneaux isolants, Outils de fixation, Casques antibruit | 2 | 14 | ● Risque très limité-acceptable | Modifier | Supprimer |
| Physique, Ergonomique | Manutention manuelle de sacs lourds dans un espace restreint avec présence de poussière | Unité de stockage OCP Safi | 2 opérateurs manutentionnaires | Transpalette manuel, gants, masque anti-poussière | 3 | 480 | ● Arrêt du Travail Requis! | Modifier | Supprimer |
| Chimique | MONTAGE moteur électrique du broyeur | Maroc Chimie | 2 | Panneaux isolants, Outils de fixation, Casques antibruit | 5 | 4 | ● Risque très limité-acceptable | Modifier | Supprimer |
| Chimique | Maintenance préventive - Bande Transporteuse | Zone de concassage - Atelier BTP2 | 1 chef d'équipe, 2 opérateurs mécaniques | Clés dynamométriques, kit de lubrification, capteurs de vibration | 3 | 420 | ● Arrêt du Travail Requis! | Modifier | Supprimer |
| Physique | Remplacement moteur électrique sur la ligne de production | Secteur 3 - Ligne convoyeur | 2 techniciens, un électricien et un mécanicien | Poste soudure | 3 | 600 | ● Arrêt du Travail Requis! | Modifier | Supprimer |
| Chimique | MONTAGE moteur électrique du broyeur | Maroc Chimie | 2 | Panneaux isolants, Outils de fixation, Casques antibruit | 2 | 144 | ● Mesures Immédiates Requises | Modifier | Supprimer |

⚠️ Supprimer Toutes les Interventions

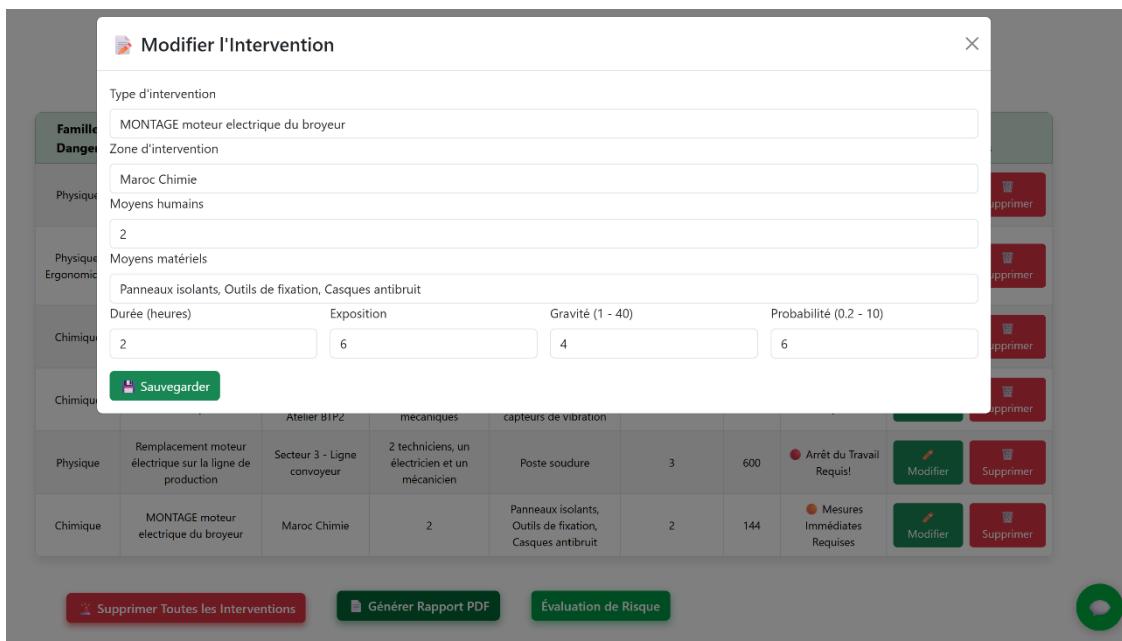
🖨️ Générer Rapport PDF

🔍 Évaluation de Risque


Figure 34 : Tableau des interventions enregistrée

5.1.6. Interface de modification d'intervention

Un formulaire pré-rempli permettant d'ajuster les paramètres d'une intervention déjà déclarée avant recalculation du score.



Modifier l'Intervention

Type d'intervention: MONTAGE moteur électrique du broyeur

Zone d'intervention: Maroc Chimie

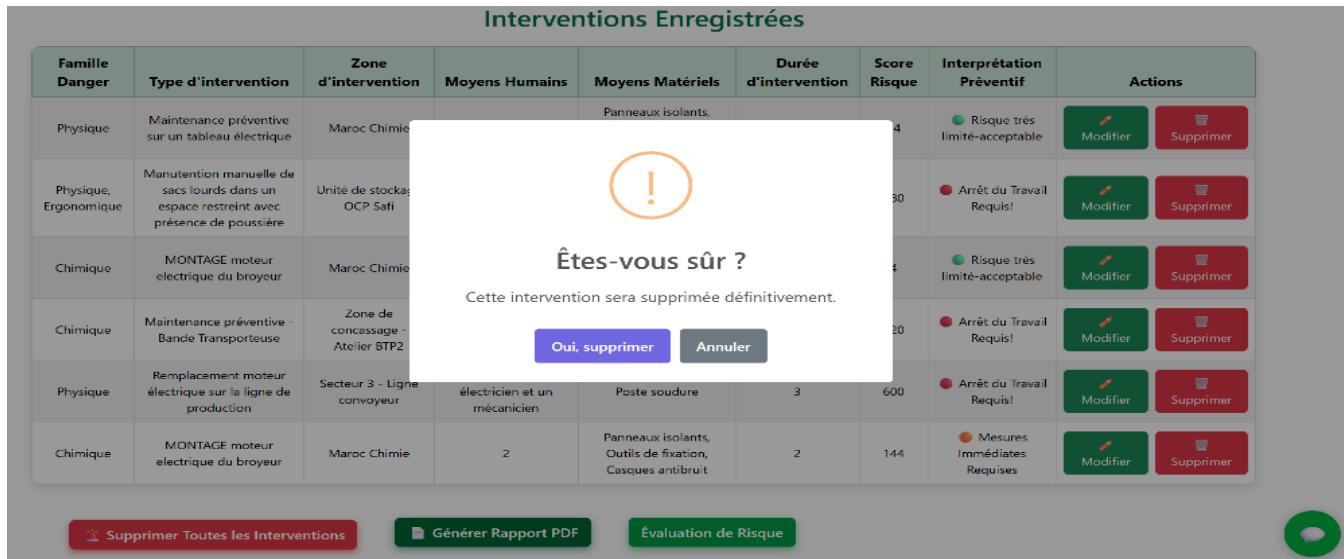
| Famille Danger | Atelier BTP2 | mecaniques | capteurs de vibration | | | | | |
|----------------|---|-----------------------------|--|--|---|-----|-------------------------------|--|
| Physique | Remplacement moteur électrique sur la ligne de production | Secteur 3 - Ligne convoyeur | 2 techniciens, un électricien et un mécanicien | Poste soudure | 3 | 600 | ● Arrêt du Travail Requis! | <button>Modifier</button> <button>Supprimer</button> |
| Chimique | MONTAGE moteur électrique du broyeur | Maroc Chimie | 2 | Panneaux isolants, Outils de fixation, Casques antibruit | 2 | 144 | ● Mesures Immédiates Requises | <button>Modifier</button> <button>Supprimer</button> |

Supprimer Toutes les Interventions Générer Rapport PDF Évaluation de Risque

Figure 35 : modifier intervention

5.1.7. Boîte de confirmation avant suppression

Lorsqu'un utilisateur tente de supprimer une intervention, une boîte de confirmation apparaît pour éviter toute suppression accidentelle. Cette fonctionnalité est implémentée via un composant React conditionnel avec une alerte visuelle, combinée à une suppression sécurisée par token JWT côté backend ExpressJS.



