



Mémoire de fin d'études

Mastère 2^{ème} année

Spécialisation : Développement Full-Stack

Digitalisation de processus industriels par des applications web sur mesure : retour d'expérience chez Jeumont Electric

Aboubacar Sidiki CONDE

Maître(s) d'apprentissage entreprise : Mme Katia BION et M. Stéphane DESHAIES

Coach(s) : Mme Hélène LIONNET

Responsable pédagogique : Mme Hélène LIONNET

Dédicaces

*Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail et ma profonde gratitude à ma très chère mère **Saran Camara** et à mon père **Souleymane Condé** pour l'éducation qu'ils m'ont prodiguée, avec tous les moyens et au prix de tous les sacrifices qu'ils ont consentis à mon égard depuis mon enfance.*

Vous qui m'avez toujours soutenu tant moralement que financièrement dans des moments difficiles, je ne saurais vous dire que merci pour l'accomplissement de votre devoir.

*À la mémoire de maman **Mariame Gbati Cissé**, puisse Dieu le tout puissant lui accorde sa clémence et sa miséricorde.*

*À mes frères et sœurs **Mamadi Saran Condé**, **Alassane Keïta** et **Mariame Condé** pour leur soutien moral et financier en témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je leur porte.*

À tous mes amis pour tous les instants inoubliables que j'ai passés avec vous, je vous remercie. À tous mes professeurs en témoignage de ma gratitude et profond respect.

Aboubacar Sidiki Condé

Remerciements

*Dans le cadre de ce travail, je tiens à adresser mes chaleureux remerciements à mon encadrant pédagogique de **Sup de Vinci de Nantes**, Monsieur **Pascal BERNARD** pour tous les conseils qu'il m'a prodigués durant l'élaboration de ce travail.*

*Mes remerciements vont à Monsieur **David RABAU**, directeur du site de Jeumont Electric Carquefou, pour m'avoir accueilli afin d'effectuer mon alternance, Madame **Katia BION** et Monsieur **Stéphane DESHAIES**, mes maîtres d'apprentissage, pour leurs conseils avisés et le soutien qu'ils m'ont apporté.*

*Merci également à tout le corps professoral, administratif et technique de **Sup de Vinci de Nantes**, pour la qualité de l'enseignement qui nous a été dispensé et le séjour agréable tout au long de ces années.*

Je tiens à exprimer ma reconnaissance envers mes camarades de formation et mes collègues de Jeumont Electric, avec qui j'ai partagé des moments mémorables et des échanges fructueux.

Vos perspectives diverses et vos compétences uniques ont enrichi mon expérience et ont fait de cette période d'alternance un chapitre inoubliable de ma formation.

Enfin, je n'oublierai pas de remercier ma famille, mes amis et mes proches pour leur soutien constant, leurs encouragements et leurs précieux conseils.

Votre présence à mes côtés m'a donné la force nécessaire pour relever les défis et saisir les opportunités qui se sont présentées.

Avant-propos

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre de ma formation en **Mastère 2 Développement Full-Stack à Sup de Vinci Nantes**, et retrace l'expérience vécue au sein de l'entreprise **Jeumont Electric** situé en Loire Atlantique, sur le site de Carquefou, dans le cadre de mon alternance.

Il ne s'agit pas uniquement d'un travail technique centré sur la conception d'applications web, mais bien d'un projet à forte portée humaine, organisationnelle et stratégique. L'objectif a été de répondre à des besoins concrets du terrain, en apportant des solutions numériques utiles, évolutives et adaptées aux réalités industrielles.

Ce travail m'a permis d'approfondir mes compétences techniques en développement web (*back-end, front-end*, bases de données, architecture logicielle), tout en m'ouvrant aux enjeux de transformation numérique dans un environnement industriel exigeant. Il m'a aussi permis d'apprendre à écouter, à collaborer avec des équipes pluridisciplinaires, à documenter mes actions, à m'adapter aux contraintes, et à piloter des projets dans un cadre professionnel réel.

Je tiens à préciser que ce mémoire n'a pas pour ambition d'être une vérité absolue, mais une contribution personnelle, enrichie par l'observation, la pratique et les échanges menés tout au long de cette alternance. Il reflète à la fois mes apprentissages, mes questionnements et ma volonté de participer activement à la modernisation des processus industriels à travers le levier du numérique.

Ce document est aussi l'aboutissement d'un accompagnement bienveillant, de l'encadrement pédagogique de **Sup de Vinci** et du soutien quotidien de mes référents chez **Jeumont Electric**. Il témoigne de ce que peut être une alternance réussie : un pont entre la théorie et la pratique, entre les exigences académiques et les besoins de l'entreprise, entre les lignes de code et les impacts concrets sur le terrain.

Table des matières

Avant-propos	4
Table des matières	5
Tables des images	7
Liste des tableaux	8
Introduction générale	9
1 Présentation de Jeumont Electric	11
1.1 Missions et offre de services	11
1.2 Le site de Carquefou : un centre stratégique	12
1.3 Chiffres clés	13
1.4 Organigramme de Carquefou	13
1.5 Conclusion	15
2 Contexte industriel général	16
2.1 Contexte et évolution de la digitalisation dans l'industrie	16
2.2 Systèmes d'information et outils numériques dans l'industrie	19
2.3 Le rôle des applications web sur mesure dans la digitalisation industrielle	20
2.4 Limites des outils traditionnels dans l'industrie	22
2.5 Contexte chez Jeumont Electric	24
2.5.1 Outils existants	24
2.6 Conclusion	27
3 Contexte et enjeux de la mission	28
3.1 Cadrage de la mission	28
3.1.1 Origine du projet	28
3.1.2 Définition du périmètre	28
3.1.3 Nature de la mission	29
3.1.4 Positionnement dans l'entreprise	29
3.1.5 Un projet à impact local mais à potentiel global	30
3.2 Objectifs de la mission	31
3.2.1 Objectifs techniques	31
3.2.2 Objectifs fonctionnels	32
3.2.3 Objectifs humains et organisationnels	32
3.3 Contraintes techniques et organisationnelles	34
3.3.1 Contraintes techniques	34
3.3.2 Contraintes organisationnelles	35
3.4 Attentes de l'entreprise	35
3.4.1 Attentes à court terme	35
3.4.2 Attentes à moyen et long terme	38
3.5 Méthodologie adoptée	39
3.5.1 Approche Agile : souplesse et itérations	39
3.5.2 Cadrage progressif et centrage utilisateur	42
3.5.3 Structuration du travail	44
3.5.3.1 Temps d'alternance	44
3.5.3.2 Structuration en Entreprise	45
3.6 Conclusion	46

4	Conception et développement des applications web	47
4.1	Présentation des trois applications	47
4.2	Outils de gestion de projet utilisés	49
4.3	Stack technique	52
4.3.1	Technologies utilisées	52
4.3.2	Architecture Globale	53
4.3.2.1	Architecture logique	53
4.3.2.2	Architecture physique	55
4.3.2.3	Schéma d'architecture générale	56
4.3.2.4	Sécurité, accessibilité et interopérabilité	58
4.4	Réalisation des projets	59
4.4.1	Organisation du projet	59
4.4.2	Parcours utilisateur	62
4.4.3	Contraintes et adaptations techniques	63
4.5	Tests, validations	64
4.5.1	Stratégie de test	64
4.5.2	Recette utilisateur	66
4.6	Conclusion	67
5	Bilan critique et perspectives	68
5.1	Analyse critique et retour d'expérience	68
5.1.1	Analyse qualitative	68
5.1.2	Analyse quantitative	69
5.1.3	Résultats globaux	72
5.1.3.1	Gains pour l'entreprise :	72
5.1.3.2	Améliorations concrètes observées :	72
5.1.4	Analyse SWOT des projets réalisés	73
5.1.5	Montée en compétences	74
5.1.5.1	Compétences techniques développées :	74
5.1.5.2	Compétences humaines et transversales :	74
5.2	Perspectives et recommandations	75
5.2.1	Évolutions techniques possibles	75
5.2.2	Recommandations pour l'organisation	75
5.2.3	Réutilisabilité dans d'autres sites ou services	75
5.2.4	Conditions de pérennisation	76
5.3	Difficultés et problèmes rencontrées	76
5.4	Solutions proposées	77
5.5	Conclusion	78
	Conclusion	79
	Références	81
	Glossaire	83
	Résumé	86
	Abstract	87

Tables des images

1	Logo de l'entreprise	11
2	Organigramme de Jeumont Electric - Carquefou	14
3	Schéma Applications industriels	20
4	Schéma comparatif	22
5	Outils existants	25
6	Applications web réalisées	26
7	Objectifs de la mission	33
8	Approche itérative et incrémentale adoptée (inspirée du cadre Scrum).	40
9	Structure - temps d'alternance	45
10	Interface Github.	49
11	Extrait trello du projet Base Expertise.	50
12	Extrait du planning global de la mission en 2025 réalisé avec GanttProject.	51
13	Extrait du planning en Tâches en 2025.	51
14	Architecture logique – modèle MVC	54
15	Architecture physique – Architecture client-serveur	56
16	Schéma de composants – Architecture fonctionnelle des applications	57
17	Bilan quantitative	71

Liste des tableaux

1	Chiffres clés de Jeumont Electric	13
2	Légende des composants principaux de l'architecture	58
3	Planification des sprints du projet Base d'expertise	60
4	Planification des sprints du projet TraqBar	61
5	Planification des sprints du projet Suivi Budget	61
6	Scénarios de tests fonctionnels	66
7	Matrice SWOT	73

Introduction générale

La transformation entrée numérique transforme en véritable profondeur le fonctionnement des entreprises industrielles. Ce mouvement, généralement appelé industrie 4.0, repose sur un usage croissant des technologies de l'information utilisé dans les processus de production, de maintenance, de pilotage etc. Dans un environnement de plus en plus concurrentiel, les entreprises doivent composer avec des exigences de qualité, de traçabilité, de réactivité et d'optimisation des ressources de plus en plus élevées.

Ce changement implique non seulement des outils, mais autant remettre à plat des pratiques, augmenter les capacités à exploiter les données et surtout adapter les solutions aux réalités locales du commerce. Les applications Web personnalisées participent à valoriser cette démarche, puisqu'elles sont développées au plus près des besoins des utilisateurs par qui des processus encore basiquement traités traditionnellement, avec des outils de type bureautique ancien, des bases de données locales jusqu'à et morcelées, ou des programmes papiers difficilement utilisables, sont remodelés.

Jeumont Electric, acteur reconnu dans le domaine des machines électriques tournantes de forte puissance, n'échappe pas à ces enjeux. Sur son site de Carquefou, spécialisé dans la maintenance, les expertises techniques et la rénovation d'équipements critiques, plusieurs processus reposaient encore récemment sur des outils non adaptés aux exigences actuelles. Les services concernés, maintenance, production, technique faisaient face à des limites concrètes : absence de centralisation et de maîtrise du flux de production, manque de traçabilité, surcharge administrative, difficulté à piloter les coûts en temps réel.

C'est dans ce contexte qu'a été définie la mission de ce mémoire. En tant qu'alternant en Mastère Développement Full-Stack, j'ai été chargé de concevoir, développer et mettre en place plusieurs applications web sur mesure destinées à moderniser les processus internes du site de Carquefou. Cette mission s'est inscrite dans une démarche Agile, centrée sur les utilisateurs finaux, avec une approche progressive de co-construction.

La problématique à laquelle ce mémoire tente d'apporter une réponse est la suivante :

Comment concevoir et intégrer efficacement des applications web sur mesure pour moderniser des processus industriels critiques, tout en assurant leur adoption durable par les utilisateurs et en accompagnant la transformation numérique de l'entreprise sur les plans technique, humain et organisationnel ?

Trois outils principaux ont été réalisés dans le cadre de cette mission :

- Une application de **base d'expertise** pour centraliser et fiabiliser les rapports techniques,
- Une application de **traçabilité des barres** pour suivre les composants critiques de production,
- Une application de **suivi budgétaire maintenance** pour piloter en temps réel les coûts et interventions.

Chacun de ces outils a été pensé pour répondre à des besoins concrets exprimés par les utilisateurs, améliorer la fiabilité des données, alléger les tâches administratives, et faciliter la prise de décision. Leur déploiement progressif sur le site a permis d’ancrer la digitalisation dans le quotidien des équipes.

Ce mémoire s’organise autour de 5 chapitres. Après avoir exposé le contexte de l’entreprise et les enjeux de la mission (chapitre 1), nous aborderons les fondements industriels de la digitalisation (chapitre 2). Le chapitre 3 présentera le cadrage précis de la mission et la méthode adoptée. Le chapitre 4 sera consacré au développement technique des applications. Enfin le chapitre 5 proposera le bilan critique et perspectives, en croisant des éléments qualitatifs et quantitatifs.

1 Présentation de Jeumont Electric

Jeumont Electric est un acteur clé de l'électromécanique industrielle, notamment sur les segments stratégiques du nucléaire, de la marine et de la production d'énergie. Le site de Carquefou, où s'est déroulée ma mission, est spécialisé dans les expertises techniques et la maintenance lourde, un contexte favorable à la modernisation numérique ciblée. Filiale des groupes **Framatome** et **Naval Group**, Jeumont Electric s'appuie sur des savoir-faire historiques et des technologies propriétaires reconnues dans les secteurs de l'énergie, de la marine et de l'industrie lourde.

Créée il y a plus de **125 ans**, l'entreprise regroupe aujourd'hui environ **620 salariés** répartis sur quatre sites de production en France, et intervient dans plus de **70 pays à travers le monde**. Forte de son expertise et de sa capacité d'innovation, Jeumont Electric accompagne une clientèle internationale composée de grands groupes industriels, de chantiers navals, et d'opérateurs du secteur nucléaire.

Le siège historique de Jeumont Electric est situé à Jeumont, dans les Hauts-de-France. Toutefois, l'entreprise dispose également d'un site stratégique à Carquefou, près de Nantes, dédié principalement aux activités d'expertise technique, de maintenance lourde et de rénovation d'équipements électriques.

Le site de Carquefou occupe une place centrale dans la stratégie de l'entreprise. Il est reconnu pour son savoir-faire en matière d'expertises électriques, de reconstruction de stators et de rotors, et pour sa capacité à mener des projets de maintenance préventive et corrective de grande envergure, voir le site officiel ¹.

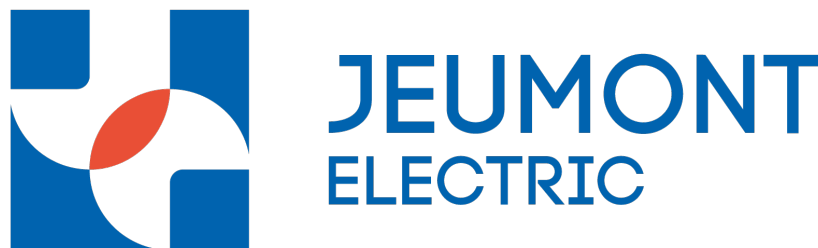


FIGURE 1 – Logo de l'entreprise

1.1 Missions et offre de services

La mission de Jeumont Electric est de concevoir, fabriquer, maintenir et innover pour garantir le socle nucléaire, des machines électriques tournantes de forte puissance destinées aux secteurs stratégiques de l'énergie, du nucléaire, de la marine et de l'industrie lourde. L'entreprise intervient

1. Jeumont Electric. *Présentation de l'activité*. Disponible sur : <https://www.jeumontelectric.com> (consulté en avril 2025).

tout au long du cycle de vie des équipements électriques, en proposant une gamme complète de produits et de services, parmi lesquels :

- **Conception et fabrication** de machines neuves : alternateurs, moteurs électriques, générateurs de forte puissance.
- **Maintenance préventive et corrective** : interventions sur site ou en atelier pour assurer la fiabilité et la disponibilité des équipements.
- **Expertise et diagnostic** : inspections mécaniques et électriques pour anticiper les pannes, optimiser les performances et prolonger la durée de vie des machines.
- **Rénovation et modernisation** : remise à niveau technologique, remplacement de composants critiques, amélioration de la performance énergétique.
- **Fourniture de pièces de rechange** : standard ou spécifiques, y compris pour des équipements d'autres marques et maintenance lourde.
- **Conseil technique et accompagnement** : audits, études de faisabilité, recommandations pour l'optimisation industrielle.

Jeumont Electric fonde son approche sur un haut niveau d'expertise technique, une capacité à s'adapter aux spécificités de chaque projet, et un engagement fort en matière de qualité, de sécurité et de respect des délais. Son offre de service repose également sur une proximité forte avec ses clients, rendue possible par la présence de plusieurs sites de production et de centres de service, notamment à Jeumont et Carquefou, mais aussi par des interventions régulières à l'international.

Grâce à ses compétences reconnues et à ses technologies propriétaires, Jeumont Electric accompagne ses partenaires industriels dans leurs projets de construction neuve, d'extension de parc, de maintien en conditions opérationnelles ou d'amélioration de la performance énergétique.

1.2 Le site de Carquefou : un centre stratégique

Situé près de Nantes, le site de Carquefou est un des pôles clés de l'entreprise. Il concentre les activités liées à la maintenance lourde, aux expertises techniques (électriques et mécaniques), et à la rénovation des équipements tournants.

Ce site est particulièrement reconnu pour :

- son savoir-faire dans la réparation de stators et rotors ;
- sa capacité à gérer des projets de maintenance de grande envergure ;
- ses interventions sur des équipements critiques pour des clients comme ArcelorMittal ou Framatome.
- la production des barres Roebel.

C'est également à Carquefou qu'a été menée la mission de digitalisation qui constitue le cœur de ce mémoire. Ce site incarne les problématiques rencontrées par de nombreuses industries : coexistence de savoir-faire pointus avec des outils de gestion parfois datés, et besoin croissant de structurer l'information technique pour renforcer le pilotage et la performance.

1.3 Chiffres clés

Quelques chiffres illustratifs de l'importance de Jeumont Electric dans son secteur : Jeumont Electric dispose de plus de **120 ans d'expérience** industrielle et regroupe en viron **620 collaborateurs** répartis sur plusieurs sites en France, dont Jeumont et Carquefou. L'entreprise est présente dans plus de **70 pays à travers le monde** et assure le suivi de plus de **3 500 machines électriques** installées. Son chiffre d'affaire annuel avoisine les **150 millions d'euros**, dont plus de **30 %** est réalisé à l'international.

Ces éléments témoignent de la solidité financière, du savoir faire technique et de la capacité d'innovation de Jeumont Electric, qui demeure un acteur incontournable dans les domaines de l'énergie, de la marine, du ferroviaire et de l'industrie lourde.

Indicateur	Valeur
Année de création	1898
Collaborateurs	Environ 620
Présence géographique	Plus de 70 pays
Machines installées	Plus de 3 500
Chiffre d'affaires annuel	Environ 150 M€
Part du CA à l'international	Plus de 30 %

TABLE 1 – Chiffres clés de Jeumont Electric

1.4 Organigramme de Carquefou

L'établissement secondaire de Jeumont Electric à Carquefou est structuré autour d'une organisation fonctionnelle clairement définie. Chaque service a un rôle spécifique dans le bon déroulement des opérations industrielles, administratives et techniques du site. Cette organisation favorise la transversalité, la communication entre pôles, et l'efficacité des processus internes.