Interventions Enregistrées

| Famille Danger | Type d'intervention | Zone d'intervention | Moyens Humains | Moyens Matériels | Durée d'intervention | Score Risque | Interprétation Préventif | Actions | |
|-----------------------|---|-----------------------------------|--|--|----------------------|--------------|---------------------------------|--|--|
| Physique | Maintenance préventive sur un tableau électrique | Maroc Chimie | Panneaux isolants, Outils de fixation, Casques antibruit | 2 techniciens, un électricien et un mécanicien | Poste soudure | 3 | 600 | ● Risque très limité-acceptable | <button>Modifier</button> <button>Supprimer</button> |
| Physique, Ergonomique | Manutention manuelle de sacs lourds dans un espace restreint avec présence de poussière | Unité de stockage - OCP Safi | | | | 30 | ● Arrêt du Travail Requis! | <button>Modifier</button> <button>Supprimer</button> | |
| Chimique | MONTAGE moteur électrique du broyeur | Maroc Chimie | | | | 4 | ● Risque très limité-acceptable | <button>Modifier</button> <button>Supprimer</button> | |
| Chimique | Maintenance préventive - Bande Transporteuse | Zone de concassage - Atelier BTP2 | | | | 30 | ● Arrêt du Travail Requis! | <button>Modifier</button> <button>Supprimer</button> | |
| Physique | Remplacement moteur électrique sur la ligne de production | Secteur 3 - Ligne convoyeur | électricien et un mécanicien | Poste soudure | 3 | 600 | ● Arrêt du Travail Requis! | <button>Modifier</button> <button>Supprimer</button> | |
| Chimique | MONTAGE moteur électrique du broyeur | Maroc Chimie | 2 | Panneaux isolants, Outils de fixation, Casques antibruit | 2 | 144 | ● Mesures Immédiates Requises | <button>Modifier</button> <button>Supprimer</button> | |

Supprimer Toutes les Interventions Générer Rapport PDF Évaluation de Risque

Figure 36 : Supprimer intervention

5.2. Sprint 2 – Analyse et gestion des risques

Objectif : Visualiser et évaluer les risques HSE via des interfaces de filtrage et de recommandations.

5.1.8. Écran d'évaluation globale des risques

Cette interface synthétise les résultats agrégés des interventions. Des métriques telles que la moyenne, la médiane et la criticité maximale sont affichées, ainsi qu'un indicateur visuel de réduction globale. Ces indicateurs sont calculés à partir des données enregistrées dans MongoDB et rafraîchis dynamiquement via React Query.



Figure 37 : Écran d'évaluation globale des risques

5.1.9. Filtrage des interventions par zone

L'utilisateur peut filtrer les résultats par zone d'intervention pour cibler les interventions critiques dans une zone industrielle spécifique. Ce filtrage côté client est combiné à une requête optimisée vers l'API Express pour ne charger que les données pertinentes. Cela améliore la lisibilité des risques par zone et facilite la prise de décision locale.

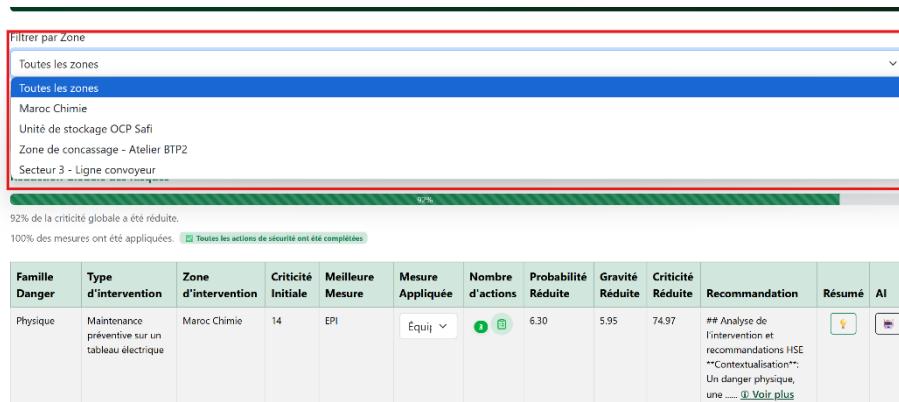


Figure 38 : Filtrage des interventions par zone

5.1.10. Sélection et application des mesures de prévention

L'utilisateur peut sélectionner une mesure de prévention (élimination, substitution, EPI, etc.) via un menu déroulant pour chaque intervention. Cette action déclenche une mise à jour dynamique des paramètres de criticité réduite (gravité et probabilité), visualisée en temps réel. Cette logique repose sur un système de pondération calculé côté client avec des règles métier configurées dans un composant React dynamique.

96% de la criticité globale a été réduite.

100% des mesures ont été appliquées. [Toutes les actions de sécurité ont été complétées](#)

| Famille Danger | Type d'intervention | Zone d'intervention | Criticité Initiale | Meilleure Mesure | Mesure Appliquée | Nombre d'actions | Probabilité Réduite | Gravité Réduite | Criticité Réduite | Recommandation | Résumé | AI |
|-----------------------|---|----------------------------|--------------------|------------------|---|------------------|---------------------|-----------------|--|---|--------|----|
| Physique | Maintenance préventive sur un tableau électrique | Maroc Chimie | 14 | EPI | Équip. ▾ | 3 | 6.30 | 0.85 | 10.71 | ## Analyse de l'intervention et recommandations HSE **Contextualisation**: Un danger physique, une Voir plus | | |
| Physique, Ergonomique | Manutention manuelle de sacs lourds dans un espace restreint avec présence de poussière | Unité de stockage OCP Safi | 480 | Élimination | Sélectionner Élimination Substitution Mesure Technique Mesure Administrative Équipement de Protection Individuelle | | 3.00 | 1.20 | ## Plan d'action HSE pour l'intervention de manutention de sacs lourds **Situation:** Intervention Voir plus | | | |

Figure 39 : Sélection et application des mesures de prévention

5.1.11. Recommandation complète générée par l'IA

Une fois l'intervention validée, un clic sur le bouton IA ouvre une modale affichant une recommandation complète structurée par l'IA. L'analyse inclut la contextualisation du danger, les critères critiques et un plan d'action HSE basé sur les normes OCP. Cette recommandation est générée à partir d'un appel POST vers le micro service Fast API, qui interroge Ollama via une architecture RAG.

Recommandation complète
X

Analyse et recommandations HSE pour l'intervention de montage d'un moteur électrique du broyeur

Contextualisation La présente analyse s'appuie sur les informations fournies concernant une intervention à évaluer

- ▶ **Famille Danger:** Chimique (ce qui nécessite des protocoles spécifiques)
- ▶ **Type d'intervention:** Montage d'un moteur électrique d'un broyeur.
- ▶ **Zone:** Maroc Chimie.
- ▶ **Critères critiques:** Initialement, la gravité est estimée à 180, une mesure technique a été appliquée et la gravité a diminué à 2.00.
- ▶ **Probabilité:** La probabilité de l'intervention présente 3.00.
- ▶ **Recommandations HSE:****
 - La mise en oeuvre d'un plan d'action spécifique adapté aux risques chimiques et au type d'intervention, est primordial pour garantir la sécurité des intervenants.

Voici une recommandation HSE structurée, basée sur les normes OCP

Lire
Arrêter
Fermer

Figure 40 : Recommandation complète générée par l'IA

5.1.12. Matrice de risque (Gravité × Probabilité)

La matrice de risque permet une visualisation graphique des interventions selon leurs niveaux de danger. Chaque point représente une intervention, positionné selon sa probabilité et sa gravité. Ce graphique aide à

prioriser les actions préventives sur les cas les plus critiques.