L'organigramme ci-dessous illustre la répartition des services et la position de l'alternant dans la hiérarchie fonctionnelle :

ORGANIGRAMME Etablissement Secondaire de Carquefou

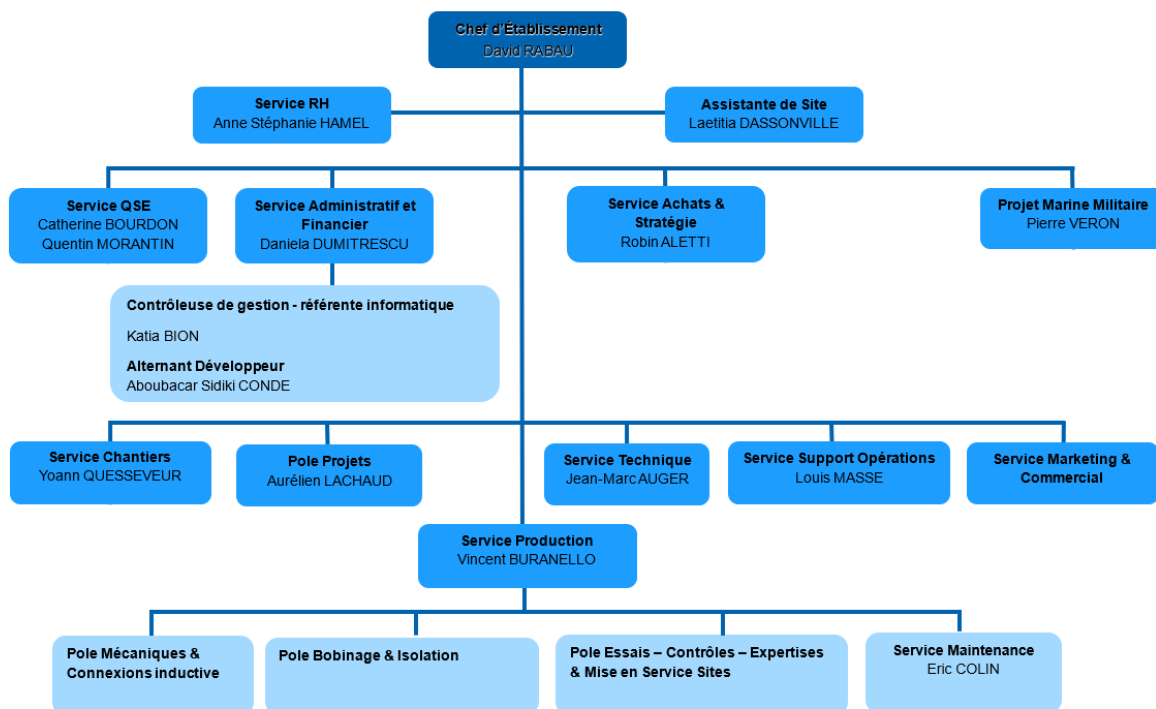


FIGURE 2 – Organigramme de Jeumont Electric - Carquefou

Voici les principaux services présents sur le site :

- **Chef d'Etablissement** : assure la direction globale du site, l'arbitrage stratégique et la coordination entre services.
- **Service RH** : gère le recrutement, la gestion administrative du personnel et le développement des compétences.
- **Service QSE (Qualité, Sécurité, Environnement)** : responsable de la conformité aux normes, de la prévention des risques et de l'amélioration continue.
- **Service Maintenance** : en charge des opérations de maintenance préventive et corrective sur les équipements.
- **Service Achats et Stratégie** : gère les relations fournisseurs, les approvisionnements et la stratégie d'achat.
- **Service Administratif et Financier** : assure la gestion comptable, le contrôle de gestion, et le suivi budgétaire.
- **Service Production** : supervise les ateliers de fabrication, de bobinage, d'essais, et de connexions mécaniques.

- **Service Projets et Chantiers** : coordonne les projets industriels, les interventions sur site, et le suivi technique.
- **Service Technique** : apporte un support technique aux opérations, propose des solutions aux problématiques complexes.
- **Service Support Opérations** : soutien logistique et opérationnel aux équipes de production et de maintenance.
- **Service Marketing et Commercial** : en charge de la relation client, des appels d'offres et du développement commercial.
- **Pôle Marine Militaire** : pilote les projets spécifiques pour les clients militaires, notamment dans le secteur naval.

Mon rôle d'alternant développeur s'inscrit au sein du **service maintenance et production**, sous la responsabilité de Mme Katia BION. Cette position m'a permis de travailler de manière transversale avec plusieurs services, notamment le service Maintenance, le service Technique, et le service Production, en recueillant leurs besoins et en co-construisant des outils numériques adaptés à leurs réalités métier.

1.5 Conclusion

Ce premier chapitre a permis d'introduire Jeumont Electric, entreprise centenaire au cœur des enjeux industriels contemporains. Grâce à une organisation structurée et à une expertise reconnue dans des secteurs critiques tels que le nucléaire ou la marine, l'entreprise dispose de solides fondations techniques et humaines.

Le site de Carquefou, où s'est déroulée cette mission d'alternance, incarne pleinement cette dynamique, avec des activités orientées vers la maintenance, l'expertise technique et la modernisation des équipements.

2 Contexte industriel général

Dans un environnement économique en perpétuelle mutation, les sociétés industrielles doivent gérer des défis de plus en plus sophistiqués : concurrence internationale, obligations de traçabilité, contrôle des coûts, qualité intransigeante, et capacité de réponse améliorée face aux aléas. Face à ces défis, la numérisation s'affirme progressivement comme un outil indispensable de transformation. Il ne s'agit plus uniquement d'optimiser les outils de gestion ou d'automatiser certaines tâches, mais plutôt de réévaluer en profondeur la façon dont l'information est transmise, organisée et utilisée pour diriger efficacement l'activité industrielle.

La création d'applications web sur mesure, élaborées pour répondre à des exigences spécifiques du métier, peut apporter une modernisation tangible aux pratiques internes d'une entreprise industrielle traditionnelle. Le but est de surpasser les outils de bureau traditionnels (Excel, Word, courriels, bases de données Access et applications web obsolètes) en offrant des solutions plus sûres, centralisées, évolutives et mieux adaptées à la routine quotidienne de l'atelier, du bureau des méthodes ou du département maintenance.

Dans notre cas, le cadre de référence sera simplement le concept d'industrie 4.0, qui, malgré son utilité pour envisager la convergence des technologies numériques, physiques et organisationnelles, ne sera pas approfondi. Cette recherche ne vise pas à examiner des modèles théoriques de transformation industrielle à grande échelle, mais plutôt à explorer le processus concret de digitalisation progressive, en se basant sur un exemple réel et fonctionnel : celui du site Jeumont Electric à Carquefou.

Ce chapitre propose ainsi de poser les bases théoriques et techniques de la digitalisation dans le secteur industriel. Il présente les principales tendances, les enjeux liés aux systèmes d'information métier, les limites des outils traditionnels, et les opportunités qu'offrent les applications web développées sur mesure pour accompagner cette transition.

2.1 Contexte et évolution de la digitalisation dans l'industrie

La digitalisation des processus industriels est aujourd'hui un enjeu central pour les entreprises souhaitant moderniser leur fonctionnement, gagner en réactivité, sécuriser leurs données et optimiser leur performance opérationnelle. Si le terme est parfois confondu avec la simple informatisation ou l'automatisation, il renvoie à une transformation beaucoup plus large : celle des modes de travail, de décision, de pilotage et de collaboration²

Dans les entreprises industrielles, cette transition vers le numérique commence souvent par l'abandon progressif des outils bureautiques classiques (Excel, Word, documents papier, emails, bases access), au profit de solutions logicielles plus robustes, plus ergonomiques, et capables d'intégrer directement les contraintes du métier. La digitalisation n'est pas une rupture brutale, mais un processus continu, fait d'expérimentations, d'adaptations et de retours d'usage terrain³

2. Deloitte. *Connected Industry : The new reality of industrial operations*. 2020. Disponible sur : <https://www2.deloitte.com>

3. Bain & Company. *Digital operations : The path to productivity, resilience, and growth*. 2019. Disponible sur : <https://www.bain.com>

1. Des outils traditionnels devenus insuffisants

Durant les deux dernières décennies, la majorité des PME et ETI industrielles ont mis en place des solutions numériques locales, souvent construites à partir de fichiers Excel, de bases Access ou de dossiers partagés en réseau. Si ces outils ont permis une informatisation progressive de certaines tâches, ils révèlent aujourd’hui des limites structurelles significatives.

- **Incohérence des données** : l’absence de référentiel centralisé entraîne des doublons, des écarts de version ou des contradictions entre services.
- **Manque de traçabilité** : les modifications ne sont ni historisées ni signées, rendant difficile l’identification des responsabilités et la conformité aux exigences qualité ou audit.
- **Systèmes silotés** : chaque service développe ses propres fichiers ou outils, sans lien direct entre eux, ce qui freine la circulation fluide des informations.
- **Charge administrative élevée** : les saisies sont manuelles, les transferts de données récurrents, et les validations souvent redondantes, mobilisant inutilement les équipes.
- **Ergonomie inadaptée** : la plupart de ces outils ne sont ni accessibles sur tablette, ni pensés pour les conditions de travail en atelier, ce qui limite leur adoption.
- **Dépendance aux individus** : la connaissance de l’outil repose souvent sur un seul agent, sans documentation ni sauvegarde structurée, fragilisant la pérennité du système.

Ces constats dépassent les cas isolés : ils traduisent une difficulté globale du tissu industriel à structurer des systèmes d’information cohérents, intégrés et orientés métier. Le recours progressif à des **applications web sur mesure** permet de répondre de manière ciblée à ces enjeux. Il s’agit d’outiller des processus critiques, de fiabiliser la donnée, d’améliorer la collaboration interservices et de sécuriser les savoirs internes. Ces solutions n’ont pas vocation à remplacer les ERP, mais à combler les lacunes opérationnelles, avec agilité et efficacité.

2. Une transformation progressive, centrée utilisateur

Dans l’industrie, la digitalisation efficace ne repose pas sur des solutions globales et standardisées, mais sur une approche itérative, concrète, et centrée sur l’usage réel. Plutôt que d’imposer des ERP rigides et souvent mal adaptés aux réalités terrain, les entreprises les plus performantes optent pour des applications web sur mesure, conçues avec et pour les utilisateurs finaux.

Cette approche permet de résoudre des problèmes précis, sur des périmètres fonctionnels limités mais stratégiques, tels que :

- **Le suivi opérationnel des interventions** : création, validation et traçabilité des ordres de maintenance, avec historique des actions et des responsables ;
- **La saisie des mesures et expertises techniques** : enregistrement direct sur tablette ou PC industriel, structuré et sans ressaisie manuelle ;
- **La génération automatique de documents de synthèse** : rapports PDF, tableaux de bord, bilans qualité, directement alimentés par les données du terrain ;
- **L'analyse budgétaire et le pilotage des coûts** : visualisation en temps réel des écarts, alertes sur dépassement, export pour reporting financier ;
- **La fluidification des échanges interservices** : outils partagés entre maintenance, production, qualité ou logistique, avec notifications, statuts et vues croisées.

Développées en interne ou avec un partenaire de proximité, ces solutions combinent agilité, souplesse technique, évolutivité et autonomie. Elles permettent une digitalisation **progressive mais structurante**, pilotée par les besoins métier et non par la technologie seule. Chaque application devient alors une brique fonctionnelle au service d'un système d'information plus global, robuste et aligné avec la culture de l'entreprise.

3. La digitalisation comme levier de performance industrielle

La digitalisation ciblée constitue aujourd'hui un levier concret d'optimisation dans les environnements industriels. Contrairement à l'idée reçue selon laquelle seuls les grands systèmes intégrés (type ERP) apporteraient de la valeur, les retours terrain démontrent que des outils sur mesure, bien conçus, peuvent générer des gains opérationnels immédiats.

Plusieurs études sectorielles, dont celle de Bain & Company [3], montrent que les entreprises industrielles ayant engagé une transformation numérique pragmatique, même partielle, observent :

- **Une réduction de 15 à 25% des temps administratifs** : grâce à l'automatisation de tâches manuelles (rapports, saisies, recherches de documents), les opérateurs et responsables consacrent plus de temps à des actions à valeur ajoutée.
- **Une amélioration de 20 à 40% de la traçabilité des opérations** : les actions sont historisées, les données consolidées, et les écarts plus faciles à détecter et corriger.
- **Une forte diminution des erreurs de saisie** : formulaires guidés, contrôles intégrés, formats normalisés réduisent drastiquement les oublis ou incohérences.

Ces gains ne reposent pas sur la complexité technique, mais sur la capacité des outils à s'intégrer naturellement dans les pratiques des utilisateurs. Une application simple, bien pensée, et rapidement adoptée aura plus d'impact qu'un outil trop ambitieux, mal compris ou mal utilisé. La performance numérique passe donc par l'adéquation entre besoin métier, ergonomie, et évolutivité.

2.2 Systèmes d'information et outils numériques dans l'industrie

La transformation numérique en milieu industriel repose sur une évolution profonde des systèmes d'information (SI). Ceux-ci ne sont plus seulement des outils de gestion ou de reporting, mais deviennent des composants critiques du pilotage des opérations, du suivi de la qualité et de la capitalisation du savoir-faire. Dans les environnements de production, le SI doit s'adapter aux réalités du terrain : délais serrés, interventions multiples, contraintes documentaires, exigences réglementaires, etc.

- **Définition et périmètre d'un système d'information industriel**

Un **système d'information industriel** peut être défini comme l'ensemble des moyens humains, organisationnels et technologiques permettant de collecter, traiter, stocker, partager et exploiter l'information nécessaire à l'activité de l'entreprise.⁴ Dans le secteur industriel, cela inclut notamment :

- la planification et l'ordonnancement des tâches ;
- le suivi de production (quantités, états, incidents) ;
- la maintenance préventive et corrective ;
- la gestion des non-conformités et des incidents ;
- la traçabilité documentaire et réglementaire ;
- le suivi budgétaire et logistique ;
- les interfaces avec les clients, fournisseurs ou services qualité.

- **Les outils classiques du SI industriel**

Historiquement, plusieurs catégories d'outils ont structuré le SI des entreprises industrielles :

- **ERP (Enterprise Resource Planning)** : gestion intégrée de la production, des achats, du stock, de la facturation, etc.
- **MES (Manufacturing Execution System)** : pilotage temps réel des opérations de production.
- **CMMS (GMAO – Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur)** : planification des interventions de maintenance.
- **PLM (Product Lifecycle Management)** : gestion du cycle de vie des produits.
- **SCADA (Supervision Control and Data Acquisition)** : supervision des équipements industriels.

4. Pierre Girard. *Systèmes d'information industriels : Architecture et technologies*. Dunod, 2016.

Ces outils sont puissants mais parfois surdimensionnés ou rigides pour des structures de taille intermédiaire. Leur implémentation peut nécessiter plusieurs mois, voire années, et des budgets élevés. Par ailleurs, leur interopérabilité est parfois limitée, ce qui contraint les entreprises à les “bricoler” ou à les compléter par des solutions parallèles.

- **Les limites des SI industriels lourds dans les PME/ETI**

Dans des entreprises comme Jeumont Electric, où la diversité des processus et la spécificité des métiers sont très fortes, il est fréquent que les outils standards ne couvrent qu’une partie des besoins. Cela génère :

- le maintien de pratiques hybrides (ERP + Excel + papiers) ;
- des pertes de temps dans la double saisie ou la recherche d’informations ;
- une frustration des utilisateurs face à la complexité de certains systèmes ;
- une difficulté à faire évoluer rapidement l’outil en fonction des besoins du terrain.
- des difficultés coûts et ressources pour pouvoir adapter un ERP standard aux besoins spécifiques de l’entreprise.

Ces limites conduisent de plus en plus d’entreprises industrielles à développer ou faire développer *des applications web spécifiques*, orientées processus, et capables de s’interfacer avec l’existant (ou de le remplacer progressivement) [2, 5].

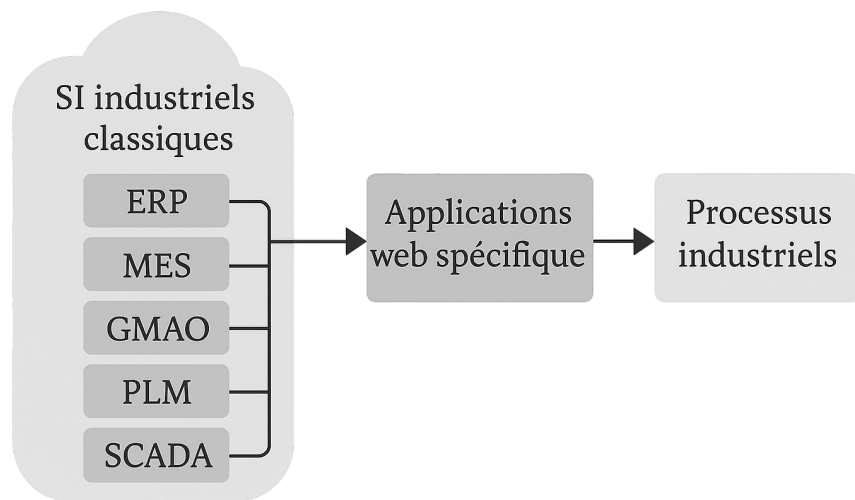


FIGURE 3 – Schéma Applications industriels

2.3 Le rôle des applications web sur mesure dans la digitalisation industrielle

Dans le contexte actuel de transformation numérique, les applications web sur mesure s’imposent comme des leviers incontournables pour répondre aux spécificités et aux exigences opé-

rationnelles des entreprises industrielles.

Contrairement aux logiciels standards comme les ERP généralistes ou les tableurs de type Excel, souvent utilisés par défaut, les applications web développées sur mesure permettent de concilier agilité, précision métier et expérience utilisateur. Si ces outils standardisés peuvent convenir à certains usages transversaux, ils atteignent vite leurs limites dès lors qu'il s'agit de répondre à des processus métier complexes, spécifiques ou évolutifs.

Pourquoi aller au-delà des outils standards ?

Chaque entreprise industrielle possède une organisation unique, avec ses flux de travail, ses contraintes réglementaires, ses pratiques internes et son vocabulaire technique. Une solution numérique pertinente ne peut donc pas être entièrement générique : elle doit être conçue « à l'image du terrain ». Les applications web sur mesure permettent ainsi de :

- **Répondre à un besoin opérationnel ciblé**

Exemple : suivre des expertises techniques sur des machines tournantes, historiser des contrôles spécifiques, produire des rapports métiers automatisés, etc.

- **Proposer une solution évolutive et progressive**

Contrairement aux gros systèmes rigides, elles peuvent être développées en itérations courtes, testées rapidement, puis enrichies à mesure des retours utilisateurs.

- **S'intégrer au système d'information existant**

Les applications web peuvent consommer des API, interagir avec des bases existantes (SQL, ERP), et s'articuler sans perturber l'écosystème numérique déjà en place.

- **Favoriser l'appropriation par les utilisateurs finaux**

Conçues avec les métiers, les interfaces sont épurées, accessibles sur tablette ou poste industriel, et adaptées aux réalités du terrain.

- **Structurer et fiabiliser les données métier**

Ces applications permettent de capturer l'information là où elle se produit, avec des contrôles qualité intégrés, garantissant la validité et la traçabilité des données remontées.

En ce sens, les applications web sur mesure agissent comme des **connecteurs intelligents** entre le terrain et les systèmes de pilotage stratégique. Elles assurent la continuité numérique entre les opérateurs et les décideurs : en structurant la donnée au moment de sa saisie, elles facilitent son exploitation a posteriori que ce soit pour des audits, la mesure et l'analyse de la performance, ou encore la prise de décision en temps réel.

Plus encore, elles incarnent un modèle de digitalisation « à taille humaine », où l'outil s'adapte à l'utilisateur et non l'inverse. Ce principe, fondé sur la co-construction, constitue un facteur clé de réussite dans les projets de transformation numérique à l'échelle industrielle.

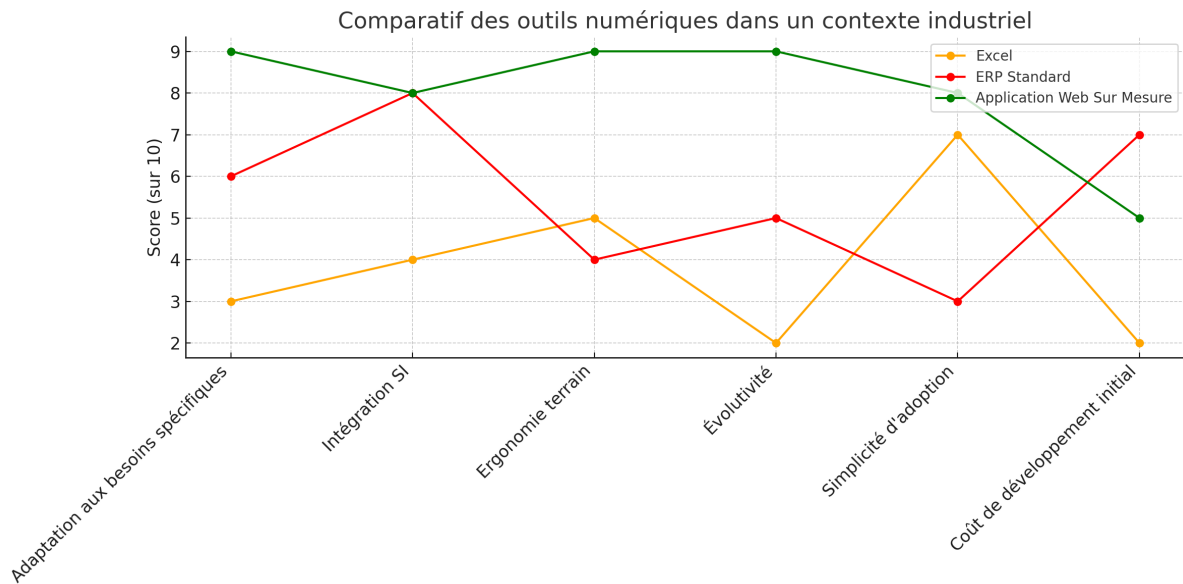


FIGURE 4 – Schéma comparatif

2.4 Limites des outils traditionnels dans l'industrie

Malgré l'évolution rapide des technologies numériques, de nombreuses entreprises industrielles en particulier les PME et ETI, continuent d'utiliser au quotidien des outils bureautiques généralistes comme Microsoft Excel, Word ou Access, voire des documents papier pour la gestion de processus critiques. Ces pratiques sont souvent le fruit d'une histoire longue, d'un pragmatisme organisationnel, ou encore d'un manque de moyens ou de temps pour conduire une transformation plus ambitieuse.

Cependant, dans un contexte de montée des exigences en matière de traçabilité, de conformité, de qualité et de pilotage en temps réel, ces outils révèlent rapidement leurs limites [6, 3].

• Données dispersées et non centralisées

L'un des problèmes les plus fréquents concerne la dispersion de l'information. Un même processus (ex : expertise d'une machine, suivi budgétaire d'un atelier) peut mobiliser plusieurs fichiers, stockés sur différents postes, partagés par mail ou disponibles sur des serveurs internes sans structuration cohérente. Cela génère :

- une perte de temps dans la recherche d'information ;
- des doublons non détectés et des versions contradictoires ;
- une dépendance aux personnes (savoir où est stocké quoi).

• Faible traçabilité des opérations

Dans l'industrie, la capacité à retracer qui a fait quoi, quand, et dans quel état, est essentielle, notamment pour des raisons de qualité, de responsabilité ou de conformité réglementaire. Les outils bureautiques classiques ne permettent pas de :

- historiser proprement les opérations ;
- protéger les données contre les modifications non contrôlées ;
- suivre les étapes critiques d'un processus métier.

Cela expose l'entreprise à des risques lors d'audits ou de litiges.

- **Saisie manuelle et erreurs fréquentes**

Les fichiers Excel restent très utilisés pour le suivi de production, la maintenance ou la planification. Pourtant, leur manipulation manuelle :

- augmente le risque d'erreur (saisie incorrecte, formules supprimées, cellules mal recopiées) ;
- empêche la validation automatique des données (type, cohérence, complétude) ;
- rend difficile la consolidation ou l'exploitation des données à grande échelle.

- **Aucune interconnexion entre services**

L'utilisation d'outils autonomes et non interfacés empêche les services (maintenance, production, qualité, méthodes, direction) de partager une vision commune. On observe souvent :

- des saisies redondantes d'une même information ;
- des ruptures de communication entre phases (ex : expertise, rédaction de rapport et archivage) ;
- une perte d'efficacité globale sur l'ensemble de la chaîne.

- **Manque de pilotage temps réel**

Avec les outils classiques, la remontée des informations est lente, parfois hebdomadaire voire mensuelle. Il devient impossible de :

- suivre l'évolution d'un projet en temps réel ;
- réagir rapidement à un dépassement budgétaire ou à une dérive qualité ;
- construire des tableaux de bord fiables à jour quotidiennement.

- **Charge mentale pour les équipes terrain**

Les techniciens, chefs d'équipe ou responsables doivent souvent jongler entre plusieurs fichiers, dossiers partagés, impressions papier, et mails informels. Cela génère :

- une surcharge administrative inutile ;
- un éloignement de leur cœur de métier (diagnostic, fabrication, intervention) ;
- un rejet progressif des outils numériques, perçus comme lourds et mal conçus.

- **Manque d'adaptabilité aux évolutions**

Enfin, les outils bureautiques traditionnels sont difficilement adaptables. Ajouter une fonctionnalité, automatiser une tâche, ou ajuster un workflow nécessite souvent des manipulations complexes, qui dépendent de compétences spécifiques, rarement disponibles en interne.

2.5 Contexte chez Jeumont Electric

Chez Jeumont Electric, et plus particulièrement sur le site de Carquefou, la digitalisation n'est pas une tendance suivie pour répondre à une mode technologique. Elle s'impose comme une réponse directe à un ensemble de problèmes concrets, identifiés sur le terrain par les équipes opérationnelles, et freinant parfois la performance de l'entreprise. Ces difficultés, longtemps tolérées au nom du pragmatisme ou de l'habitude, ont progressivement révélé leurs effets négatifs sur la productivité, la qualité, la traçabilité et la fluidité des processus internes.

2.5.1 Outils existants

Avant le démarrage de la mission, les processus métiers de plusieurs services clés – notamment la maintenance, l'expertise technique et la production – reposaient sur des outils de gestion anciennes. Il s'agissait principalement de :

- fichiers Excel utilisés comme bases de suivi ou de calcul, souvent stockés localement sur les postes de travail ou partagés via les serveurs internes ;
- rapports papier renseignés manuellement en atelier, puis scannés et stockés sans classification systématique ;
- e-mails et discussions orales pour transmettre des consignes ou des informations techniques ;
- anciens outils internes développés il y a plusieurs années avec des technologies désormais obsolètes.

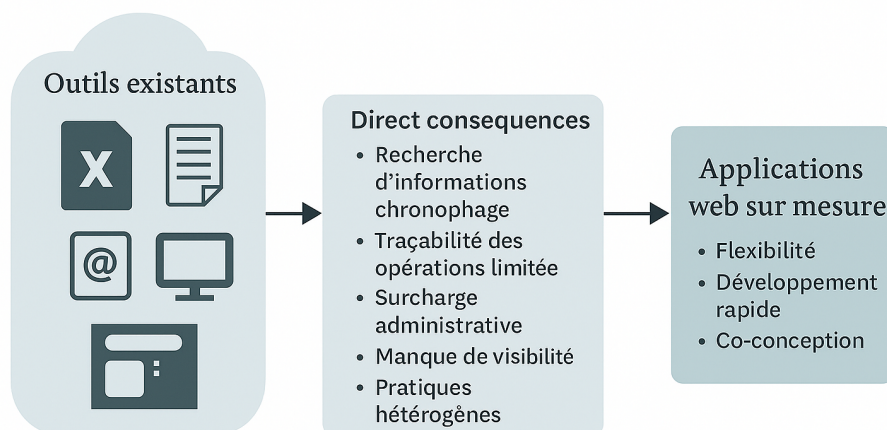


FIGURE 5 – Outils existants

Ces pratiques, héritées d'une organisation historique orientée terrain plus que numérique, permettaient certes de faire fonctionner les opérations, mais elles posaient plusieurs limites dès que l'on cherchait à fiabiliser, centraliser, tracer ou piloter les informations de manière plus structurée.

1. Conséquences directes sur le fonctionnement

Les équipes faisaient régulièrement état de difficultés rencontrées au quotidien, notamment :

- une perte de temps importante dans la recherche d'informations techniques ou budgétaires ;
- une traçabilité ou suivi incomplète ou incohérente des opérations réalisées ;
- une surcharge administrative pour les techniciens et opérateurs ;
- un manque de visibilité en temps réel pour les chefs de projet ;
- une hétérogénéité des pratiques d'un service à l'autre, générant des écarts de qualité.

Ces contraintes impactaient directement la qualité du travail, la réactivité face aux urgences, la capacité à répondre aux audits clients, et la fluidité globale des échanges.

2. Un besoin d'outils plus adaptés aux réalités métier

Face à ces constats récurrents, la direction du site de Carquefou a initié une réflexion sur la modernisation des outils internes. Plutôt que d'adopter un progiciel lourd ou un ERP global, l'entreprise a fait le choix stratégique de développer des **applications web sur mesure**.

Ce choix repose sur plusieurs critères :

- souplesse des technologies web pour adapter les interfaces aux contraintes métier ;
- rapidité de développement et de déploiement ;
- accessibilité via navigateur sans installation complexe ;
- centralisation des données et sécurisation des accès par rôles ;
- réduction des ressaisies et erreurs grâce aux contrôles automatiques ;
- génération automatique de rapports et indicateurs utiles.

3. Un engagement progressif mais structuré

La mission confiée dans le cadre de cette alternance s'inscrit dans cette stratégie. Jeumont Electric a fait le choix d'une approche **progressive, pragmatique et orientée terrain**, en sélectionnant trois axes d'amélioration jugés prioritaires :

- (a) **Une base d'expertise** pour centraliser, partager, valider et archiver les résultats des expertises électriques et mécaniques.
- (b) **Une application de traçabilité des barres** pour suivre la fabrication et l'intégration des enroulements, étape par étape au cours de la fabrication, avec un suivi de la qualité et de la performance.
- (c) **Une application de suivi budgétaire de la maintenance** pour améliorer le pilotage financier des interventions du service de maintenance du site de Carquefou.

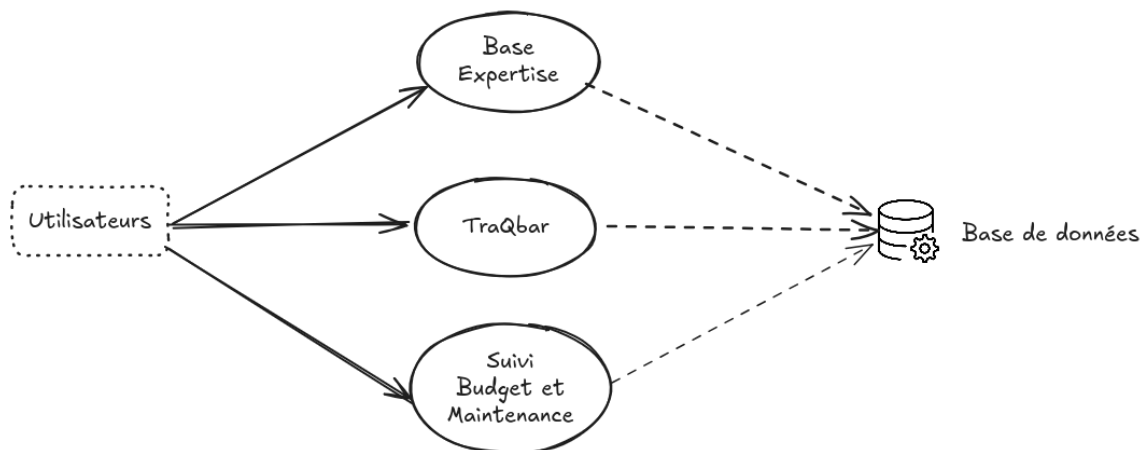


FIGURE 6 – Applications web réalisées

Chaque projet a été conçu en lien étroit avec les utilisateurs finaux, à travers une démarche de co-conception impliquant des ateliers de recueil des besoins, des tests en situation réelle, et des ajustements itératifs.

Cette démarche, en cohérence avec les principes du développement Agile, constitue un modèle reproductible pour toute entreprise industrielle cherchant à moderniser ses outils sans bouleverser son organisation.

2.6 Conclusion

Les limites des outils traditionnels sur le site de Carquefou ont mis en évidence un besoin clair de modernisation. La digitalisation par le développement d'applications web sur mesure s'est imposée comme une réponse adaptée, ciblée et progressive. Le chapitre suivant présente la mission concrète qui a permis d'accompagner cette transition.

3 Contexte et enjeux de la mission

3.1 Cadrage de la mission

Cette mission d’alternance s’inscrit dans le cadre d’une stratégie de digitalisation progressive menée sur le site de Carquefou de Jeumont Electric. Elle visait à moderniser des processus industriels identifiés comme critiques, notamment la gestion des expertises techniques, la traçabilité des barres Roebel, et le suivi budgétaire des dépenses de maintenance. L’objectif était double : renforcer l’efficacité opérationnelle tout en favorisant l’adoption de nouveaux outils numériques par les équipes terrain.

3.1.1 Origine du projet

Plusieurs services (maintenance, production, projets), ont exprimé un constat partagé sur les limites de solutions classiques (Excel, papier, solutions locales) : pas de traçabilité centralisée, double saisie, pas de réactivité en cas de non-conformité. Ces constats justifiaient la réalisation d’une solution numérique bien ciblée.

Les chefs de service, les techniciens de terrain et les chefs de projets se heurtaient à des difficultés tant sur la saisie, que sur la consolidation et l’exploitation des données. Cela se traduisait par un manque de réactivité, une qualité documentaire parfois insuffisante, ou une incapacité à satisfaire les clients ou dans le cadre d’audits internes.

Dans ce contexte, l’entreprise a exprimé le besoins de créer des outils numériques fait sur mesure, qui répondraient d’une manière précise aux problèmes du travail vécu, tout en s’intégrant aux pratiques sur terrain. Le périmètre de la mission a donc été fixé autour d’un point clé : digitaliser trois processus industriels critiques à l’aide de l’application web conçues spécifiquement pour le site de Carquefou.

3.1.2 Définition du périmètre

Trois besoins ont été identifiés comme prioritaires :

1. **Centralisation des expertises techniques** : les interventions électriques et mécaniques menées sur les équipements industriels donnaient lieu à des relevés et rapports expertise et final, souvent dispersés ou stockés sur un serveur de fichiers. Il s’agissait de structurer ces données dans une base d’expertise numérique, exploitable, sécurisée et génératrice de rapports standardisés.
2. **Traçabilité des barres Roebel** : Pour ce qui concerne la fabrication des barres utilisées dans les enroulements des stators, un suivi rigoureux est indispensable. Le processus utilisé était fondé sur une base de donnée ancienne qui ne correspondait plus aux besoins actuels. Le besoin était de créer une application plus récente, correspondant à de nouveaux besoins apparus suite à la réorganisation des postes de fabrication des barres.

3. **Suivi budgétaire de la maintenance** : les coûts liés aux interventions n'étaient pas suivies en temps réel. Le chef de service maintenance devait compiler des éléments collectés à partir de plusieurs sources, en l'occurrence sous la forme d'un fichier excel afin de reconstituer les dépenses. L'objectif est de leur permettre de disposer d'un outil leur permettant d'avoir une vision budgétaire actualisé, clair et filtrable par type d'intervention, machine ou période.

Chacune de ces problématiques représentait un maillon stratégique dans le fonctionnement global du site. L'idée n'était pas de remplacer les systèmes informatiques existants à grande échelle, mais d'ajouter d'autres outils, interconnectés, orientés usage, et capables d'apporter un bénéfice immédiate.

3.1.3 Nature de la mission

La mission confiée dans le cadre de cette alternance ne se limitait pas à la simple réalisation technique d'un logiciel. Elle faisait également partie d'un ensemble plus vaste de transformation numérique, en relation directe avec les objectifs stratégiques du site de Carquefou. Caractérisée par son caractère transversal, elle a mobilisé des compétences diverses et variées : informatique, analyse fonctionnelle, gestion de projet, conduite du changement, communication sur le projet avec l'ensemble des parties prenantes.

Elle s'est articulée autour de plusieurs volets clés :

- **Analyse des besoins** : recueil des attentes des utilisateurs via des entretiens, des observations sur le terrain, et des documents existants comme les cahiers des charges
- **Modélisation des processus actuels** : cartographie des workows, identification des points de blocage, des étapes critiques et des données manipulées.
- **Conception des solutions** : définition de l'architecture applicative, conception des interfaces, choix technologiques (Symfony, MySQL, TWIG, Javascript etc..)
- **Développement incrémental** : mise en oeuvre des fonctionnalités par lots par d'application, avec des livraisons régulières pour validation intermédiaire.
- **Tests fonctionnels et recette utilisateur** : mise en situation réelle dans l'atelier ou au bureau, collecte des retours et ajustements.
- **Déploiement et accompagnement** : mise en production sur le réseau de l'entreprise, rédaction de guides, formation des utilisateurs, et support initial.

3.1.4 Positionnement dans l'entreprise

Le projet a été réalisé en étroite co-construction avec les équipes métiers de Jeumont Electric, ateliers, maintenance, production, et chefs de projets, afin de prendre en compte la réalité opérationnelle des projets, en comprenant les contraintes, les priorités, les habitudes de chaque

service. Pour co-construire de façon pragmatique les solutions en lien avec les utilisateurs finaux et garantir une bonne adéquation de l'outil au besoin des utilisateurs, les échanges ont été réguliers, limitant le risque de dérives fonctionnelles ou de déconnexion entre le fonctionnement de l'outil et l'utilisation qui en sera faite.

La mission était orchestrée par les tuteurs de l'entreprise, qui avaient la responsabilité du pilotage global et du respect des orientations stratégiques de l'entreprise. Dans le cadre d'arbitrages fonctionnels associés prenant en compte les besoins exprimés et les ressources disponibles dans le cadre des standards internes de sécurité informatique, d'accessibilité réseau ou de conformité documentaire.

Un des principaux atouts du projet résidait dans ses modalités de réalisation : le développement des applications a été assuré en interne, dans le cadre de l'alternance, favorisant ainsi une forte réactivité aux retours utilisateurs. Il s'est agi de postures Agiles, associant cycles courts de tests, itérations rapides et capacité d'adaptation à des contraintes évolutives, alors qu'une solution sous-traitée aurait pu nuire à l'appropriation des outils par des utilisateurs et à la cohérence entre choix techniques et attentes métier.

3.1.5 Un projet à impact local mais à potentiel global

Bien qu'originellement circonscrit au site de Carquefou, le projet portait en réalité une ambition bien plus large telle qu'un démonstrateur à échelle humaine visant à valider une approche pragmatique, itérative et ancrée sur le terrain d'une digitalisation ne s'inscrivant pas seulement dans la résolution d'irritants opérationnels locaux mais à poser les fondements d'une méthodologie empruntant à la reproductibilité pouvant inspirer d'autres projets numériques chez Jeumont Electric.

En s'appuyant sur des technologies web modernes, des processus de co-conception Agile et une proximité avec les utilisateurs finaux, le projet a livré des outils simples, robustes et utiles immédiatement. Cette efficacité associée à la maîtrise de ses coûts de développement (parce que conduits en interne dans le cadre de l'alternance), a suscité un grand intérêt auprès d'autres services.