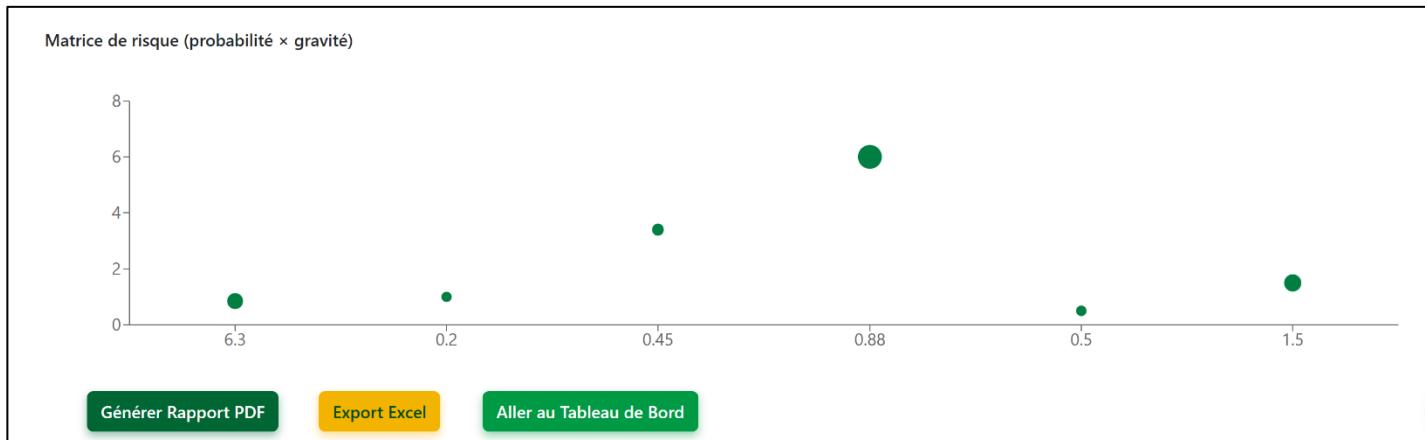


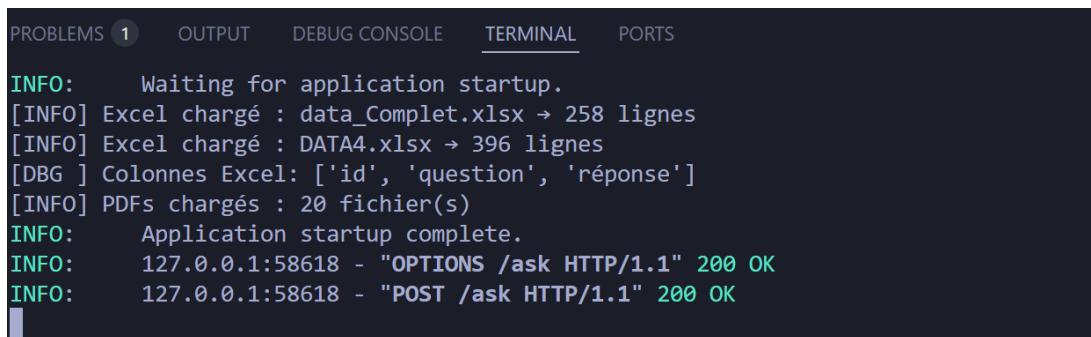
Figure 41 : Matrice de risque (Gravité × Probabilité)

5.3. Sprint 3 – Intégration de l'IA et génération de rapports

Objectif : Intégrer les services IA et automatiser les documents exportables.

5.1.13. Requête POST vers le microservice IA (FastAPI)

La console montre l'appel d'API POST /ask effectué depuis l'interface frontend vers le backend FastAPI. Cette requête contient les données d'intervention et permet d'obtenir une réponse contextuelle du modèle IA Qwen via Ollama. Cela prouve la liaison fonctionnelle en temps réel entre les modules.



```

PROBLEMS 1 OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS
INFO: Waiting for application startup.
[INFO] Excel chargé : data_Complet.xlsx → 258 lignes
[INFO] Excel chargé : DATA4.xlsx → 396 lignes
[DBG] Colonnes Excel: ['id', 'question', 'réponse']
[INFO] PDFs chargés : 20 fichier(s)
INFO: Application startup complete.
INFO: 127.0.0.1:58618 - "OPTIONS /ask HTTP/1.1" 200 OK
INFO: 127.0.0.1:58618 - "POST /ask HTTP/1.1" 200 OK

```

Figure 42 : Requête POST vers le microservice IA (FastAPI)

5.1.14. Génération d'un rapport PDF automatisé

Cette capture montre la fonctionnalité de génération de rapports PDF intégrée à l'interface Smart-Safety. En un clic sur le bouton "Générer Rapport PDF", un rapport structuré des interventions est produit automatiquement, incluant les données critiques, les recommandations HSE et les mesures appliquées. Cela simplifie la documentation réglementaire et permet une traçabilité optimale.

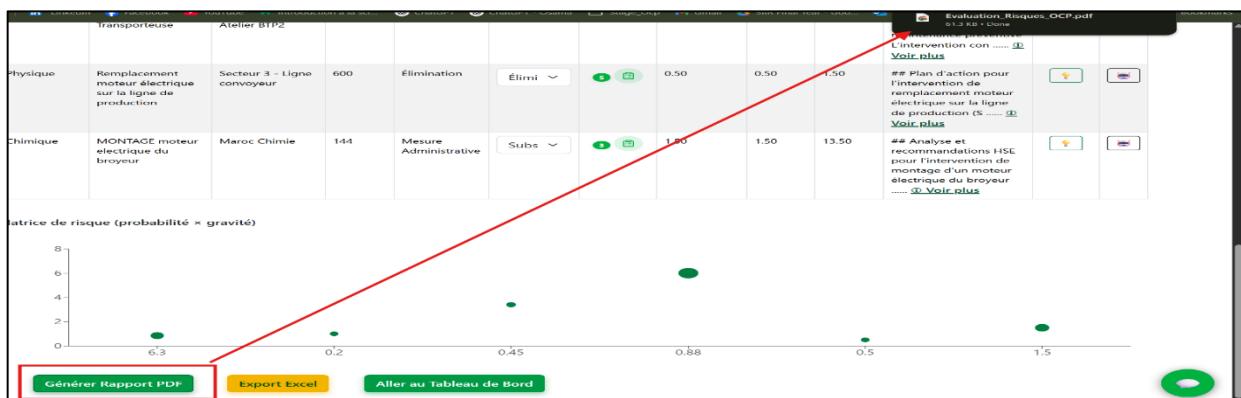


Figure 43 : Génération d'un rapport PDF automatisé

5.1.15. Aperçu du rapport PDF généré

Le document affiché illustre un rapport officiel d'évaluation des risques généré par la plateforme. Ce rapport contient les détails de chaque intervention : type de danger, zone, criticité, mesures prises et recommandations IA. Ce format est directement exploitable pour les audits internes et les communications avec les responsables HSE.