De fait, les solutions mises en œuvre, base d'expertise, suivi de production, pilotage budgétaire, peuvent être déclinées ou adaptées à d'autres entités du groupe, avec des ajustements minimes. Leur modularité, leur compatibilité avec les infrastructures existantes et leur architecture orientée métier en font des briques logicielles prometteuses pour une montée en puissance progressive.

Ce projet, tout en restant modeste dans sa taille, démontre qu'il est possible d'engager une transformation numérique industrielle sans bouleverser les structures existantes, à condition de partir des besoins du terrain et d'impliquer les équipes dès la conception.

3.2 Objectifs de la mission

La mission qui m'était assignée dans le cadre de cet contrat d'alternance dépassait le cadre d'une simple action technique. Elle se plaçait dans une ambition stratégique de pérennisation d'un meilleur fonctionnement de processus industriels jugés critiques pour l'entreprise. Il ne s'agissait donc pas de concevoir ou mettre en place simplement une solution logicielle, mais de contribuer à une transformation plus profonde, impliquant à la fois des aspects technologiques, organisationnels et humains.

Le principal défi du projet se trouvait bien dans le fait d'implémenter des outils numériques tout en les rendant accessibles aux utilisateurs finaux, ce qui n'allait pas sans engendrer un travail préalable de compréhension de leurs besoins, de leurs pratiques, et de leurs résistances au changement. L'accompagnement à la transformation se naturel à l'ensemble des tâches sur les solutions, comme constitutif, au même titre que les développements des solutions.

Dès les premières phases du projet, trois catégories d'objectifs étaient explicitement identifiés afin de matérialiser le travail et assurer la cohérence du projet :

3.2.1 Objectifs techniques

Dans le cadre de cette mission, le cahier des charges technique stipule que les solutions numériques à développer devront être robustes, sécurisées, mais aussi et surtout facilement maintenables sur le long terme. Il ne s'agit donc pas seulement de développer une « application » qui soit fonctionnelle ou au moins utilisable par les utilisateurs finaux, mais de proposer des outils intégrés au contexte de l'entreprise, à l'environnement informatique existant, en conformité avec les spécifications internes. Plusieurs points clés étaient à prendre en considération :

- **Développer des applications web accessibles et performantes**, utilisables directement dans un navigateur, sans installation sur un poste local, permettant ainsi à la fois d simplifier le déploiement, d'assurer un accès uniforme et de garantir une compatibilité optimale avec le parc informatique existant, à savoir, les équipements déjà en action dans l'entreprise.
- **Organiser les données dans une base de données MySQL sécurisée**, afin de permettre une saisie fiable, un accès rapide à l'information, et la possibilité de faire des analyses ou d'en extraire des rapports facilement. L'objectif était d'éviter les erreurs de manipulation tout en facilitant l'exploitation des données.
- **Mettre en œuvre les règles de sécurité de l'entreprise**, par le biais de processus d'identification, de gestion des droits d'accès, et une pleine traçabilité des opérations délicates. Ces prémisses étaient vraies pour garantir la sécurité des données, et le respect des politiques internes.
- **Assurer la compatibilité avec les outils déjà utilisés**, comme les serveurs de fichiers partagés ou d'autres systèmes internes. Le but était d'éviter des interconnexions complexes

tout en gardant une bonne communication entre les outils.

- **Documenter clairement tout le travail réalisé**, aussi bien le code que l'architecture générale. Cette documentation avait pour but de faciliter la prise en main par d'autres développeurs ou équipes internes, en vue de maintenir ou de faire évoluer la solution par la suite.

3.2.2 Objectifs fonctionnels

Les objectifs fonctionnels de la mission s'attaquaient aux besoins réels des utilisateurs et à la constriction apportée par les outils antérieurs. Il s'agissait de construire des solutions qui soient véritablement efficaces au-delà de leur seule pertinence théorique et qui soient réellement utiles afin qu'elles soient simples d'accès et effectivement appropriées par les équipes.

Pour cela plusieurs axes d'améliorations avaient été identifiés dès l'amont :

- Limitation des erreurs de saisie et des doublons par la construction de formulaires bien structurés avec des champs contrôlés, des parcours guidés permettant de fiabiliser l'enregistrement des données.
- Traçabilité de l'ensemble des actes par l'enregistrement systématique de chaque acte (création, modification, validation...) d'informations telles que la date, l'auteur et le contexte dans lequel il a été réalisé.
- Automatisation des tâches répétitives, notamment dans la production des rapports et certains calculs récurrents (budgets, synthèses d'activité, ...) afin de faire gagner du temps tout en diminuant la part d'erreurs à un moment donné du processus d'enregistrement.
- Proposer des outils d'analyse simples et accessibles, sous forme de tableaux de bord clairs, pour permettre un suivi en temps réel de certains indicateurs, qu'ils soient techniques ou financiers.
- Adapter l'interface aux usages réels des utilisateurs, en particulier pour les techniciens en atelier. L'objectif était de proposer une navigation rapide, avec une ergonomie pensée pour les écrans de bureau, afin de ne pas ralentir leur travail.

3.2.3 Objectifs humains et organisationnels

Dans un cadre industriel, un projet numérique ne se conclut par un succès que si on prend en compte la dimension humaine. Un outil peut être techniquement avancé, mais il ne s'avérera véritablement utile que si ceux qui s'en servent au quotidien s'en emparent. C'est donc tout naturellement que les enjeux humains et organisationnels ont été au cœur de cette mission.

Des objectifs opérationnels ont été fixés afin de déclencher l'adhésion, l'appropriation et l'utilisation pérenne des outils développés :

- Impliquer les utilisateurs finaux de façon systématique dès le lancement du projet : c'est concrétisé par des entretiens réguliers, des maquettes à valider ensemble, des tests sur le terrain. La démarche participative ainsi engagée a permis d'affiner leurs attentes et de concevoir un outil en phase avec leur quotidien.
- Alléger la charge administrative des équipes, en automatisant certaines tâches et en supprimant les ressaisies inutiles, pour leur faire gagner du temps et réduire la pénibilité de certaines opérations répétitives ou peu productives.
- Accompagner la prise en main des outils, grâce à une montée en compétence progressive. Des formations ciblées, des supports clairs et une assistance au démarrage ont été mises en place pour que chacun puisse se sentir à l'aise avec les nouveaux usages.
- Ajuster les pratiques et les mentalités, en montrant que la digitalisation peut être un vrai levier d'amélioration et non un élément supplémentaire de complexité du travail. L'idée étant de créer un climat de confiance autour du changement.
- Anticiper l'extension possible du projet, en gardant à l'esprit que les solutions mises au point doivent être réutilisables par d'autres équipes, d'autres processus, voire d'autres sites. Il s'agissait aussi de poser les bases d'un modèle reproductible.

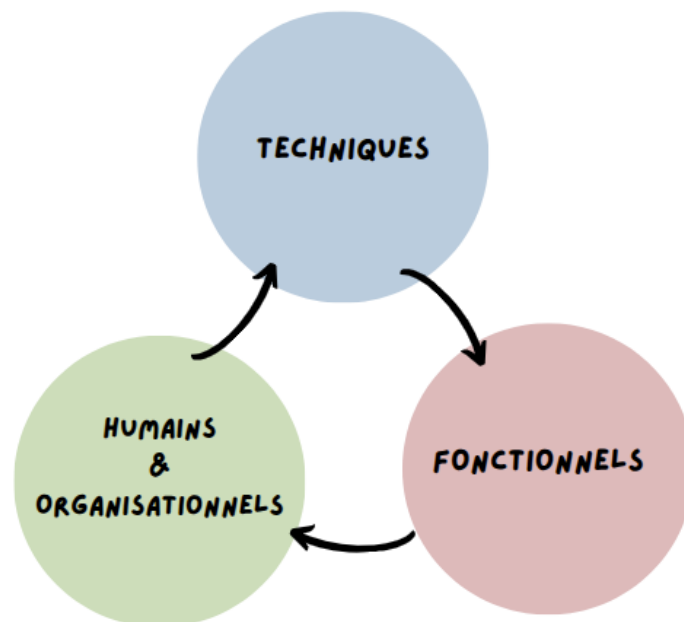


FIGURE 7 – Objectifs de la mission

Ces objectifs techniques, fonctionnels et humains ont guidé l'ensemble du projet, du cadrage initial jusqu'à la mise en production. À chaque étape, ils ont servi de repères pour orienter les choix techniques, valider les fonctionnalités livrées et structurer l'organisation du travail, notamment dans une démarche Agile. Plus qu'un simple développement applicatif, cette mission visait à initier une dynamique d'amélioration durable, en apportant aux équipes de Jeumont Electric des outils concrets, pensés pour leur quotidien, et porteurs de valeur sur le long terme.

3.3 Contraintes techniques et organisationnelles

La réalisation de cette mission ne s'est pas déroulée dans un environnement neutre, dénué d'enjeux. Elle a joué un rôle à prendre en compte (à composer) avec un certain nombre de contraintes (techniques, organisationnelles) qui ont influencé autant les choix de conception, que les priorités fonctionnelles, que le rythme d'avancement. Identifier ces contraintes au tout départ et les intégrer dans la démarche globale d'accompagnement au changement a été la condition pour garantir la faisabilité du projet, la robustesse des solutions mises en place et leur appropriation par les utilisateurs.

3.3.1 Contraintes techniques

- **Infrastructure informatique existante** : le développement devait s'appuyer sur l'environnement informatique interne de Jeumont Electric, sans possibilité de recourir à des solutions cloud externes. Cela impliquait un déploiement local (intranet) et une compatibilité avec les navigateurs et systèmes d'exploitation déjà en place.
- **Connexion réseau limitée dans certaines zones** : notamment dans les ateliers, où certaines machines sont éloignées des points d'accès réseau. Les applications devaient donc être suffisamment légères et robustes pour fonctionner dans un environnement réseau parfois instable.
- **Sécurité et accès** : il était impératif de restreindre l'accès aux données sensibles, notamment les historiques d'interventions, les rapports d'expertise et les budgets. Cela nécessitait une gestion fine des droits utilisateurs, avec différents niveaux d'accès selon les rôles.
- **Interopérabilité** : même si l'objectif n'était pas de remplacer l'ERP ou les outils existants, il fallait veiller à une certaine compatibilité dans les formats de données pour permettre une réutilisation future ou une extension fonctionnelle.
- **Temps de développement limité** : la mission se déroulant dans le cadre d'une alternance, il a fallu faire des choix réalistes en termes de périmètre fonctionnel, et privilégier une approche incrémentale et testable.

3.3.2 Contraintes organisationnelles

- **Disponibilité des utilisateurs** : les techniciens, chefs d’atelier ou responsables de service étaient peu disponibles pour des réunions longues ou des ateliers de conception. Il a donc fallu privilégier des formats courts, des démonstrations directes sur le terrain, et une démarche d’ajustement progressif.
- **Hétérogénéité des pratiques** : certains processus n’étaient pas formalisés ou variaient selon les équipes. Avant de digitaliser, il a parfois fallu harmoniser les pratiques existantes, ou du moins documenter les écarts pour que les outils restent compatibles avec la réalité du terrain.
- **Culture numérique variable** : tous les utilisateurs n’avaient pas la même aisance avec les outils informatiques. Il a été nécessaire d’adapter l’ergonomie des interfaces, de prévoir une phase de prise en main accompagnée, et de construire des outils simples, intuitifs et accessibles.
- **Respect des priorités opérationnelles** : la mission devait s’intégrer dans un quotidien déjà chargé. Les tests, les échanges et les déploiements ont donc été planifiés pour ne pas perturber les opérations en cours, en respectant les pics d’activité ou les périodes sensibles (audits, fin de mois...).
- **Évolutivité et maintenance** : l’entreprise souhaitait conserver une capacité future à faire évoluer les outils. Il a donc fallu documenter proprement le code, structurer les bases de données de manière modulaire, et préparer un transfert de compétences pour l’après-projet.

L’identification et la prise en compte de ces contraintes ont été essentielles pour construire un projet réaliste, pertinent, et bien accueilli par les parties prenantes. Elles ont permis d’éviter les écueils classiques des projets numériques industriels : sur-spécification, rejet utilisateur, ou incompatibilité technique. Ces contraintes ont été intégrées dès la phase de planification initiale afin d’anticiper les risques liés à l’absence de documentation ou à la variabilité des pratiques.

3.4 Attentes de l’entreprise

Derrière la mission confiée dans le cadre de cette alternance, Jeumont Electric formulait des attentes précises, exprimées aussi bien par la direction technique que par les responsables opérationnels et les utilisateurs finaux. L’enjeu allait bien au-delà du simple développement d’un nouvel outil numérique : il s’agissait de poser les bases d’une transformation concrète, visible et durable dans les pratiques de l’entreprise.

3.4.1 Attentes à court terme

À court terme, Jeumont Electric attendait de cette mission des résultats concrets, visibles et directement applicables sur le terrain. L’objectif n’était pas simplement de livrer un prototype

ou une preuve de concept, mais bien d'apporter une amélioration immédiate à certains processus clés. Cinq attentes majeures structuraient cette phase :

- **Améliorer le quotidien des utilisateurs**

Les premiers concernés par les évolutions numériques sont les équipes opérationnelles. La charge administrative pesait particulièrement sur les techniciens et les responsables de service, notamment en raison de tâches répétitives (saisies multiples, rapports manuels, classements de documents). L'un des objectifs principaux était donc de simplifier leurs routines en automatisant certains traitements, en normalisant les formats de saisie, et en supprimant les ressaisies. Cela devait non seulement alléger leur charge mentale et leur faire gagner du temps, mais aussi réduire les risques d'erreur ou de perte d'information.

- **Centraliser les données critiques**

Avant le projet, les informations étaient souvent dispersées : certaines données étaient stockées sur des fichiers Excel partagés, d'autres circulaient par e-mail ou étaient saisies directement sur le serveur de fichier de l'entreprise. Cette fragmentation compliquait leur accès, leur mise à jour et leur sécurisation. Il était donc impératif de concevoir une solution centralisée, capable de regrouper les données techniques, financières et logistiques dans une interface unique, organisée et protégée. Une telle centralisation permettait également de fiabiliser les analyses et de fluidifier les échanges entre services.

- **Renforcer la fiabilité documentaire**

Dans un contexte industriel, la qualité de la documentation est un enjeu majeur, que ce soit pour les audits internes, les contrôles qualité ou les relations avec les clients. L'objectif était ici de permettre la génération automatique de rapports complets, structurés selon des formats validés, et conformes aux exigences réglementaires ou contractuelles. Cette automatisation devait réduire les oublis, garantir l'homogénéité des documents produits, et faciliter leur exploitation a posteriori.

- **Expérimenter une approche Agile**

La direction technique souhaitait tester une méthode de développement plus souple et plus réactive, fondée sur des cycles courts, des retours utilisateurs fréquents et une adaptation continue. Cette approche Agile représentait une rupture avec les pratiques plus traditionnelles basées sur des cahiers des charges figés. L'alternance constituait un contexte idéal pour expérimenter cette démarche, en co-construisant les outils au fur et à mesure, avec des phases de tests et d'ajustements rapides.

- **Permettre un déploiement rapide**

Enfin, l'une des attentes clés était la mise en service rapide d'une première version utilisable. L'entreprise souhaitait pouvoir bénéficier des résultats de la mission dès la fin de l'alternance, sans dépendre d'un long processus d'intégration ou d'un plan de formation lourd. Cela impliquait de concevoir des interfaces intuitives, prêtes à l'emploi, et suffisamment robustes pour un usage en production, même si certaines fonctionnalités restaient à étoffer par la suite

3.4.2 Attentes à moyen et long terme

Au-delà des objectifs opérationnels immédiats, la mission confiée s’inscrivait dans une vision plus large portée par Jeumont Electric : celle d’une transformation progressive et maîtrisée de ses pratiques industrielles à travers le numérique. L’ambition n’était pas seulement de résoudre un problème local, mais bien d’explorer un nouveau modèle de développement digital, reproductible et évolutif. Les attentes à moyen et long terme reflètent cette volonté stratégique.

- **Structurer une base de savoir-faire numérique**

L’un des enjeux majeurs identifiés par l’entreprise était la préservation et la valorisation de son expertise interne. Au fil des années, Jeumont Electric a accumulé une grande quantité de connaissances techniques et opérationnelles, souvent diffusées sous forme de documents isolés, de fichiers locaux ou de pratiques informelles. La digitalisation devait permettre de formaliser ce savoir, de le rendre accessible à tous, et de le protéger contre les risques de perte liés aux mobilités internes, aux départs à la retraite ou à la réorganisation des équipes. L’outil développé devait ainsi jouer un rôle de référentiel vivant, structurant la mémoire technique de l’entreprise.

- **Renforcer la transversalité entre services**

Dans un environnement industriel où plusieurs métiers interagissent en continu, la circulation fluide de l’information est un facteur clé d’efficacité. Une autre attente forte de l’entreprise était donc de favoriser la transversalité entre les services – production, maintenance, logistique, qualité, direction – en leur offrant une plateforme commune. Cette base partagée devait faciliter la coordination, limiter les silos d’information, et permettre un suivi global des activités.

- **Accroître la culture numérique de l’atelier**

Jeumont Electric souhaitait également accompagner une évolution culturelle en interne, en sensibilisant les équipes de terrain à l’intérêt des outils numériques. Il ne s’agissait pas d’imposer une rupture brutale, mais de faire évoluer les habitudes par étapes, en introduisant des solutions simples, utiles et adaptées aux contraintes des ateliers. L’outil développé devait servir de démonstrateur : il devait prouver qu’un usage intelligent du numérique pouvait améliorer concrètement les conditions de travail sans complexifier les tâches.

- **Initier une dynamique de réutilisabilité**

L’entreprise envisageait cette mission comme un point de départ. L’architecture des outils développés devait être pensée dès le départ pour être modulaire, adaptable et évolutive. L’objectif était de pouvoir réutiliser certains composants dans d’autres projets, sur d’autres sites, ou dans d’autres services, sans devoir tout reconstruire. En ce sens, la mission devait poser les fondations d’une approche “brique par brique”, permettant de mutualiser les développements et d’accélérer les futures initiatives de digitalisation.

- **Mesurer l'impact de la digitalisation**

Enfin, Jeumont Electric souhaitait disposer d'indicateurs concrets pour évaluer les effets de la transformation engagée. Cela concernait à la fois des aspects quantitatifs – réduction du temps de traitement, fiabilisation des données, amélioration de la traçabilité – et qualitatifs, comme le retour des utilisateurs, l'appropriation des outils ou le niveau de satisfaction. Ces éléments de mesure étaient essentiels pour ajuster la démarche, justifier les investissements futurs, et construire une feuille de route cohérente pour les années à venir.

Ces attentes ont conféré à la mission une véritable dimension stratégique, en la positionnant comme un projet pilote de la transformation numérique au sein de Jeumont Electric. Bien au-delà d'une simple réponse technique à un besoin ponctuel, il s'agissait de poser les fondations d'une modernisation progressive, ancrée dans les réalités du terrain. L'entreprise ne recherchait pas une solution figée ou générique, mais une démarche évolutive, capable de s'adapter, de s'enrichir et de se répliquer.

En misant sur l'expérimentation, l'écoute active des utilisateurs et des cycles courts d'amélioration, la direction a fait le choix d'une transformation concrète, itérative et centrée sur les usages réels. Cette posture visait à créer les conditions d'une adhésion durable, en montrant que les outils numériques peuvent être des leviers de performance autant que de confort au quotidien.