Rapport d'Évaluation des Risques

OCP - Safety Management System

Date: 6/4/2025

| Famille Danger | Type d'intervention | Zone | Criticité Initiale | Mesure Appliquée | Criticité Réduite | Ref. Reco |
|-----------------------|---|-----------------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------|
| Physique | Maintenance préventive sur un tableau électrique | Maroc Chimie | 14 | EPI | 10.71 | 1 |
| Physique, Ergonomique | Manutention manuelle de sacs lourds dans un espace restreint avec présence de poussière | Unité de stockage OCP Safi | 480 | Élimination | 1.20 | 2 |
| Chimique | MONTAGE moteur électrique du broyeur | Maroc Chimie | 4 | EPI | 3.06 | 3 |
| Chimique | Maintenance préventive - Bande Transporteuse | Zone de concassage - Atelier BTP2 | 420 | Substitution | 31.50 | 4 |
| Physique | Remplacement moteur électrique sur la ligne de production | Secteur 3 - Ligne convoyeur | 600 | Élimination | 1.50 | 5 |
| Chimique | MONTAGE moteur électrique du broyeur | Maroc Chimie | 144 | Substitution | 13.50 | 6 |

Figure 44 : Aperçu du rapport PDF généré

5.1.16. Rapport IA détaillé – Page recommandation individuelle

Il s'agit d'une page IA générée dynamiquement pour une intervention spécifique. La recommandation HSE est produite par le moteur IA à partir des données saisies (gravité, zone, type de travail). Le rapport inclut un contexte, une analyse critique et des actions concrètes à prendre avant, pendant et après l'intervention. Cette fonctionnalité automatise la production de contenu HSE conforme aux standards OCP.

Rapport d'Évaluation des Risques

OCP - Safety Management System

Date: 6/4/2025

Recommandations IA Détailées

Recommandation : 1

Famille Danger : Physique

Type d'intervention : Maintenance préventive sur un tableau électrique

Zone : Maroc Chimie

Criticité initiale : 14

Mesure appliquée : EPI

Criticité réduite : 10.71

Recommandation IA :

Analyse et recommandations HSE pour l'intervention sur tableau électrique à Maroc Chimie

Contexte:
L'intervention consiste en une maintenance préventive sur un tableau électrique dans la zone Maroc Chimie. La situation présente un risque physique initialement élevé (critique initiale de 14) avant d'être réduite via la mise en place d'une mesure de sécurité appropriée.

Analyse:
La baisse de la critique (critique réduite de 74.97) et de la probabilité (6.30), malgré une intervention de maintenance, montre l'efficacité des mesures mises en place. Cette situation peut être interprétée comme une réussite de la mise en place de mesures HSE préventives qui ont permis d'atténuer le risque initialement présent.

Recommandations HSE:
Malgré la réduction du risque, il est important de s'assurer que les principes de sécurité et de prévention restent au cœur de l'intervention. Voici quelques recommandations:

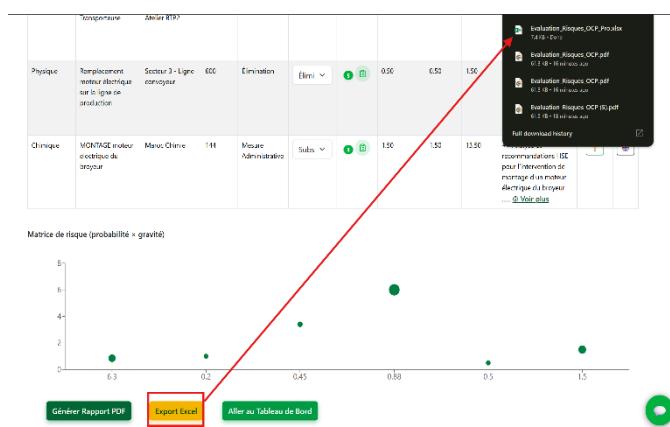
- **Mesures préalables à l'intervention:**
Avant toute intervention sur un tableau électrique, une analyse des risques doit être réalisée pour identifier et prendre en compte les dangers potentiels. La documentation de la situation (P.O., FDS, etc.) est cruciale.
- **La qualification du personnel est importante.** Des interventions précises nécessitent une expertise et une formation adéquate.
- **Elaborer un plan d'intervention détaillé.** Ce plan doit inclure les étapes de l'intervention (déroulement, sécurité, protection) et la disposition des ressources nécessaires.
- **Mesures pendant l'intervention:**
Mise en place de barrières de sécurité : En cas de danger potentiel, les barrières de sécurité doivent être mises en place pour protéger les personnes impliquées dans l'intervention.
- **Protection physique.** La mise en place d'équipements de protection individuelle (EPI) appropriés est primordiale pour réduire les risques de contact avec les tensions électriques. Vérification et entretien régulier des EPI avant chaque intervention.
- **Mesures post-intervention:**
Inspection finale de la zone : Après l'intervention, une inspection finale de la zone doit être réalisée pour vérifier si tout danger persiste.
- **Documentation de l'intervention.** L'intervention doit être documentée (P.O., FDS) et il est important de suivre les procédures habituelles d'incident en OCP.
- **Enregistrement et suivi:**
Suivi des interventions : Un registre doit être mis en place pour documenter chaque intervention, incluant date, heure, personnel impliqué, type d'intervention, risque évalué, mesures prises, etc.

Conclusion:
L'intervention sur le tableau électrique à Maroc Chimie montre que la mise en place de mesures HSE préventives est efficace pour atténuer les risques et minimiser les conséquences potentielles. Il est

Figure 45 : Rapport IA détaillé

5.1.17. Export Excel depuis l'interface utilisateur

Ce Screenshot montre l'action utilisateur qui consiste à cliquer sur "Export Excel". Ce bouton déclenche l'exportation des données d'interventions vers un fichier .xlsx. Cette fonction est essentielle pour les ingénieurs HSE souhaitant manipuler les données en dehors de l'application (par exemple, pour créer des tableaux croisés dynamiques, des filtres avancés, etc.).



The screenshot shows a risk assessment matrix and a scatter plot. A red arrow points from the 'Export Excel' button at the bottom left to a context menu that appears when the mouse is over the 'Actions' column of the matrix table. The context menu contains several options related to exporting reports in various formats (Excel, PDF, Word, etc.) and a 'Full download history' option.

Figure 46 : Export Excel depuis l'interface utilisateur

5.1.18. Rapport Excel – Évaluation des Risques

Cette capture représente un extrait du fichier Excel généré automatiquement par la plateforme Smart-Safety. Chaque ligne correspond à une intervention évaluée : elle affiche le type de danger, la zone concernée, la criticité initiale, la mesure HSE appliquée, ainsi que la criticité réduite obtenue après intervention. Cet

export est utile pour les rapports HSE, les audits ou l'analyse statistique via Excel.

| Rapport d'Évaluation des Risques HSE – OCP | | | | | | |
|--|---|-----------------------------------|--------------------|-----------------|-------------------|--|
| Date : 6/4/2025 | | | | | | |
| Famille Danger | Type d'intervention | Zone | Criticité Initiale | Meure Appliquée | Criticité Réduite | |
| Physique | Maintenance préventive sur un tableau électrique | Maroc Chimie | 14 | EPI | 10.71 | |
| Physique, Ergonomique | Manutention manuelle de sacs lourds dans un espace restreint avec présence de poussière | Unité de stockage OCP Safi | 480 | Élimination | 1.20 | |
| Chimique | MONTAGE moteur électrique du broyeur | Maroc Chimie | 4 | EPI | 3.06 | |
| Chimique | Maintenance préventive - Bande Transporteuse | Zone de concassage - Atelier BTP2 | 420 | Substitution | 31.50 | |
| Physique | Remplacement moteur électrique sur la ligne de production | Secteur 3 - Ligne convoyeur | 600 | Élimination | 1.50 | |
| Chimique | MONTAGE moteur électrique du broyeur | Maroc Chimie | 144 | Substitution | 13.50 | |

Figure 47 : Rapport Excel – Évaluation des Risques

5.4. Sprint 4 – Dashboard & assistant intelligent

Objectif : Construire un tableau de bord visuel et intégrer un chatbot HSE.

5.1.19. Tableau de bord interactif en ligne

Cette interface est le dashboard interactif de l'application. Il permet à l'utilisateur de visualiser les indicateurs globaux de sécurité : nombre total d'interventions, nombre de zones, moyenne d'interventions par zone, et nombre de cas graves. La répartition des risques est affichée en histogramme et camembert, offrant ainsi une vue consolidée pour les superviseurs HSE. Un filtre par zone est également disponible pour affiner l'analyse.

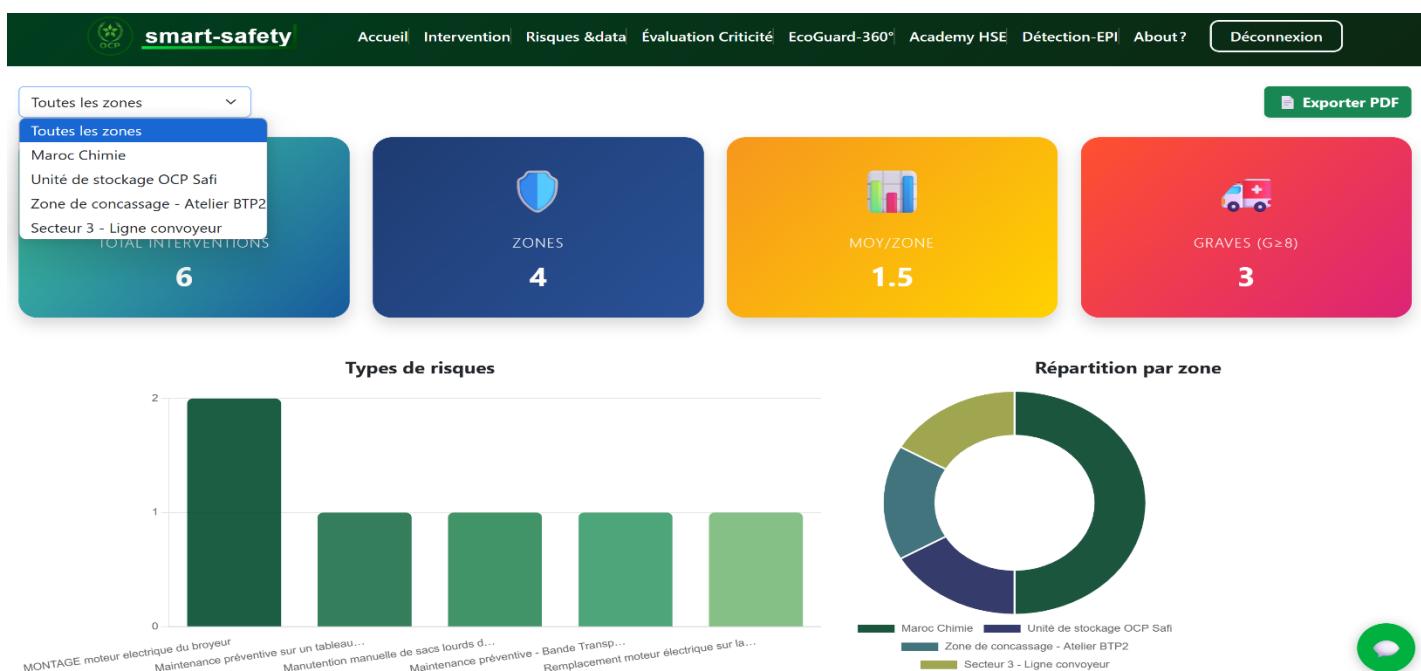


Figure 48: Tableau de bord interactif en ligne

5.1.20. Version PDF du Dashboard

Ce visuel illustre le rapport de dashboard exporté en PDF. Il reprend les KPI essentiels affichés dans le tableau de bord en ligne, sous une forme imprimable. On y retrouve un tableau synthétique avec les indicateurs clés, ainsi que des graphiques permettant d'appuyer les constats lors des réunions de pilotage ou pour les archives de sécurité industrielle.

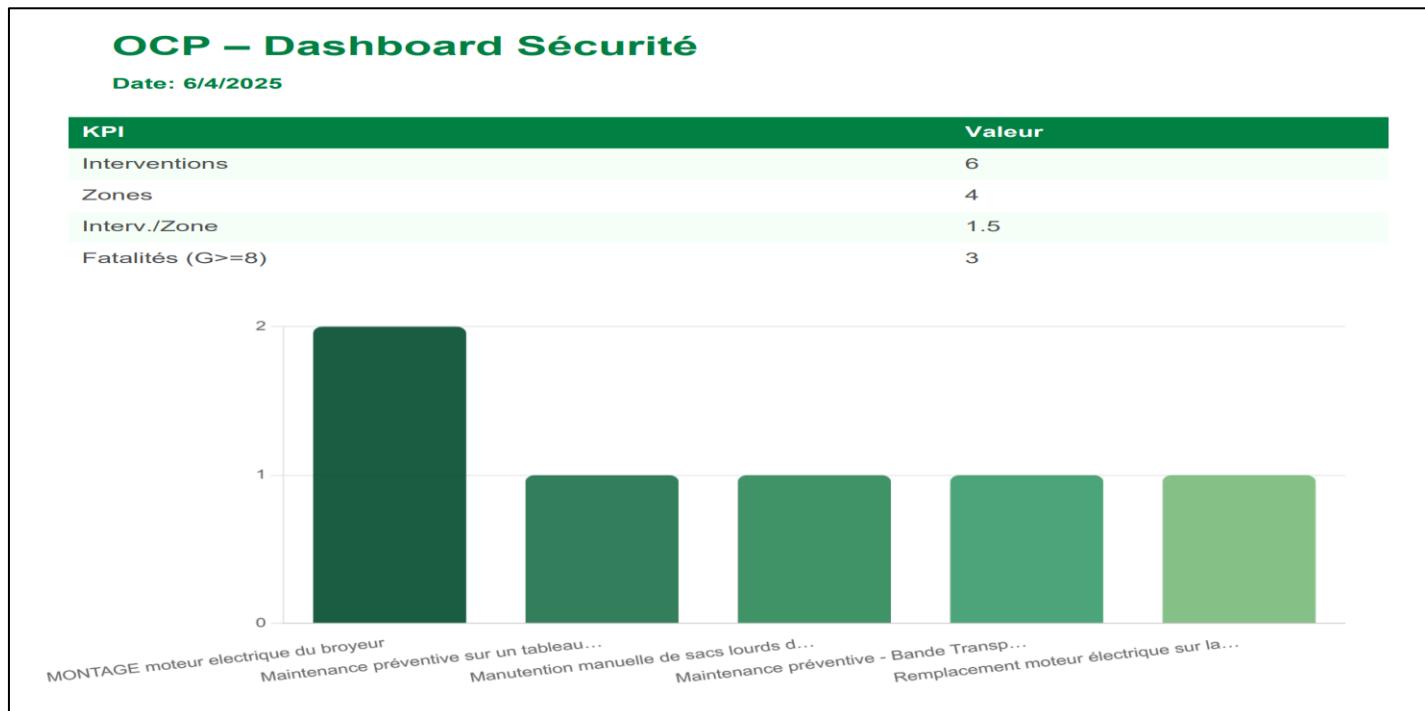


Figure 49: Version PDF du Dashboard

5.1.21. Interface d'accueil du chatbot IA

Cette interface introduit l'assistant intelligent HSE. L'utilisateur peut poser directement une question ou initier une évaluation. Des suggestions rapides facilitent la prise en main. Cette interaction repose sur un système RAG (Retrieval-Augmented Generation) alimenté par des documents internes normatifs HSE.