3.5 Méthodologie adoptée

Pour garantir la réussite de la mission et répondre efficacement aux attentes de Jeumont Electric, une méthodologie rigoureuse et pragmatique a été mise en place. Elle repose sur une approche Agile inspirée du *cadre Scrum*, combinée à une gestion de projet structurée à l'aide d'outils numériques adaptés. Cette méthode de travail a permis de livrer des solutions concrètes dans des délais contraints, tout en maintenant une forte implication des utilisateurs finaux.

3.5.1 Approche Agile : souplesse et itérations

Afin de répondre efficacement aux besoins métiers tout en intégrant les contraintes d'un projet mené en alternance, une approche inspirée du cadre méthodologique Scrum a été adoptée. Bien qu'il ne s'agisse pas d'une équipe de développement au sens classique, les grands principes Agiles — itérations courtes, livrables fréquents, retours utilisateurs constants — ont guidé l'ensemble de la mission.

Le projet a ainsi été structuré en sprints courts, généralement de deux à trois semaines, chacun visant à produire un incrément fonctionnel complet, c'est-à-dire une partie du produit utilisable, testable et potentiellement déployable. Ce découpage a permis de construire la solution progressivement, tout en garantissant une forte réactivité face aux retours du terrain.

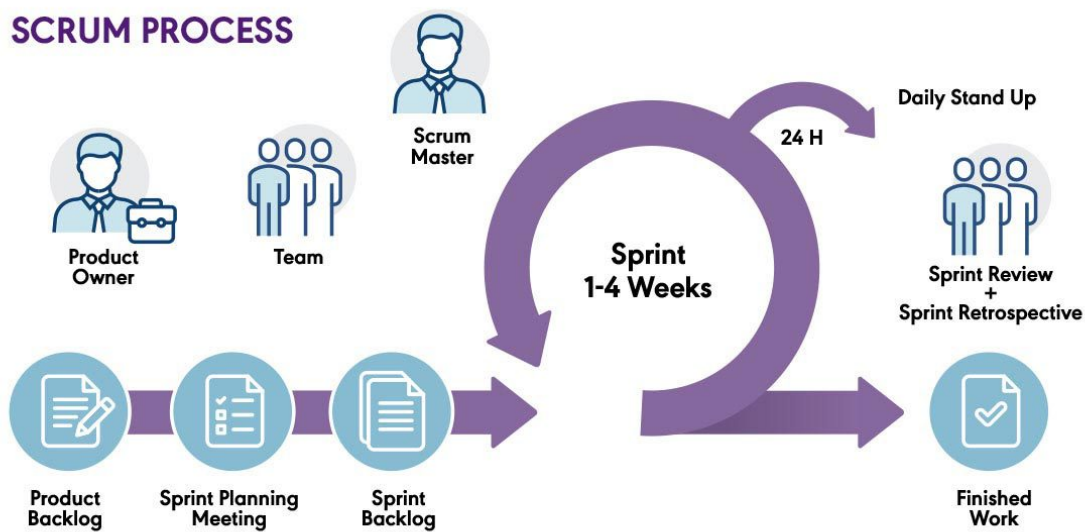


FIGURE 8 – Approche itérative et incrémentale adoptée (inspirée du cadre Scrum).

Comme décrit dans le *Scrum Guide* [7], cette approche repose sur des itérations courtes, une collaboration étroite avec les utilisateurs et une amélioration continue, Comprendre un peu plus le processus scrum.

1. Trois piliers soutiennent l'implémentation d'un contrôle empirique de processus

La Transparence, l'Inspection et l'Adaptation.

- **La transparence** : requiert la définition d'un standard commun pour ces aspects afin que les observateurs partagent une compréhension commune de ce qui est observé.
- **L'inspection** : les utilisateurs de Scrum doivent fréquemment inspecter les artefacts Scrum et l'état d'avancement par rapport à un objectif de Sprint (Sprint Goal) afin de détecter les écarts indésirables. La fréquence de ces inspections ne devrait pas gêner le travail en cours. Ces inspections sont bénéfiques lorsqu'elles sont effectuées de manière diligente sur les lieux du travail par les personnes qualifiées.
- **L'adaptation** : si un inspecteur détermine qu'un ou plusieurs aspects du processus dérivent hors des limites acceptables, et que le produit qui en résulte sera inacceptable, le processus ou le matériel utilisé par le processus doit être ajusté. Un ajustement doit être fait dès que possible afin de minimiser le risque d'autres dérives.

2. Les rôles de scrum

Scrum définit un modèle d'équipe optimisant la flexibilité, la créativité et la productivité.

- **Le Product Owner** : Est un membre à part entière de l'équipe Scrum représentant des clients et utilisateurs dans le cadre du projet. Il est en charge de la tenue du

backlog produit.

- **Développement team** : Est constituée de professionnels qui produisent à chaque Sprint un incrément « terminé » et potentiellement livrable du produit. Ils ont toutes les compétences nécessaires pour effectuer le travail sans dépendre de personnes n'appartenant pas à l'équipe. Transforme un besoin exprimé par le Product Owner en fonctionnalités utilisables. L'équipe est responsable de livrer à la fin de chaque sprint les items qui ont été priorisés pour ce sprint.
- **Scrum Master** : Est une personne qui maîtrise le Scrum et qui s'assure que ce dernier est correctement appliqué. Il a un rôle de coach à la fois auprès du Product Owner et auprès de l'équipe de développement

3. Les événements du Scrum

Les événements prescrits par Scrum créent de la régularité et minimisent la nécessité d'autres réunions non prévues. Tous les événements sont limités dans le temps, de telle sorte que chaque événement ait une durée maximale.

- **Sprint** : est une période (constante) d'un mois au maximum, au bout de laquelle l'équipe livre un incrément du produit, potentiellement livrable. Chaque Sprint doit avoir un objectif qui est un but fixé et peut être réalisé par l'implémentation d'une partie du Product Backlog
- **Sprint planning** : Le travail à effectuer dans le Sprint est prévu dans la réunion de planification de Sprint. Elle est d'une durée maximale de quatre heures pour les sprints de deux semaines. L'équipe Scrum discute des fonctionnalités qui peuvent être développées pendant le Sprint. Le Product Owner fournit des clarifications sur les articles du Backlog du produit. L'équipe sélectionne les éléments du Backlog de produit pour le Sprint, car ils sont les meilleurs pour évaluer ce qu'ils peuvent accomplir dans le Sprint.
- **Le Daily Meeting** : Est une réunion de 15 minutes pour l'équipe, menée quotidiennement pour comprendre rapidement le travail depuis la dernière réunion quotidienne de Scrum. Cette réunion est également appelée réunion quotidienne debout. Pendant la réunion, chaque membre de l'équipe explique :
 - Qu'a-t-il fait hier pour aider l'équipe à atteindre l'objectif de sprint ?
 - Que va-t-il faire aujourd'hui pour aider l'équipe à atteindre le but du sprint ?
 - Voit-il des obstacles qui l'empêchent, lui ou l'équipe, de rencontrer le but du sprint ?
- **Sprint review** : À la fin de chaque sprint, l'équipe Scrum et le client se réunissent pour effectuer la revue de sprint, sa durée maximale est de quatre heures pour un sprint de 4 semaines. L'objectif de la revue de sprint est de valider l'incrément de produit qui a été réalisé pendant le sprint.

- **Sprint Rétrospective** : Est une réunion faite par l'équipe Scrum. Elle a pour but l'adaptation aux changements qui surviennent au cours du projet et l'amélioration continue du processus de réalisation

4. Les artefacts du Scrum

Les artefacts de Scrum sont spécialement conçus pour maximiser la transparence d'informations essentielles afin que tous en aient la même compréhension. Les artefacts de Scrum sont :

- **Product Backlog** : Est une liste ordonnée de tous les éléments identifiés comme nécessaires au produit. Il constitue l'unique source d'exigences pour tout changement à apporter au produit. Le Product Owner est responsable du Product Backlog, y compris son contenu, sa disponibilité et son ordonnancement. Le Product Backlog évolue au fur et à mesure que le produit et le contexte dans lequel il sera utilisé évoluent. Il est dynamique ; il change constamment pour identifier ce que le produit requiert pour être approprié, compétitif et utile.
- **Sprint Backlog** : Est l'ensemble des éléments sélectionnés pour le Sprint plus un plan pour livrer l'incrément du produit et réaliser l'objectif du Sprint. Le Sprint Backlog est une prévision que l'équipe de développement fait de la fonctionnalité qui sera présente dans le prochain incrément et le travail nécessaire pour livrer cette fonctionnalité dans un incrément « Fini ».
- **L'incrément** : Est constitué des éléments du Backlog produit « Finis » pendant le sprint ainsi que de la valeur cumulative des incréments livrés dans les sprints précédents. À la fin d'un Sprint, le nouvel incrément doit être « Fini », ce qui implique qu'il doit être dans un état publiable

Cette démarche a permis de livrer des premières versions utilisables dès les premières semaines de développement, de recueillir des retours fréquents, et d'ajuster les fonctionnalités au plus proche du besoin métier.

3.5.2 Cadrage progressif et centrage utilisateur

Dès les premières phases du projet, une approche résolument **centrée sur l'utilisateur** a été adoptée afin de garantir l'adéquation entre les solutions développées et les besoins concrets du terrain. Plutôt que de suivre un cahier des charges figé, l'équipe projet a misé sur un processus itératif fondé sur l'observation, l'échange, et l'expérimentation.

Cette démarche s'est articulée autour de plusieurs leviers complémentaires :

- **Entretiens exploratoires** : En amont du développement, des échanges approfondis ont été menés avec les techniciens de maintenance, les chefs d'atelier ainsi que les utilisateurs finaux. Ces entretiens visaient à identifier les usages existants, les frustrations liées aux

outils précédents, et les attentes implicites souvent non formulées dans les documents formels. Cette phase a permis de dresser une cartographie fine des besoins fonctionnels et ergonomiques.

- **Prototypage et tests en conditions réelles** : Chaque livraison intermédiaire a été conçue comme un prototype fonctionnel, testé directement dans les ateliers dans une base de données test. Ces tests ont permis d'évaluer la pertinence des choix de conception face à la réalité du terrain, de détecter des points de friction, et d'itérer rapidement. Ce processus a contribué à affiner progressivement l'interface, les flux de navigation, et les messages contextuels.
- **Démonstrations régulières et feedbacks itératifs** : Des sessions de démonstration ont été organisées à chaque étape clé du développement. La présence active de la tutrice en entreprise et des référents métier a permis de recueillir des retours immédiats, concrets et contextualisés. Ces échanges ont joué un rôle essentiel dans l'ajustement rapide des fonctionnalités, en maintenant un alignement constant avec les objectifs opérationnels.
- **Documentation intégrée et évolutive** : Un effort particulier a été porté sur la clarté de l'accompagnement utilisateur. Chaque livrable était accompagné de contenus d'aide embarqués : guides de saisie, info-bulles contextuelles, vérifications en temps réel et messages explicites en cas d'erreur. Cette documentation progressive a évolué en parallèle du produit, en fonction des retours utilisateurs et des cas d'usage identifiés.

Cette approche de cadrage progressif, fondée sur la proximité avec les utilisateurs et l'ajustement en continu, a permis de concevoir une solution réellement adaptée au contexte métier, tout en favorisant l'appropriation rapide par les équipes.

3.5.3 Structuration du travail

Afin d'assurer une progression fluide et maîtrisée du projet, la mission a été découpée en cinq grandes étapes, chacune correspondant à une phase clé du cycle de développement. Cette structuration temporelle et méthodologique a permis de garantir la cohérence globale tout en laissant de la place à l'itération et à l'ajustement.

3.5.3.1 Temps d'alternance L'organisation du temps sur les deux années d'alternance s'est articulée autour de quatre grands volets : la formation académique, le travail en entreprise, les périodes de stage et les périodes de congés. Cette répartition, illustrée dans le graphique ci-dessus, reflète l'équilibre entre apprentissage théorique, mise en pratique en situation réelle, et temps de repos réglementaire.

- **13,8 mois en entreprise** : Cela représente la majorité du temps d'alternance. Ces mois ont été consacrés à l'accomplissement des missions confiées chez Jeumont Electric, au développement des applications web, à la co-conception avec les équipes métiers et au déploiement progressif des outils sur le terrain. Cette immersion prolongée dans un environnement industriel a permis une montée en compétences rapide, une compréhension fine des besoins métier, et une participation active à la digitalisation des processus critiques.
- **8 mois en formation** : Cette partie a permis d'acquérir les fondements théoriques en informatique, gestion de projet, développement web, cybersécurité, et méthodologies Agiles. Ces acquis ont été directement mis en œuvre dans les projets réalisés en entreprise, favorisant un aller-retour permanent entre théorie et pratique.
- **5 mois en période de stage** : Tout d'abord, j'ai débuté en stage au sein de l'entreprise, avant de poursuivre en alternance sur le site de Carquefou. Cette continuité a permis de livrer des résultats plus aboutis sur le plan technique, en mettant l'accent sur la mise en production, la documentation et les tests utilisateurs. Elle a également été l'occasion de capitaliser sur le travail déjà réalisé, tout en développant une autonomie renforcée dans la conduite du projet.
- **2,2 mois de vacances** : Ces périodes regroupent les congés payés, les jours fériés, les RTT et les éventuels ponts. Bien que non productives au sens strict, elles ont permis de maintenir un équilibre indispensable à la qualité du travail et à l'engagement sur le long terme.

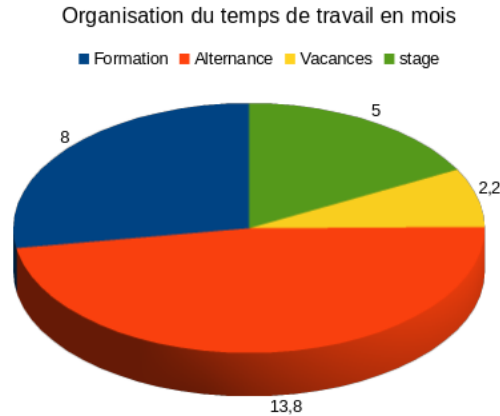


FIGURE 9 – Structure - temps d’alternance

Cette répartition du temps a permis de structurer une alternance à la fois exigeante et formatrice, avec un fort ancrage terrain et une continuité pédagogique adaptée au rythme industriel.

3.5.3.2 Structuration en Entreprise

1. Cadrage et recueil des besoins (mois 1–2)

Cette première phase a consisté à poser les bases du projet. Des observations terrain et des entretiens ciblés ont permis de mieux comprendre les processus existants, les points de difficultés rencontrés par les utilisateurs, ainsi que les attentes fonctionnelles. Ces éléments ont ensuite été formalisés sous forme de cahiers des charges simplifiés et de périmètres applicatifs précis.

2. Conception et modélisation (mois 1-2)

À partir des besoins identifiés, un travail de conception a été mené pour modéliser les données, structurer les flux et esquisser les interfaces. Cette étape a donné lieu à la production de schémas de base de données relationnelles, de maquettes d’écrans interactifs, et de cartes de flux décrivant les interactions entre les différentes entités métier.

3. Développement (mois 10)

La réalisation technique s’est appuyée sur une logique de développement itératif, organisée en lots fonctionnels. Trois applications principales ont été développées, chacune répondant à un besoin métier distinct. Des tests unitaires ont été intégrés dès cette phase pour sécuriser les fonctionnalités clés, et les premiers retours utilisateurs ont permis d’ajuster en continu les développements.

4. Tests utilisateurs et validation (mois 1-2)

Une série de tests en conditions réelles a été menée auprès d’un panel d’utilisateurs cibles. Ces tests ont permis de valider la conformité des outils aux usages attendus, de corriger

certains dysfonctionnements, et de finaliser la documentation associée : guides de prise en main, messages d'aide, procédures spécifiques.

5. Mise en production et accompagnement (mois 1)

La dernière phase a marqué le déploiement effectif des outils dans l'environnement interne de l'entreprise. Des sessions de formation ont été organisées pour faciliter la montée en compétence des équipes. Un transfert de compétences a également été assuré afin de garantir l'autonomie future de l'entreprise dans la gestion et l'évolution des applications.

6. Documentation technique (mois 2)

La documentation technique a été un livrable central du projet, élaborée de manière progressive tout au long de la mission. Elle se compose de deux volets complémentaires :

- **Le dossier de programmation** : il contient l'ensemble des informations liées à l'architecture logicielle (MVC Symfony), les schémas de base de données, les choix technologiques, la structure des entités, ainsi que les procédures de déploiement sur serveur Debian. Ce dossier vise à faciliter la reprise du code source par un autre développeur en assurant clarté, maintenabilité et traçabilité du projet.
- **Le manuel d'utilisation** : destiné aux utilisateurs finaux (techniciens, chefs de projet, responsables etc ...), ce guide explique comment naviguer dans l'application, créer une fiche, valider une étape, générer un rapport ou consulter l'historique. Il est illustré par des captures d'écran, des parcours utilisateurs types et des réponses aux questions fréquentes (FAQ).

Cette documentation permet de transmettre les clés techniques et fonctionnelles nécessaires à la bonne exploitation des outils, et assure leur pérennité dans l'écosystème numérique de l'entreprise.

3.6 Conclusion

Ce chapitre a permis de cadrer précisément la mission menée au sein de Jeumont Electric, en identifiant les enjeux techniques, fonctionnels et organisationnels auxquels elle répond. La digitalisation ciblée de processus industriels, initiée par le site de Carquefou, s'est appuyée sur une démarche Agiles, collaborative et orientée utilisateur. Le projet a pu évoluer de manière itérative et pragmatique, tout en gardant le cap sur des objectifs concrets : fiabilité des données, réduction des tâches manuelles, valorisation du savoir-faire et pilotage en temps réel. Cette base méthodologique et organisationnelle constitue le socle sur lequel se sont appuyés les développements présentés dans le chapitre suivant.

4 Conception et développement des applications web

Ce chapitre revient sur la phase opérationnelle de la mission. Après la phase d'analyse des besoins métiers et d'établissement d'un cadre méthodologique adapté, vint l'étape de conception et développement de trois applications web visant à satisfaire chacun des trois besoins exprimés sur le site de Carquefou. Ces outils ne sont pas de simples prototypes, mais des outils en cours d'utilisation, d'appréciation et d'évolution.

4.1 Présentation des trois applications

Au cours de la mission, trois applications web indépendantes mais complémentaires ont été développées. Chacune répond à un besoin métier spécifique, identifié sur le terrain avec les équipes techniques, de production et de maintenance.

1. Base d'expertise

Cette application a pour objectif de centraliser, fiabiliser et historiser les expertises techniques (électriques et mécaniques) réalisées sur les machines tournantes. Elle remplace un système basé sur des fichiers Excel, des rapports papier, et des échanges par e-mail, peu adaptés aux exigences de traçabilité et de capitalisation.

Elle permet notamment de :

- Centraliser les expertises électriques et mécaniques dans une base unique.
- Saisir les relevés de mesures (isolement, faux-ronds, jeux, équilibrage...),
- Uniformiser la structure des rapports pour tous les secteurs (nucléaire, industrie...).
- Associer des observations et préconisations par étape d'expertise,
- Joindre des photos, documents ou contrôles externes,
- Générer automatiquement les rapports (expertise et final) normalisé PDF,
- Rendu plus robuste et traçable.

Grâce à cette application, les techniciens saisissent les données directement après intervention, et les chefs de projet disposent d'un rapport formel en quelques clics. Le gain de temps, la cohérence documentaire et la préservation du savoir-faire sont significatifs.

2. Traçabilité des barres - TraQbar

Cette seconde application concerne la gestion des barres Roebel utilisées dans la fabrication des stators. Chaque barre doit être tracée depuis la découpe du brin du cuivre jusqu'à sa mise en place dans le stator.