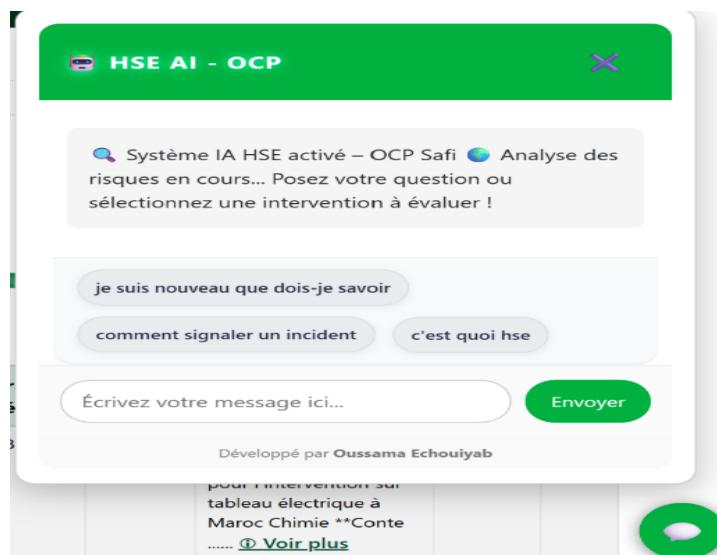


Figure 50 : Interface d'accueil du chatbot IA

5.1.22. Réponse personnalisée du chatbot IA

Une fois la question envoyée, le chatbot génère une réponse contextualisée issue d'une recherche vectorielle dans les documents. Cette réponse est synthétisée de manière claire, et adaptée aux règles HSE en vigueur chez OCP Safi.

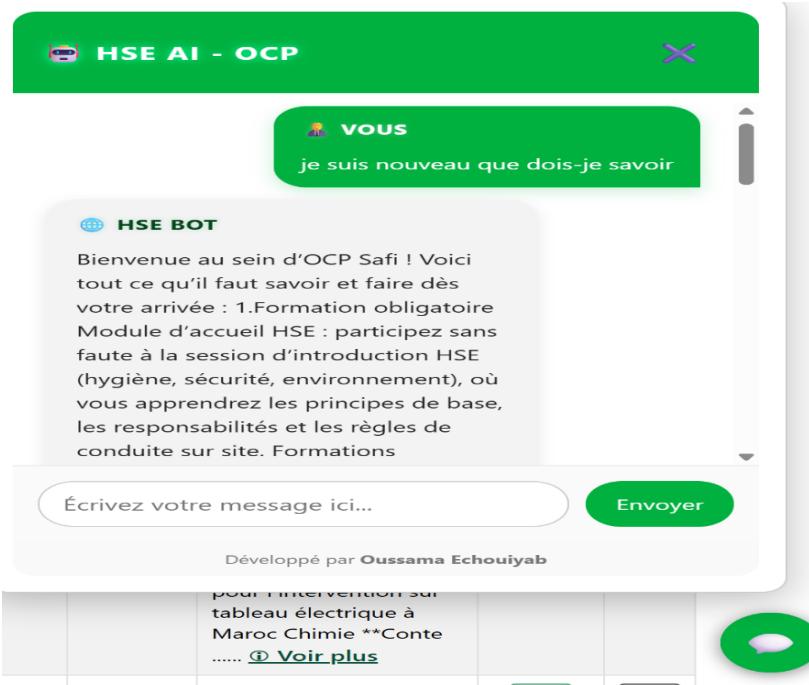


Figure 51 : Réponse personnalisée du chatbot IA

5.5. Sprint 5 – Espace de formation HSE

Objectif : Créer une section de formation interactive et gamifiée.

5.1.23. Interface d'accueil de la formation HSE

Page d'introduction à la formation interactive, proposant une expérience utilisateur fluide avec un bouton de démarrage de module. Elle marque le début du parcours pédagogique à travers les bonnes pratiques HSE.

Figure 52 : Interface d'accueil de la formation HSE

5.1.24. Navigation entre les modules de formation

Chaque module est affiché sous forme de carte interactive : EPI, procédures d'urgence, incendies, premiers secours. Cette approche gamifiée facilite l'apprentissage progressif et modulaire.



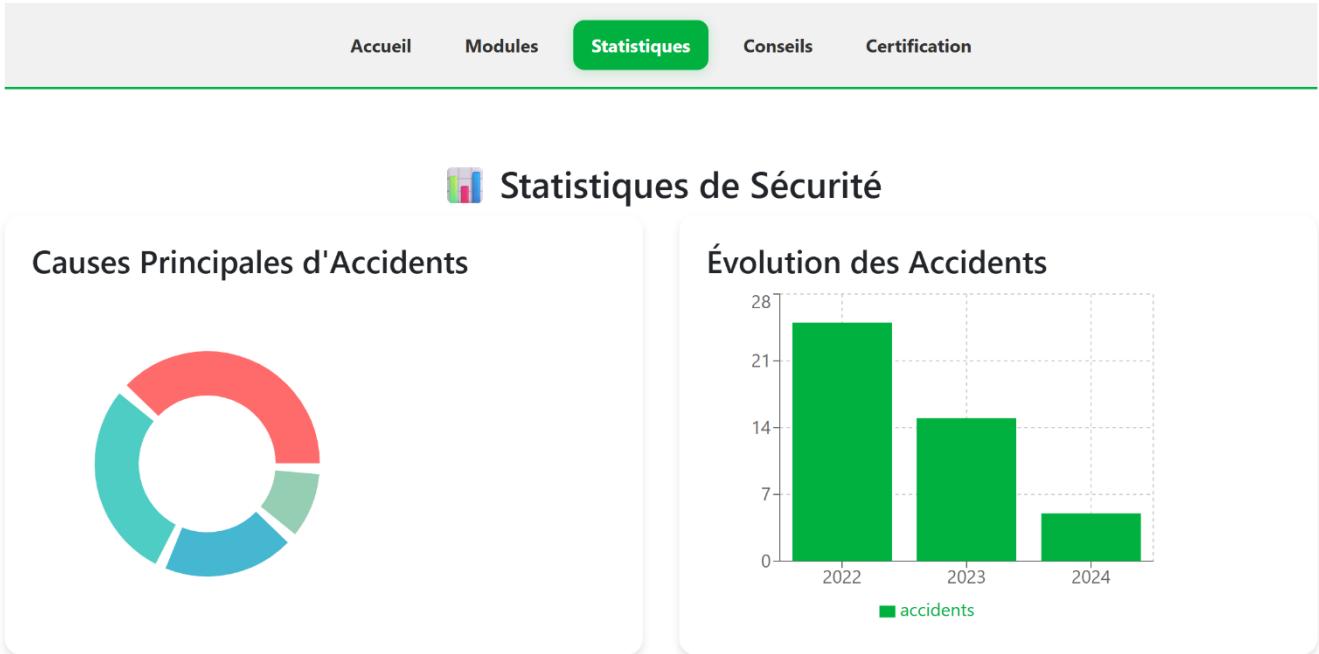
Bienvenue à la Formation HSE
Cliquez sur chaque module pour le découvrir étape par étape.

- Cour 1 :Équipements de Protection Individuelle**
- Cour 2 :Procédures d'Urgence**
- Cour 3 :Prévention des Incendies**
- Cour 4:Premiers Secours**

Figure 53 : Navigation entre les modules de formation

5.1.25. Statistiques de sécurité HSE

Deux visualisations représentent les causes principales d'accidents (camembert) et leur évolution annuelle (histogramme). Ces données visuelles aident à la prise de conscience des risques réels.



Causes Principales d'Accidents

Évolution des Accidents

| Année | Nombre d'accidents |
|-------|--------------------|
| 2022 | 25 |
| 2023 | 14 |
| 2024 | 6 |

Figure 54 : Statistiques de sécurité HSE

5.1.26. Conseils de sécurité

Des recommandations en cas d'incendie et pour les premiers secours sont illustrées par des cartes à code couleur. Ces éléments renforcent la mémorisation des réflexes d'urgence sur le terrain.

[Accueil](#)
[Modules](#)
[Statistiques](#)
Conseils
[Certification](#)

 **En Cas d'Incendie**

1. Activez l'alarme
2. Utilisez les sorties de secours
3. Ne prenez pas l'ascenseur

Chaque seconde compte. Ne paniquez pas, suivez le protocole.

 **Premiers Secours**

1. Sécurisez la zone
- 2.appelez les secours
3. Intervenez si vous êtes formé

Un geste simple peut sauver une vie.

Figure 55 : Conseils de sécurité

5.1.27. Certification finale – écran de réussite

L'utilisateur ayant terminé le parcours voit s'afficher une page de félicitations. Il est invité à entrer son nom pour générer automatiquement un certificat HSE personnalisé.

[Accueil](#)
[Modules](#)
[Statistiques](#)
[Conseils](#)
Certification

 **Félicitations !**

Vous avez terminé la formation HSE avec succès.
Veuillez entrer votre nom pour obtenir votre certificat personnalisé :

Figure 56 : Certification finale – écran de réussite

5.1.28. Certificat de formation HSE généré

Ce document PDF officiel atteste de la réussite de l'utilisateur à la formation Smart-Safety. Il reprend son nom complet, la date d'émission et la signature du responsable HSE, dans le style graphique OCP.



Figure 57 : Certificat de formation HSE généré

5.6. Sprint 6 – IA avancée, détection EPI & finalisation

Objectif : Intégrer la détection temps réel et les assistants IA globaux.

5.1.29. Détection EPI – Interface caméra temps réel

Une session de détection d'équipements de protection individuelle est en cours via webcam. Le système identifie un porteur et évalue la présence ou l'absence d'EPI (ex. veste de sécurité). Ce module utilise des modèles d'objets (YOLO) pour alerter automatiquement en cas de non-conformité.

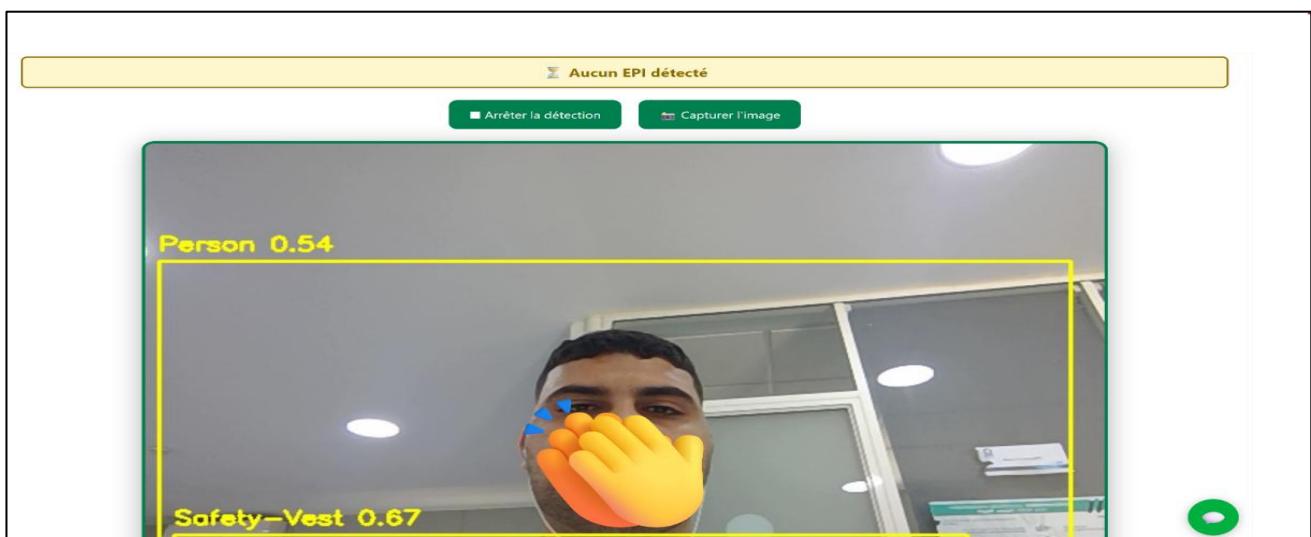
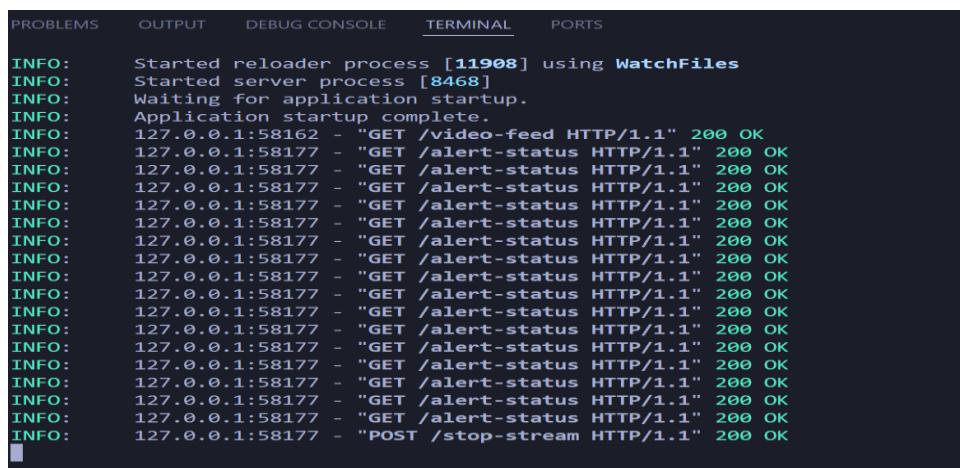


Figure 58 : Détection EPI – Interface caméra temps réel

5.1.30. VSCode – Logs du serveur de détection IA temps réel

Ce terminal montre les appels réseau du backend en temps réel. Il traite des requêtes liées à la détection EPI (équipements de protection), démontrant une intégration réussie entre le serveur vidéo, l'IA embarquée et la couche API de surveillance.



```

PROBLEMS    OUTPUT    DEBUG CONSOLE    TERMINAL    PORTS

INFO: Started reloader process [11908] using WatchFiles
INFO: Started server process [8468]
INFO: Waiting for application startup.
INFO: Application startup complete.
INFO: 127.0.0.1:58162 - "GET /video-feed HTTP/1.1" 200 OK
INFO: 127.0.0.1:58177 - "GET /alert-status HTTP/1.1" 200 OK
INFO: 127.0.0.1:58177 - "POST /stop-stream HTTP/1.1" 200 OK

```

Figure 59 : Terminal VSCode – Logs du serveur de détection IA temps réel

5.1.31. Page “À propos” – Présentation de l'équipe Smart Safety

Cette section du site présente les contributeurs clés du projet. Elle met en avant le coordinateur HSE ainsi que le développeur principal IA, soulignant l'approche collaborative entre les métiers terrain et les compétences IA/Data Science.

Découvrez l'équipe derrière Smart Safety

"Turning Data into Action. AI into Impact."
Allier l'expertise HSE à l'intelligence artificielle.

Coordinateur de sécurité : M.Zahir Hassan

Notre équipe "Santé, Sécurité et Environnement (HSE)" est engagée à garantir un "environnement de travail sans incidents" au sein d'OCP. Avec une expertise approfondie en gestion des risques, prévention des dangers et conformité aux normes de sécurité, nous veillons à identifier et prévenir tout risque avant qu'il ne se produise.



Oussama Echouiyab - Data Scientist

développeur principal de "Smart Safety". Passionné par l'IA et les technologies avancées, j'ai conçu ce projet pour

Figure 60 : Page “À propos” – Présentation de l'équipe Smart Safety

5.1.32. Splash Screen du chatbot RAG global – HSE-Master

Cet écran de lancement introduit le **HSE-Master**, un assistant IA global basé sur la technologie RAG (Retrieval-Augmented Generation). Il offre une expertise plus riche, capable d'interpréter et d'extraire des connaissances complexes à partir de la documentation HSE officielle.