L'objectif est de garantir :

- une visibilité complète sur chaque étape de fabrication,
- l'identification des opérateurs et des dates d'action,

- Suivre l'évolution d'une barre à travers les étapes de production : formage, isolation, cuisson, essais ECE, stockage.
- la détection rapide de non-conformités ou de retards,
- la capacité à reconstituer le parcours exact de chaque barre.
- Déclarer et historiser les non-conformités par poste avec motif, photo et traitement appliqué.
- Bloquer automatiquement l'avancement d'une barre en cas de défaut ou d'étape non validée.
- Suivre l'évolution de la fabrication d'une barre ou des barres
- Afficher un tableau de suivi en temps réel pour chaque affaire ou chaque opérateur.
- Voir le reporting d'une affaire
- Fournir une synthèse consolidée de l'affaire avec export PDF de toutes les étapes et historiques.
- Importer ou exporter les données liées aux barres (format CSV ou Excel) pour analyse externe.
- Import et export des données de la base

L'interface permet de consulter l'état de chaque barre en temps réel, avec une vue globale de la production. Un code barre est généré pour chaque barre, facilitant les intégrations futures avec d'autres systèmes (étiquetage, scan mobile...). Les audits de Jeumont Electric s'appuient en confiance sur le TraQbar (preuve qualité et robustesse des données

3. Suivi budgétaire maintenance

Enfin, la troisième application a été conçue pour faciliter le pilotage budgétaire des opérations de maintenance (interventions internes ou externes).

Elle répond à un besoin concret des responsables de service : avoir une vision claire des coûts par machine, atelier, période ou type d'intervention. L'application permet de :

- Créer des fiches d'intervention liées à un équipement,
- Saisir les postes de dépenses (pièces, main d'œuvre, prestataires),
- Saisir et suivi des budgets
- Saisir et Suivi des dépenses sur budget
- Générer des indicateurs budgétaires dynamiques,
- Exporter les données sous Excel pour reporting ou analyse croisée.

L'interface inclut un tableau de bord avec visualisation graphique, alertes en cas de dépassement budgétaire, et filtres pour les responsables.

4.2 Outils de gestion de projet utilisés

Afin d'assurer une coordination efficace du projet, plusieurs outils numériques ont été mobilisés pour répondre aux besoins de planification, de suivi, de documentation et de versionnage. Chacun de ces outils a joué un rôle complémentaire dans l'organisation du travail et la structuration des livrables :

- **GitHub** : plateforme de gestion de version utilisée pour l'hébergement du code, le suivi des modifications via des commits, la gestion des branches de développement, ainsi que la documentation des bugs et des demandes de fonctionnalités via les *issues*. GitHub a permis un développement structuré, itératif et traçable.

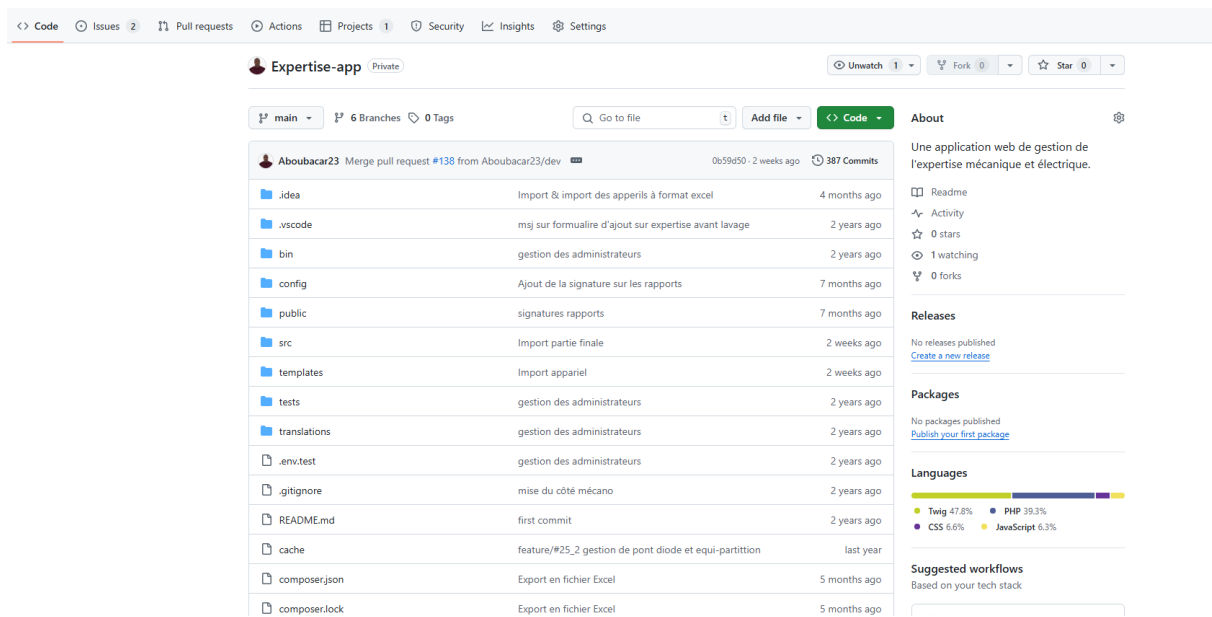


FIGURE 10 – Interface Github.

- **Trello** : outil de gestion visuelle des tâches selon une approche kanban. Chaque carte représentait une fonctionnalité, un correctif ou un lot à développer. L'utilisation des colonnes, étiquettes et checklists a facilité le suivi des priorités, des dépendances et de l'avancement de manière collaborative et flexible.

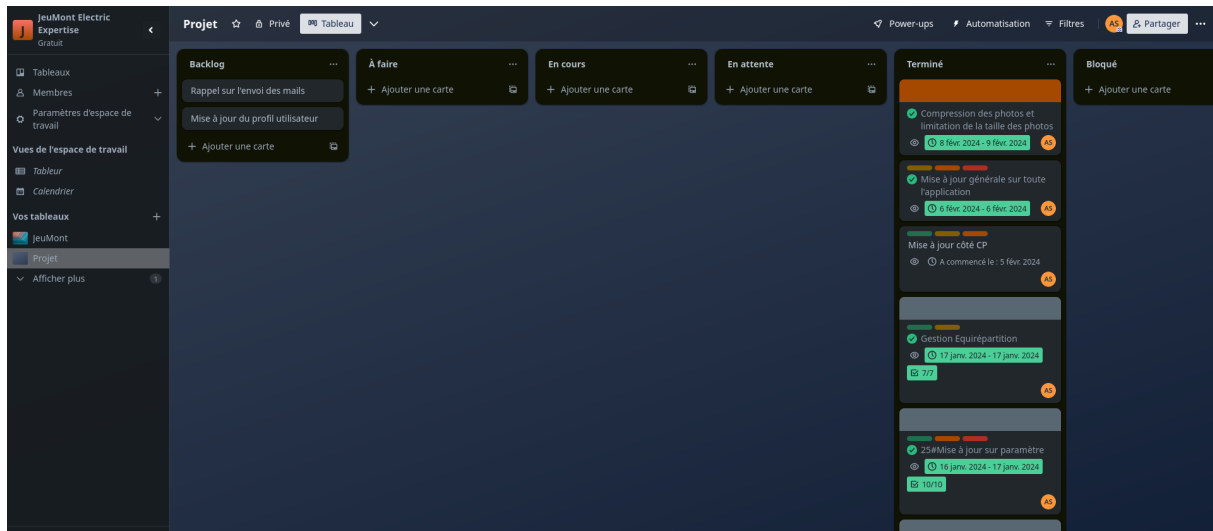


FIGURE 11 – Extrait trello du projet Base Expertise.

Légende des couleurs du diagramme :

- **Backlog** : tâches recensées mais non encore planifiées.
 - **À faire** : tâches prévues à court terme.
 - **En cours** : tâches en cours de traitement.
 - **En attente** : tâches bloquées ou dépendantes d'autres actions.
 - **Terminé** : tâches finalisées.
 - **Bloqué** : tâches en impasse nécessitant une action extérieure.
- **GanttProject** : logiciel utilisé pour établir une planification globale du projet à l'échelle macro. Les diagrammes de Gantt ont permis de visualiser la chronologie des phases, les dépendances entre les tâches clés, et les jalons de livraison, tout en assurant une cohérence temporelle avec les objectifs de l'alternance.

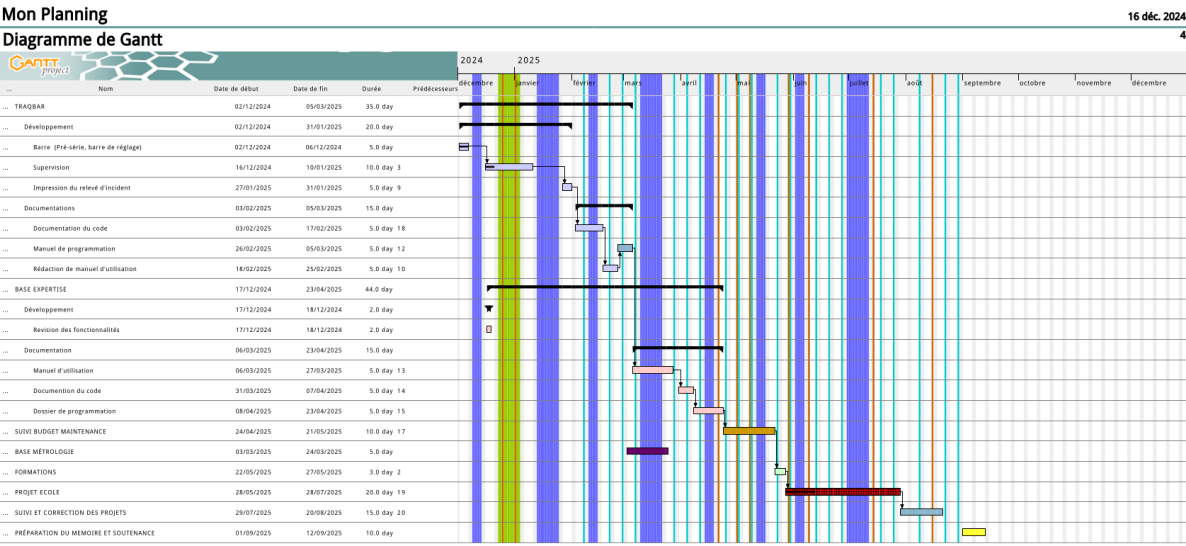


FIGURE 12 – Extrait du planning global de la mission en 2025 réalisé avec GanttProject.

Légende des couleurs du diagramme :

- Vert pâle : Vacances, Congés
- Rouge : Période en entreprise pour la rédaction du mémoire
- Bleu foncé / Indigo : Formation
- Bleu clair : Jours fériés

Mon Planning 16 déc. 2024

Tâches

Not es	Nom	Date de début	Date de fin	Durée	Prédécesseurs
	TRAQBAR	02/12/2024	05/03/2025	35	
	Développement	02/12/2024	31/01/2025	20	
	Barre (Pré-série, barre de réglage)	02/12/2024	06/12/2024	5	
	Supervision	16/12/2024	10/01/2025	10	3
	Impression du relevé d'incident	27/01/2025	31/01/2025	5	9
	Documentations	03/02/2025	05/03/2025	15	
	Documentation du code	03/02/2025	17/02/2025	5	18
	Manuel de programmation	26/02/2025	05/03/2025	5	12
	Rédaction de manuel d'utilisation	18/02/2025	25/02/2025	5	10
	BASE EXPERTISE	17/12/2024	23/04/2025	44	
	Développement	17/12/2024	18/12/2024	2	
	Révision des fonctionnalités	17/12/2024	18/12/2024	2	
	Documentation	06/03/2025	23/04/2025	15	
	Manuel d'utilisation	06/03/2025	27/03/2025	5	13
	Documentation du code	31/03/2025	07/04/2025	5	14
	Dossier de programmation	08/04/2025	23/04/2025	5	15
	SUIVI BUDGET MAINTENANCE	24/04/2025	21/05/2025	10	17
	BASE MÉTROLOGIE	03/03/2025	24/03/2025	5	
	FORMATIONS	22/05/2025	27/05/2025	3	2
	PROJET ECOLE	28/05/2025	28/07/2025	20	19
	SUIVI ET CORRECTION DES PROJETS	29/07/2025	20/08/2025	15	20
	PRÉPARATION DU MEMOIRE ET SOUTENANCE	01/09/2025	12/09/2025	10	

FIGURE 13 – Extrait du planning en Tâches en 2025.

Ce diagramme présente les principales phases du projet, avec leurs dates de début et de fin, ainsi que les relations de dépendance entre les différentes tâches. Les couleurs permettent de distinguer les sous-projets ou domaines fonctionnels.

4.3 Stack technique

Pour garantir la robustesse, la maintenabilité et la sécurité des applications développées, un ensemble de technologies éprouvées a été choisi. Le but était d'assurer la compatibilité avec l'infrastructure informatique existante de Jeumont Electric tout en respectant les standards de développement web modernes.

4.3.1 Technologies utilisées

Pour mener à bien ces projets, plusieurs technologies ont été mobilisées à chaque étape du développement. Ces outils jouent un rôle fondamental dans la conception, la mise en œuvre, et le déploiement des applications, en assurant robustesse, évolutivité et simplicité d'usage.

Voici une présentation synthétique des principales technologies employées tout au long de la mission.

- **PHP** : est un langage de script côté serveur spécialement conçu pour le développement web. C'est le langage principal utilisé avec le framework Symfony pour mettre en œuvre la logique métier de l'application. Sa syntaxe claire et sa large communauté de développeurs en font l'une des technologies les plus courantes pour créer des applications web dynamiques et interactives.
- **Symfony (version 6)** : framework PHP structuré, utilisé pour gérer la logique back-end, les routes, la validation des formulaires, l'accès aux données, la sécurité et l'organisation modulaire du projet.
- **Composer** : Composer est un gestionnaire de dépendances pour PHP. Il facilite l'intégration de bibliothèques tierces dans un projet Symfony. Grâce à Composer, nous pouvons installer et gérer automatiquement les packages dont l'application a besoin, en assurant également leur compatibilité les uns avec les autres. Cela permet d'accélérer le développement et de maintenir l'ensemble du projet à jour avec les dernières versions des dépendances.
- **MySQL (v8)** : base de données relationnelle pour la persistance des données. Choisie pour sa compatibilité avec l'existant, sa robustesse et sa capacité à gérer des volumes importants d'informations structurées (expertises, historiques, coûts...).
- **Twig** : moteur de templates intégré à Symfony pour générer les vues HTML de manière sécurisée et maintenable.
- **JavaScript (vanilla)** : utilisé pour la validation dynamique côté client, les filtres en temps réel et certaines interactions avec l'interface.

- **Chart.js** : bibliothèque de visualisation utilisée pour les graphiques de l'application de suivi budgétaire (camemberts, histogrammes, courbes dynamiques).
- **PhpSpreadsheet** : outil PHP permettant la génération d'exports Excel (XLSX) depuis l'application.
- **DomPDF** : générateur de PDF pour les rapports automatiques d'expertise.
- **Serveur web debian** : le serveur web Debian fait référence à l'utilisation du système d'exploitation Debian pour héberger les applications web. Pour bien finaliser mes missions, j'ai utilisé un serveur Debian pour déployer les travaux réalisés. Debian est un système d'exploitation Linux réputé pour sa stabilité, sa sécurité et sa facilité de gestion. En utilisant Debian comme serveur web, l'application peut bénéficier d'un environnement fiable et bien maintenu.

Toutes les technologies ont été choisies en open-source pour garantir leur pérennité, leur flexibilité d'évolution, et leur facilité de documentation.

4.3.2 Architecture Globale

Le bon fonctionnement des applications développées repose sur une architecture technique à la fois robuste, modulaire et adaptée aux exigences du milieu industriel. Afin de garantir une haute disponibilité, une sécurité renforcée et une évolutivité à moyen terme, une approche en deux volets a été adoptée : une architecture logique (organisation interne des composants logiciels selon le modèle MVC) et une architecture physique (infrastructure matérielle et réseau déployée localement sur le site de Carquefou). Cette structuration claire a permis d'assurer la performance, la maintenabilité et l'interopérabilité des outils au sein du système d'information existant de Jeumont Electric.

4.3.2.1 Architecture logique Les applications développées dans le cadre de cette mission reposent sur une architecture web de type client-serveur classique, parfaitement adaptée à l'environnement industriel du site de Carquefou. Cette architecture permet une séparation claire des responsabilités entre les couches logiques du système, facilitant la maintenance, l'évolutivité, et l'intégration future à d'autres outils internes.

Chaque application suit le modèle MVC (Modèle-Vue-Contrôleur), implémenté via le framework Symfony. Cette structure permet une organisation du code claire, une réutilisabilité des composants, et un découplage efficace entre la logique métier, l'interface utilisateur et la persistance des données.

1. **Modèle (Model)** : Les entités Doctrine représentent les objets métier (Expertise, Barre, Intervention, Utilisateur, etc.) et assurent l'interface avec la base de données relationnelle MySQL. Les entités sont typées, validées, et liées entre elles via des relations bien définies.

2. **Vue (View)** : Les vues sont générées dynamiquement avec Twig, le moteur de template de Symfony. Chaque écran est conçu de manière ergonomique, avec une logique d’affichage claire, adaptée aussi bien aux écrans de bureau qu’aux tablettes utilisées sur le terrain.
3. **Contrôleur (Controller)** : Chaque action utilisateur (consultation, saisie, validation, export) est gérée par un contrôleur Symfony qui orchestre la récupération des données, la logique métier, les règles de sécurité et la génération de la réponse HTTP.

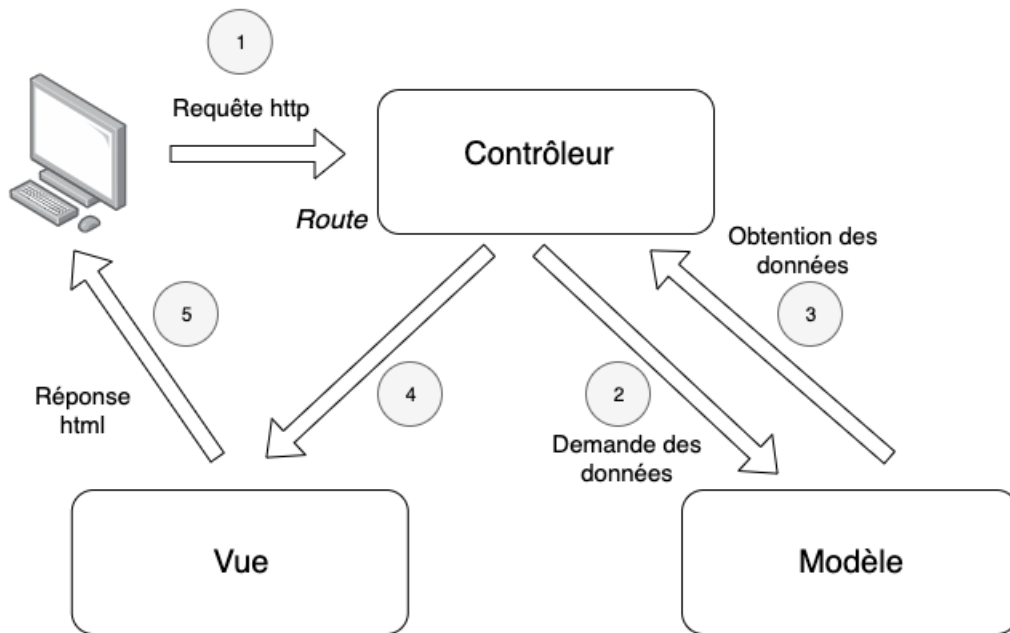


FIGURE 14 – Architecture logique – modèle MVC

Cette organisation a permis de mutualiser les bonnes pratiques de développement sur l’ensemble des modules applicatifs, tout en garantissant une homogénéité de structure et de fonctionnement. L’architecture est restée volontairement modulaire pour autoriser, à terme, une réutilisation des composants (formulaires, contrôleurs, styles).

Il faut tout d’abord retenir que le contrôleur est le chef d’orchestre : c’est lui qui reçoit la requête du visiteur et qui contacte d’autres fichiers (le modèle et la vue) pour échanger des informations avec eux.

Le fichier du contrôleur demande les données au modèle sans se soucier de la façon dont celui-ci va les récupérer. Par exemple : «Affiche moi la liste des affaires. Le modèle traduit cette demande en une requête grâce à L’ORM, récupère les informations et les renvoie au contrôleur. Une fois les données récupérées, le contrôleur les transmet à la vue qui se chargera d’afficher la liste des demandes. Le rôle de contrôleur ne se limite pas à faire la jonction entre le modèle et la vue mais il se charge aussi à faire d’autres opérations par exemple des calculs, des vérifications d’autorisations ou miniaturiser des images, etc. Concrètement, le visiteur demandera la page au contrôleur et c’est la vue qui lui sera retourné. Bien entendu, tout cela est transparent pour lui,

il ne voit pas tout ce qui se passe sur le serveur. C'est sur ce type d'architecture que repose un très grand nombre de sites professionnels.

4.3.2.2 Architecture physique Les applications réalisées dans le cadre de cette mission sont hébergées localement sur l'infrastructure informatique de Jeumont Electric, selon une architecture de type client-serveur. Ce choix repose sur des critères à la fois techniques et organisationnels : maîtrise des données, sécurité du réseau, évolutivité des modules, et facilité d'accès depuis différents postes utilisateurs (bureau, atelier, logistique).

Cette architecture garantit une séparation claire entre les postes clients (utilisateurs finaux), le serveur applicatif (logique métier) et le serveur de base de données (stockage structuré). Elle respecte également les bonnes pratiques de déploiement d'applications web internes dans un environnement industriel.

1. **Client** : Les utilisateurs accèdent aux applications via un navigateur web standard (Google Chrome ou Firefox), installé sur :

- des ordinateurs fixes de bureau (chefs de projet, ingénieurs) ;
- des PC industriels placés en atelier (techniciens) ;
- ou des tablettes mobiles connectées au réseau Wi-Fi sécurisé du site.

Aucun logiciel n'est à installer côté client : l'interface utilisateur est entièrement générée côté serveur puis rendue dynamiquement dans le navigateur. Cette architecture permet une maintenance simplifiée et une grande flexibilité dans l'usage, tout en évitant les problèmes liés aux versions locales ou à la compatibilité logicielle.

2. **Serveur** : Le serveur hébergeant les applications est une machine Linux (Debian), configurée avec :

- le serveur HTTP (Apache 2 ou Nginx) pour la réception des requêtes,
- le framework Symfony pour gérer la logique applicative,
- et les services système nécessaires (cron jobs, pare-feu, logs).

Ce serveur est sécurisé par mot de passe, accessible uniquement au personnel habilité (administrateurs systèmes), et régulièrement sauvegardé. Le code source est versionné via Git, et les déploiements sont effectués manuellement ou via des scripts de mise à jour.

3. **Base de données - MySQL**

L'ensemble des données critiques (utilisateurs, expertises, barres, dépenses, historiques...) est stocké dans une base de données MySQL, hébergée sur la même machine ou sur un serveur dédié selon les besoins. La base suit un modèle relationnel structuré autour d'identifiants uniques, de clés étrangères et de contraintes d'intégrité.

Elle est sauvegardée quotidiennement, avec un archivage hebdomadaire sur une machine distante. Les accès sont restreints au seul serveur applicatif, interdisant toute connexion directe depuis les postes clients.

4. Sécurité et confidentialité

Le système d'authentification repose sur les composants de sécurité Symfony. L'accès aux applications nécessite une authentification avec identifiant et mot de passe. Selon le rôle attribué à l'utilisateur (technicien, responsable, administrateur), certaines sections sont restreintes (validation, export, suppression...).

Toutes les requêtes critiques sont protégées contre les attaques classiques (CSRF, injection SQL) via les mécanismes de protection intégrés de Symfony.

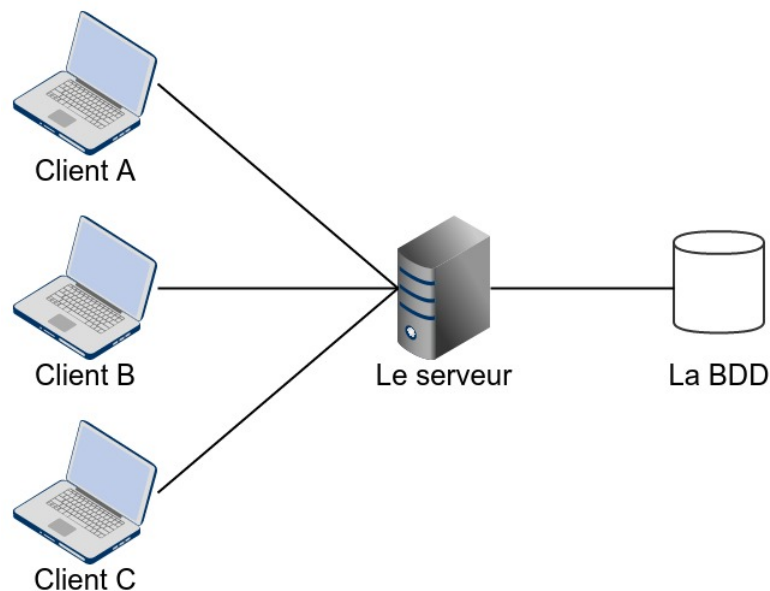


FIGURE 15 – Architecture physique – Architecture client-serveur

Cette architecture permet aujourd'hui à l'ensemble des services concernés de disposer d'outils numériques fiables, accessibles, et sécurisés, tout en restant compatibles avec les contraintes techniques du site industriel de Carquefou.

4.3.2.3 Schéma d'architecture générale Le schéma ci-dessous présente l'organisation fonctionnelle globale des applications développées dans le cadre de cette mission. Il illustre les composants principaux, leurs interactions, ainsi que la circulation des données entre le client, le serveur et la base de données.

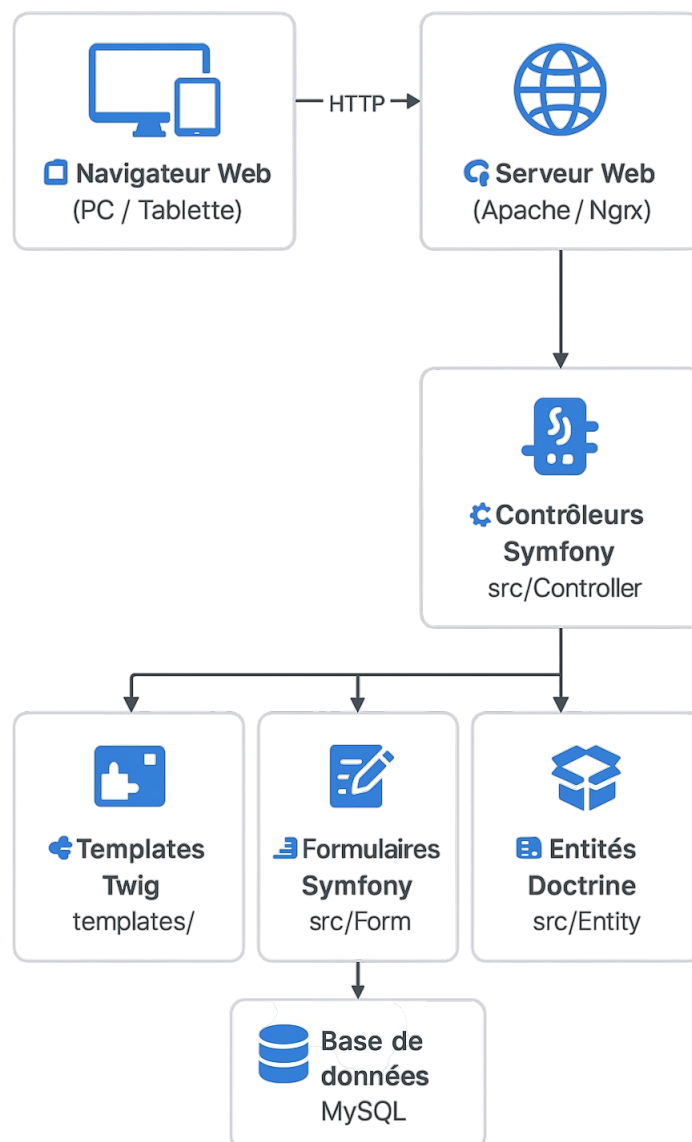


FIGURE 16 – Schéma de composants – Architecture fonctionnelle des applications

L'architecture repose sur une logique modulaire, où chaque couche est responsable d'un rôle bien distinct : présentation, logique métier, persistance des données. Cela permet une grande lisibilité du code, une répartition des responsabilités, et une facilité de maintenance ou d'ajout de nouvelles fonctionnalités à l'avenir.

Composant	Rôle dans l'architecture
Navigateur Web (Client)	Interface utilisateur : permet l'interaction avec les applications (saisie, consultation, validation). Accessible sur PC ou tablette.
Serveur Web (Apache ou Nginx)	Réceptionne les requêtes HTTP du navigateur et les redirige vers les contrôleurs Symfony. Gère également les ressources statiques (CSS, JS, images).
Contrôleurs Symfony	Point d'entrée logique des actions utilisateur. Gèrent les appels métier, les vérifications, et les redirections vers les vues.
Formulaires Symfony	Encapsulent la logique de création et de validation des données saisies. Sécurisent les entrées utilisateurs.
Templates Twig	Vues HTML dynamiques générées selon les données reçues. Responsables de l'affichage côté client.
Entités Doctrine (Model)	Représentation des objets métiers (expertises, barres, dépenses, utilisateurs). Liaison avec la base MySQL via ORM.
Base de données MySQL	Stockage centralisé de toutes les données de l'application. Optimisée pour la traçabilité, l'intégrité et la performance.

TABLE 2 – Légende des composants principaux de l'architecture

Légende du schéma de composants Cette architecture modulaire, robuste et documentée constitue un socle fiable pour les applications développées. Elle respecte les bonnes pratiques du développement web moderne tout en s'adaptant aux contraintes industrielles du terrain.

4.3.2.4 Sécurité, accessibilité et interopérabilité

- **Sécurité :**

- **Authentification basée sur Symfony Security** : contrôle d'accès par rôles (ex. : technicien, superviseur).
- **Vérifications serveur + client** : les formulaires sont protégés contre les injections, les valeurs sont validées côté serveur et côté client.
- **CSRF tokens activés** : pour prévenir toute tentative d'interaction malveillante avec les formulaires.
- **Log des actions critiques** : insertion, modification, validation, suppression.

- **Accessibilité :**

Les applications ont été conçues pour être lisibles, rapides et accessibles à tout collaborateur, même non expert. Les polices, tailles, contrastes et boutons suivent les recommandations WCAG pour une expérience utilisateur inclusive.

- **Interopérabilité :**

Bien que les outils soient autonomes, leur conception respecte les bonnes pratiques pour un éventuel futur interfaçage :

- Structuration claire de la base de données avec des identifiants communs.
- Export de données dans des formats standards (CSV, XLSX, PDF).
- Possibilité d'intégrer des API REST à l'avenir pour échanger avec d'autres systèmes (ERP, GMAO).

Cette architecture assure un excellent équilibre entre simplicité, performance et évolutivité. Elle permet aujourd'hui d'adresser les besoins exprimés, tout en ouvrant la voie à une montée en puissance progressive des outils numériques de l'entreprise.

4.4 Réalisation des projets

Cette section retrace la phase de réalisation concrète de la mission. Après avoir identifié les besoins métiers et posé un cadre méthodologique rigoureux, l'étape suivante a été de concevoir et développer les applications web. Ces outils ne sont pas de simples prototypes : ils sont aujourd'hui utilisés, appréciés, et amenés à évoluer dans le futur.

4.4.1 Organisation du projet

Le projet est structuré selon les principes de la méthode Agile **Scrum**, permet une organisation flexible, itérative et centrée utilisateur. Ce choix méthodologique a permis d'assurer une réactivité maximale face aux besoins changeants des utilisateurs tout en maintenant un cadre structurant pour le suivi des développements.

1. Rôles clés du projet

- **Product Owner (PO)** : assuré par les responsables métier (maintenance, technique, production), jouant le rôle de référents pour la définition des besoins et la validation des livrables.
- **Scrum Master / Développeur** : rôle assumé par l'alternant, en charge de l'analyse des besoins, du développement technique, des tests et du suivi de l'avancement.
- **Utilisateurs finaux** : techniciens, chefs de projets, responsables de service, régulièrement impliqués dans les phases de test, démonstration et ajustement.

2. Backlog Product

Dès les premières phases de cadrage, un **backlog produit** a été constitué (dans l'annexe). Il regroupait l'ensemble des fonctionnalités attendues, sous forme de **user stories**, classées par priorité métier. Chaque élément du backlog était rédigé de manière concise (ex. :

“En tant que technicien, je veux saisir les mesures d’isolement pour générer un rapport conforme”) et comprenait des critères d’acceptation clairs.

Le backlog évoluait en permanence :

- Alimentation régulière via les ateliers utilisateurs et les retours terrain ;
- Repriorisation à chaque sprint selon la valeur ajoutée, la complexité et l’urgence métier ;
- après chaque livraison de sprint réajouter les tâches n’ont terminé, d’améliorations ou de nouvelles demandes identifiées en cours de projet.

3. Planification du projet

Suite à la définition du *Product Backlog*, nous avons structuré la planification des **sprints** en respectant une logique de complexité fonctionnelle croissante. Chaque sprint avait une durée fixe de 2 à 4 semaines et ciblait un périmètre applicatif bien défini, avec des livrables concrets attendus à la fin de chaque cycle.

Remarque : Les durées indiquées pour chaque sprint correspondent uniquement aux phases de développement. Les temps consacrés à l’analyse préalable, à la conception fonctionnelle, ainsi qu’aux phases de test et de validation ne sont pas inclus dans ce tableau.

(a) Planification du projet Base d’expertise

Itération	Titre	Semaines
Sprint 1	Mise en place et gestion d’administration	3
Sprint 2	Gestion du module d’expertise technique - ECE	3
Sprint 3	Gestion du module d’expertise technique - Mécanique	3
Sprint 4	Génération et gestion des rapports d’expertise	3
Sprint 5	Gestion du module Métrologie	2

TABLE 3 – Planification des sprints du projet Base d’expertise

... comme présenté dans le tableau ⁵.

5. Contrairement à la méthode Scrum qui impose des sprints de durée fixe, ce projet applique une approche Agile adaptée. La durée des sprints varie selon la complexité fonctionnelle, les objectifs et les contraintes de calendrier.

(b) **Planification du projet TraQbar**

Itération	Titre	Semaines
Sprint 1	Gestion Administration	2
Sprint 2	Gestion module Technique	3
Sprint 3	Gestion du module Production	3
Sprint 4	Gestion du module supervision	3
Sprint 5	Gestion rebut,pré-serie, barre de réglage, configuration	2

TABLE 4 – Planification des sprints du projet TraqBar

(c) **Planification du projet Suivi Budget**

Itération	Titre	Semaines
Sprint 1	Gestion module budget et dépense	2
Sprint 2	Gestion du module investissement et dépense	2

TABLE 5 – Planification des sprints du projet Suivi Budget

4. Organisation en sprints

Le projet a été découpé en **sprints de 2 à 4 semaines**, chacun dédié à un lot fonctionnel spécifique (ex. : module expertise, suivi des barres, exports budgétaires). À la fin de chaque sprint, une version opérationnelle était livrée puis testée par les utilisateurs concernés.

Chaque sprint comportait les étapes suivantes :

- **Sprint Planning** : définition des fonctionnalités à développer selon les priorités exprimées par les métiers.
- **Développement et tests** : implémentation incrémentale des modules avec tests manuels intégrés.
- **Sprint Review** : démonstration des nouvelles fonctionnalités auprès des utilisateurs (sur poste ou en atelier).
- **Sprint Retrospective** : retour d'expérience sur le sprint, identification des points à améliorer pour les itérations suivantes.

5. Outils de pilotage Agile

L'organisation du travail et le suivi des tâches ont été facilités par :

- **Trello** pour la gestion des backlogs et des tâches en cours ;
- **GitHub** pour le versioning, le suivi des commits et le traitement des bugs via des *issues* ;

- **Diagrammes de Gantt** pour assurer une cohérence globale avec le calendrier de l’alternance et les jalons internes de Jeumont Electric.

6. Livrables intermédiaires

Chaque fonctionnalité a été livrée au fil de l’eau, testée en conditions réelles puis validée en collaboration avec les utilisateurs. Cette démarche a permis :

- une adaptation continue aux retours terrains ;
- une appropriation progressive des outils par les équipes ;
- une réduction significative des retouches en fin de projet.

L’approche Scrum, bien que simplifiée dans le contexte d’une alternance individuelle, a prouvé son efficacité pour mener à bien un projet transversal, avec plusieurs parties prenantes, des contraintes techniques fortes et des délais stricts.

4.4.2 Parcours utilisateur

Pour assurer l’adoption rapide et efficace des applications, une attention particulière a été portée à la définition de parcours utilisateur clairs, logiques et adaptés aux usages métiers. Chaque application a été conçue selon une logique de navigation intuitive, afin de permettre aux utilisateurs — qu’ils soient techniciens, superviseurs ou responsables — de réaliser leurs tâches avec un minimum de clics, de ressaisies et de formation.

Base d’expertise

Le parcours utilisateur type commence par la création d’une fiche d’expertise dès la réception d’un équipement. L’utilisateur peut ensuite, selon son rôle :

1. Renseigner les mesures mécaniques et électriques étape par étape.
2. Ajouter des commentaires, constats visuels et préconisations.
3. Joindre des photos ou documents à chaque étape.
4. Visualiser une synthèse globale.
5. Générer automatiquement le rapport d’expertise.

Chaque utilisateur accède uniquement aux étapes pour lesquelles il est habilité (saisie, validation, consultation), assurant à la fois sécurité et fluidité du processus.

TraQbar (traçabilité des barres)

L’interface utilisateur s’articule autour d’une vue par projet ou par affaire. Le technicien sélectionne une barre via un filtre ou un QR code, puis peut :

1. Visualiser son historique complet.

2. Déclarer l'état de la barre à un poste donné.
3. Signaler une non-conformité, avec commentaire.
4. Accéder aux consignes, schémas ou documents associés.
5. Transmettre automatiquement l'information au poste suivant.

Le responsable de production accède à des vues globales : état des stocks, suivi d'affaire, tableaux de conformité, export Excel.

Suivi budgétaire maintenance

Le chef de service accède à une interface de type tableau de bord :

1. Il crée son budget.
2. Il saisit les dépenses sur un budget : pièces, MO, prestataires.
3. Il visualise immédiatement l'évolution du budget.
4. Il génère un rapport ou exporte les données pour analyse.

La logique d'interface est homogène entre les trois outils (menus latéraux, filtres par date ou projet, onglets clairs), ce qui permet à l'utilisateur de retrouver ses repères rapidement et de naviguer sans assistance technique particulière.

4.4.3 Contraintes et adaptations techniques

Tout au long du développement des applications, plusieurs contraintes, techniques, organisationnelles ou sécuritaires, ont nécessité des arbitrages, des ajustements, voire des innovations.

1. Contraintes d'infrastructure

Le projet devait impérativement être compatible avec l'environnement technique de Jeumont Electric :

- Accès via des navigateurs en version contrôlée (pas de dépendance à des modules externes).
- Pas d'installation de client lourd (100% web).
- Déploiement sur un serveur interne Debian sécurisé.