Figure 61 : Splash Screen du chatbot RAG global – HSE-Master

5.1.33. Réponse du chatbot global RAG – HSE-Master

L’agent HSE-Master fournit une réponse complète, illustrant ses capacités à formuler des recommandations comportementales, organisationnelles et techniques. Il analyse les risques et les procédures, et propose des actions préventives contextuelles selon les normes internationales.

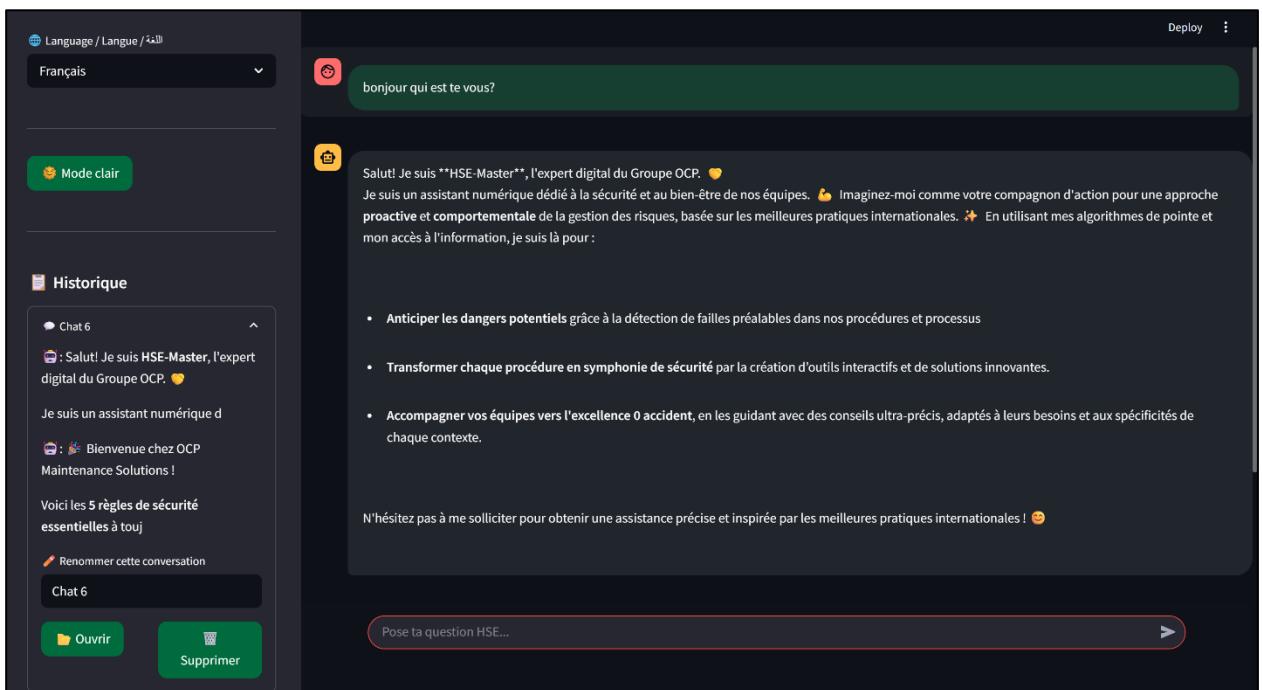


Figure 62 : Réponse du chatbot global RAG – HSE-Master

Conclusion :

Ce chapitre décrit la mise en œuvre technique du projet Smart Safety, de la conception des interfaces à l’intégration des services IA. Il met en avant l’architecture modulaire (ReactJS, ExpressJS, FastAPI), l’intelligence artificielle pour les recommandations HSE contextuelles, la détection des EPI, l’export de rapports PDF/Excel, et l’expérience utilisateur web/mobile. Le tout vise à répondre efficacement aux besoins HSE d’OCP à travers une solution digitale intelligente, sécurisée et évolutive.

Conclusion générale & perspectives

Au terme de ce projet de fin d'études, nous avons donné vie à *Smart-Safety*, une plateforme web qui aide les équipes terrain à anticiper les risques HSE plutôt qu'à les subir.

Concrètement, le technicien décrit son intervention depuis son smartphone ; le système, propulsé côté métier par Express JS et MongoDB, calcule aussitôt un score de criticité, puis un micro-service FastAPI dialogue avec le modèle Qwen via Ollama pour lui proposer des recommandations sur-mesure.

Toute cette mécanique a été construite pas à pas grâce à la démarche Agile Scrum : des sprints courts, des revues régulières et un contact direct avec le terrain nous ont permis d'ajuster l'ergonomie mobile, de fiabiliser l'IA.

Aujourd'hui, la V1 tient ses promesses : tableau de bord en temps réel, rapports PDF/Excel prêts pour l'audit et historique complet des interventions. Pour la suite, nous voulons affiner le modèle IA avec les données HSE internes de l'OCP, brancher davantage de capteurs pour enrichir le scoring, offrir un mode hors-ligne aux sites isolés et exploiter l'historique pour passer du préventif au prédictif. Bref, *Smart-Safety* trace déjà une nouvelle voie pour renforcer durablement la culture sécurité au sein du groupe, tout en restant assez souple pour évoluer avec ses besoins futurs.

Références

- [1] *React – The Official Documentation.* Disponible en ligne : <https://react.dev/>
- [2] Express JS — Documentation officielle. Disponible en ligne : <https://expressjs.com/fr/>
- [3] *MongoDB Manual — 7.x.* Disponible en ligne : <https://www.mongodb.com/docs/manual/>
- [4] FastAPI - <https://fastapi.tiangolo.com/>
- [5] Ollama - <https://ollama.com/>
- [6] GitHub - <https://docs.github.com/actions>
- [7] Figma - <https://help.figma.com/>
- [8] OCP-maintenance solutions - <https://ocp-ms.com/>
- [9] «OpenAPI,» [En ligne]. Available: <https://bit.ly/3yEUOt7>.
- [10] «Docker,» [En ligne]. Available: <https://bit.ly/3NE5213>.
- [11] «Méthodologie Scrum,» [En ligne]. Available: <https://support.atlassian.com/jira-software-cloud/docs/>

Annexes :

Annexe A – Diagramme global d’architecture

- Présente l’organisation technique du projet entre Frontend, Backend et Microservice IA.
 - *Technologies impliquées : ReactJS, ExpressJS, MongoDB, FastAPI, Ollama, JWT.*
-

Annexe B – Diagrammes de séquence (IA & Intervention)

- Déroulement complet depuis la création d’une intervention jusqu’à la génération de recommandation HSE personnalisée.
 - Interaction entre utilisateur ↔ frontend ↔ backend ↔ IA.
-

Annexe C – Captures d’écran des interfaces Web & Mobile

- Interfaces utilisateurs :
 - Accueil
 - Formulaire d’intervention
 - Tableau des risques
 - Chatbot IA intégré
 - Dashboard analytique
 - Module de certification
 - Interface mobile technicien
-

Annexe D – Échantillons de rapports PDF/Excel générés

- **PDF** : Rapport d’évaluation des risques avec recommandations IA
 - **Excel** : Export des données critiques par intervention
-

Annexe E – Structure de la base de données MongoDB

- Collections principales :

- interventions
- users
- recommendations
- chat_logs
- audit_logs

- Relations et index clés

Annexe F – Prompt IA (RAG)

- Exemple de prompt enrichi avec contexte (famille danger, criticité, zone, mesure appliquée)
 - Intégration d'un mécanisme **RAG (Retrieval-Augmented Generation)**
-

Annexe G – Configuration de test local

- Frontend : <http://localhost:3000>
- Backend Express : <http://localhost:5000>
- API FastAPI (IA) : <http://localhost:8000>
- Données IA chargées : +20 PDF, 3 fichiers Excel, 396 questions