Ces éléments ont exclu l'usage de frameworks trop modernes ou d'outils nécessitant des ressources serveur importantes (Node.js, Docker, etc.).

2. Contraintes de sécurité informatique

L'ensemble du code a été conçu selon les bonnes pratiques de Symfony :

- Authentification multi-rôles avec restriction d'accès par profil.

- Protection CSRF sur les formulaires.
- Validation serveur et client (JavaScript) pour éviter les injections.
- Journalisation des actions sensibles (suppression, modification).

3. Contraintes ergonomiques

Les techniciens utilisent parfois l'outil en atelier, sur des PC industriels ou tablettes :

- Interface sobre, peu de couleurs vives (confort visuel).
- Éléments larges, clics accessibles avec gants ou stylets.
- Limitation des champs de saisie au strict nécessaire.

4. Contraintes d'organisation projet

Le développement a été mené en parallèle d'activités de production. Il fallait donc :

- Livrer progressivement par lots fonctionnels (agilité, feedback).
- Prioriser les modules selon leur impact opérationnel.
- Gérer les retours utilisateurs sans interrompre l'activité.

5. Adaptations spécifiques mises en œuvre

Pour répondre à ces contraintes, plusieurs adaptations ont été déployées :

- Utilisation d'un système de cache pour limiter la charge serveur.
- Gestion des fichiers (photos, rapports) sur un répertoire du projet plutôt qu'en base.
- Intégration de composants réutilisables pour les formulaires et tableaux (gain de temps, homogénéité).
- Ajout d'un système de versionnement interne pour les rapports générés (traçabilité).

Ces adaptations ont permis de livrer des outils robustes, compatibles avec les réalités du terrain et acceptés sans réserve par les équipes métiers.

4.5 Tests, validations

La phase de test est une étape primordiale dans le développement d'un projet informatique. Elle sert à garantir le bon fonctionnement du système en détectant et en corrigeant les anomalies et les failles.

4.5.1 Stratégie de test

L'ensemble des fonctionnalités développées a fait l'objet de tests manuels systématiques, intégrés en continu au cycle de développement. Cette stratégie, bien que non automatisée, a permis une vérification fine des comportements fonctionnels dans un contexte d'usage réel.

Les tests ont porté sur plusieurs axes :

- **Test d'acceptation du cahier des charges** : lors de ce test nous avons vérifié que le cahier des charges reflète correctement les besoins et les fonctionnalités attendues. En plus je me suis assuré que les objectifs de mes missions et les fonctionnalités essentielles sont clairement définis et compris. Beaucoup plus encore nous avons remarqué, que nous avons même dépassé les fonctionnalités définies dans le cahier des charges grâce à la méthodologie choisie qui est Agile. À la fin de cette étapes les responsables étaient satisfaits et ont validé le document.
- **Test d'utilisabilité** : Ce test a été un grand plus pour aboutir à un résultat final du projet. Nous avons effectué des sessions de tests avec les utilisateurs finaux (techniciens d'atelier, chef projets, agents de maîtrise, vérificateurs, lecteurs, magasiniers) pour évaluer l'ergonomie et l'accessibilité de l'application, en organisant plusieurs réunions avec les utilisateurs. Collecter des retours d'utilisateurs pour identifier les points d'amélioration mais aussi nous assurer que les connexions simultanées des utilisateurs ne causeront pas problème.
- **Tests de validation des formulaires** : vérification des règles de saisie, gestion des champs obligatoires, affichage de messages d'erreur explicites, gestion des formats (dates, numériques, listes déroulantes).
- **Tests fonctionnels** : simulation de parcours utilisateur complets incluant la création, la modification, la suppression, et la validation d'enregistrements, afin d'éprouver les flux applicatifs dans leur logique métier.
- **Tests de performance basique** : insertion en masse de données (entre 50 et 100 enregistrements) pour observer les temps de réponse, les comportements de pagination, et la fluidité de navigation dans les interfaces.
- **Tests de résilience** : simulation de scénarios dégradés (coupure réseau, saisies invalides, session expirée) pour s'assurer de la robustesse du front-end et de la gestion des erreurs côté serveur.

Pour mieux comprendre les tests et s'assurer qu'ils ont été bien appliqués, nous avons exposé dans le tableau suivant quelques cas de scénarios de tests fonctionnels.

Cas d'utilisation	Demande	Comportement attendu	Résultat
Test d'authentification	Saisir le login et mot de passe du compte d'administration	Affichage de la page d'administration	Conforme
Test d'ajout d'un admin	Cliquer sur le bouton « Ajouter admin », remplir les champs du formulaire	Ajouter un nouvel admin, afficher un message de confirmation, puis rafraîchir la liste des admins	Conforme
Test de modification d'un admin	Cliquer sur le bouton « Modifier admin », modifier les données du formulaire	Modifier un admin existant et afficher un message de confirmation	Conforme
Test de suppression d'un admin	Cliquer sur le bouton « Supprimer », confirmer la suppression	Supprimer un admin et afficher un message de confirmation	Conforme
Test Changer le mot de passe d'un admin	Cliquer sur l'icône password , renseigner le nouveau mot de passe	Changer le mot de passe d'un admin, puis afficher la liste des admins	Conforme
Test Chercher une affaire existante	Cliquer sur le bouton "affaire existante", renseigner le numéro d'affaire et cliquer le bouton chercher	Afficher les détails et la page d'opération de l'affaire	Conforme

TABLE 6 – Scénarios de tests fonctionnels

4.5.2 Recette utilisateur

Des sessions de démonstration ont été organisées tout au long du projet, en conditions proches de la réalité d'exploitation. Ces ateliers de recette ont systématiquement associé les utilisateurs finaux à un référent métier (souvent un chef d'atelier ou un responsable de service), afin de recueillir des retours concrets, contextualisés, et immédiatement exploitables.

Les itérations issues de ces retours ont permis d'améliorer significativement l'ergonomie et la pertinence des modules. Parmi les ajustements notables :

- Intégration d'un champ « *notes libres* » dans le module d'expertise, permettant de documenter des cas particuliers ou des commentaires informels souvent absents des grilles standardisées.
- Révision du contraste colorimétrique dans l'application de traçabilité, en particulier pour les statuts de barres non conformes, afin d'assurer une lisibilité optimale en environnement lumineux (atelier, écran industriel).

- Ajout d'une fonctionnalité d'export Excel, par projet dans le module budgétaire, facilitant les analyses croisées et l'exploitation des historiques hors ligne.

4.6 Conclusion

Les trois applications développées dans cette mission ont répondu à des besoins concrets identifiés sur le terrain. Grâce à une approche agile, une architecture robuste et une implication continue des utilisateurs, elles ont permis de digitaliser efficacement des processus critiques. Au-delà du développement technique, le projet a renforcé l'autonomie des équipes, fiabilisé les données et amélioré la traçabilité. Ces outils opérationnels posent les bases d'une digitalisation progressive, adaptable à d'autres services ou sites.

5 Bilan critique et perspectives

Ce chapitre vise une réflexion à l'échelle de la mission en croisant les retours utilisateurs (étude qualitative) et les données objectives (étude quantitative). Il met en lumière les résultats fournis et les limites affichées par la mission et propose des perspectives de développement. L'objectif : valider l'impact avéré des solutions déployées tout en identifiant les leviers d'une amélioration continue. Ce bilan inclut également les compétences développées tout au long de la mission et les recommandations pour assurer la pérennité et la répliquabilité du projet.

5.1 Analyse critique et retour d'expérience

Cette section présente une évaluation globale du projet, fondée sur les retours utilisateurs et des indicateurs mesurables. Elle permet de dégager les forces, les limites et les enseignements de la solution développée.

5.1.1 Analyse qualitative

L'analyse qualitative repose principalement sur les retours exprimés par les utilisateurs finaux des applications : techniciens d'atelier, chefs de projet, responsables maintenance et membres du service technique. Ces retours ont été recueillis de manière informelle tout au long de la mission (démonstrations, tests, observations, échanges directs) ainsi qu'à travers des échanges post-déploiement.

1. Perception globale des utilisateurs :

De façon générale, l'accueil des applications développées a été très positif au sein des équipes concernées. Les utilisateurs ont exprimé assez rapidement un sentiment de confort accru, de temps gagné et de professionnalisation de leur façon de travailler. La transition vers des outils numériques pensée à leur besoin a été vécue comme un véritable bénéfice au quotidien opérationnel. Plusieurs techniciens notent la facilité d'utilisation, la clarté des interfaces, la fluidité de navigation.

Le fait que ces outils aient été réalisés de manière collaborative, ayant largement intégré les retours du terrain à chaque phase du projet a permis de renforcer le sentiment d'implication et l'appropriation des outils. Cette mobilisation cohérente a favorisé une adoption rapide et fluide, sans rejet, ni résistance au changement et a accru la confiance des utilisateurs dans leur adéquation.

2. Points forts relevés par les utilisateurs :

Les premiers retours recueillis sur le terrain mettent en évidence plusieurs atouts majeurs des applications développées. Ces points positifs ont été régulièrement mentionnés au fil des tests, des démonstrations et des phases d'utilisation réelle, et illustrent la manière dont ces outils ont su répondre aux attentes concrètes des utilisateurs finaux. Une synthèse des bénéfices les plus fréquemment relevés :

- **Ergonomie claire et accessible** : avec une interface épurée, des formulaires intuitifs et une structure logique des pages, la prise en main a été rapide, même pour les utilisateurs peu aguerris à l'outil numérique.
- **Centralisation de l'information** : la suppression des fichiers dispersés et des versions multiples a amélioré la cohérence des données, tout en facilitant leur consultation en temps réel par les différents services.
- **Standardisation des documents** : les rapports générés automatiquement sont désormais uniformisés, mieux structurés et plus facilement exploitables, ce qui renforce leur qualité perçue en interne comme auprès des clients.
- **Réduction du stress administratif** : en supprimant les tâches répétitives liées à la saisie manuelle ou à la recherche documentaire, les applications ont contribué à alléger la charge mentale des opérateurs et à fluidifier les flux de travail.

3. Suggestions et attentes exprimées :

Malgré ces retours globalement positifs, les utilisateurs ont également formulé des suggestions d'amélioration, preuve de leur engagement :

Ce besoin légitime d'appropriation par les utilisateurs s'est notamment traduit par une série de propositions d'amélioration particulièrement concrètes. Recueillies lors des échanges informels d'une part, et d'autre part dans le cadre des retours de déploiement, ces suggestions marquent le souhait qu'un mieux soit fait, s'avérant donc très utiles pour envisager les prochaines versions :

- Ajout d'une option d'import au format Excel en base d'expertise, permettant de renseigner pour chaque barre une date de début et d'une date de fin par poste, mais aussi au statut de la barre à chaque étape du processus.
- Mise en place d'un système de filtres multiples efficaces pour mieux filtrer les recherches dans ce module.

5.1.2 Analyse quantitative

En complément des retours qualitatifs fournis par les utilisateurs, plusieurs indicateurs quantifiables ont été signalés afin d'évaluer l'impact direct des applications sur le fonctionnement de l'entreprise. Certaines données sont en construction, mais les premiers chiffres observés sont déjà évocateurs

1. Réduction du temps de production documentaire

Avant la mise en place de l'application Base d'expertise, la rédaction d'un rapport prenait en moyenne entre 1h30 et 2h par affaire, en raison des ressaisies, de la mise en forme manuelle et de la recherche de documents. Avec la génération automatique intégrée, ce temps est désormais estimé entre 3 à 5 secondes selon les cas.

- **Temps moyen de rédaction d'un rapport :**

- Avant : **1h45**
- Après : **3 s**, en un click
- **Gain estimé** : 99,95% de temps économisé par rapport.

2. Fiabilité et exhaustivité des données saisies

Grâce aux formulaires contrôlés (champs obligatoires, plages numériques valides, listes déroulantes), on observe une baisse sensible des oublis ou incohérences dans les rapports.

- **Nombre moyen d'erreurs de saisie constatées par mois :**

- Avant : 10–15
- Après : 0–2

3. Traçabilité des interventions

Sur l'application TraQbar, chaque barre est désormais historisée automatiquement, ce qui permet de reconstituer son parcours complet à tout moment. Avant la mise en place de l'outil, ces données étaient fragmentées, parfois perdues ou difficiles à croiser.

- **Nombre moyen de barres traçables à 100% (avant vs après) :**

- Avant : ~60–70% (données parfois incomplètes ou manuelles)
- Après : **100%**

4. Adoption par les utilisateurs

Dès les premières semaines de déploiement, les utilisateurs se sont approprié les outils avec peu de formation nécessaire. La simplicité de l'interface et la proximité avec les besoins exprimés ont facilité cette adoption.

- **Utilisateurs actifs après 1 mois** : 100% des techniciens concernés sur les 3 postes pilotes.
- **Taux de satisfaction estimé** : supérieur à 90% d'après les retours exprimés oralement ou lors des tests de validation.

5. Synthèse

Ces premiers résultats mettent en évidence des gains concrets sur :

- La productivité documentaire,
- La fiabilité et la structuration des données,
- L'autonomie des utilisateurs,
- La traçabilité des opérations critiques.

Ces données chiffrées permettent de valider la pertinence de la solution mise en œuvre et de renforcer les arguments en faveur d'un déploiement à plus grande échelle.

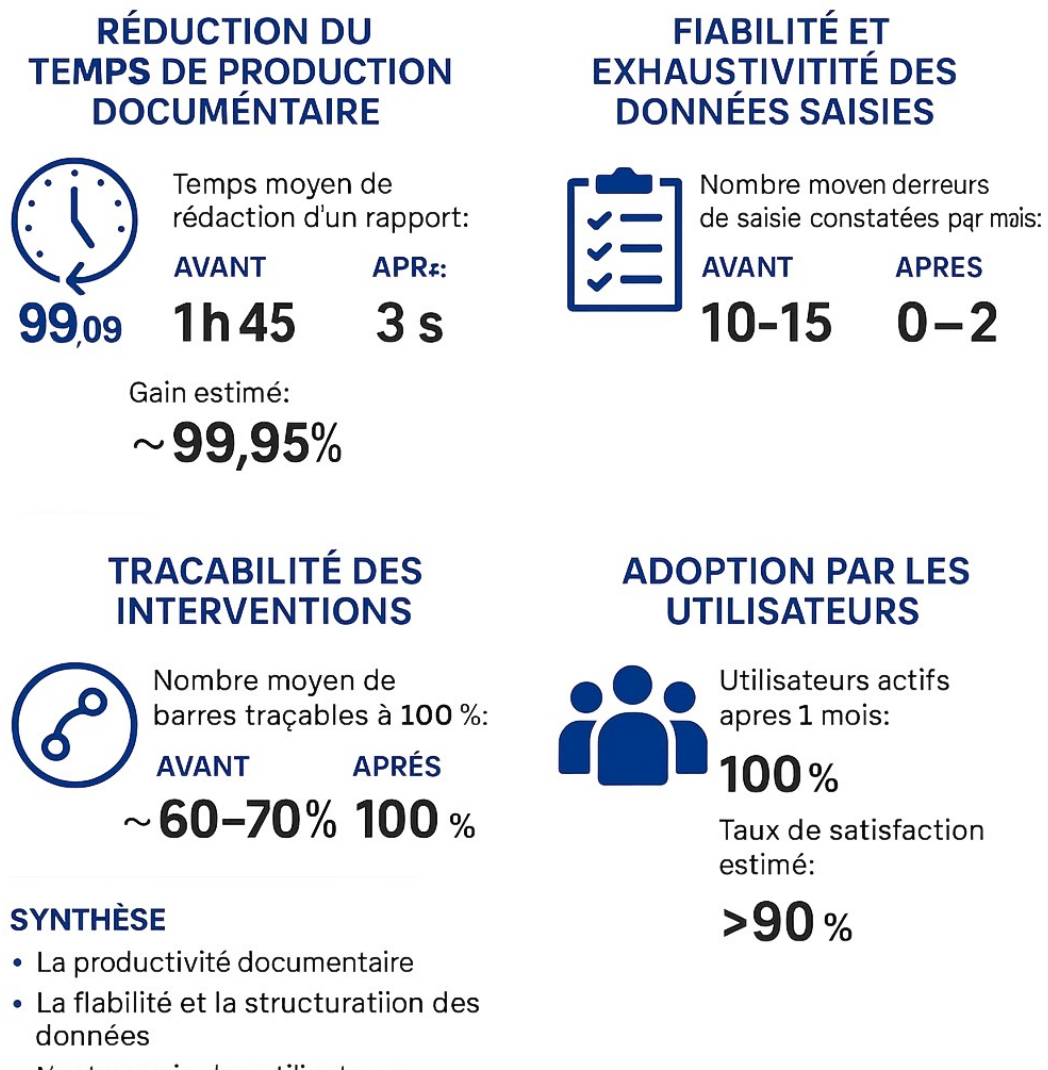


FIGURE 17 – Bilan quantitative

5.1.3 Résultats globaux

Au terme de la mission, les applications mises en places ont permis d'engendrer des résultats concrets, tangibles, tant au niveau opérationnel, organisationnel que stratégique. Les retours des utilisateurs, comme les premières observations sur le terrain, témoignent de la pertinence de cette transformation numérique ciblée.

5.1.3.1 Gains pour l'entreprise :

- **Fiabilisation des données critiques** : la saisie encadrée et validée par étape limite les erreurs et garantit une meilleure qualité de l'information remontée.
- **Réduction du temps de traitement** : les utilisateurs ont constaté une baisse significative du temps passé à la rédaction des rapports d'expertise, à la recherche documentaire ou à la compilation des données budgétaires.
- **Amélioration de la traçabilité** : chaque action est désormais historisée et associée à un utilisateur, une date, un poste. Les non-conformités peuvent être analysées plus facilement, ce qui alimente la démarche qualité.
- **Standardisation des rapports et documents** : les rapports d'expertise sont harmonisés sur l'ensemble des affaires, conformes aux exigences internes et facilement exportables en PDF.
- **Pilotage en temps réel** : les chefs de projet et responsables sont en mesure d'accéder à des tableaux de bord dynamiques, de suivre des états d'avancement ou de visualiser des indicateurs pertinents.
- **Renforcement de l'image professionnelle** : la présentation claire, structurée et digitalisée des livrables valorise le savoir-faire de Jeumont Electric auprès de ses clients.

5.1.3.2 Améliorations concrètes observées :

- **Réduction des erreurs de saisie** grâce aux champs contrôlés, aux menus déroulants et à la logique métier intégrée (plages de tolérance, blocs obligatoires).
- **Réactivité accrue** en cas de non-conformité : les notifications internes permettent d'agir rapidement, sans attendre une validation manuelle en fin de ligne.
- **Meilleure collaboration interservices** : les différentes équipes accèdent aux mêmes données centralisées, ce qui fluidifie la communication et évite les doublons ou pertes d'information.
- **Historique facilement exploitable** : possibilité de retrouver une expertise, une barre ou un budget sur des affaires antérieures en quelques clics, sans dépendance aux classeurs Excel éparpillés.

5.1.4 Analyse SWOT des projets réalisés

Afin de compléter l'analyse des résultats, une lecture stratégique a été conduite sous forme de matrice SWOT (Forces, Faiblesses, Opportunités, Menaces). Elle permet d'évaluer la portée des applications développées pour Jeumont Electric, au regard de leur impact à court, moyen et long terme.

Analyse SWOT	
Forces (Strengths)	Faiblesses (Weaknesses)
<ul style="list-style-type: none"> • Solutions adaptées aux besoins réels du terrain • Rapidité de développement et de mise en œuvre • Forte adhésion des utilisateurs • Traçabilité renforcée des opérations critiques • Automatisation de tâches à faible valeur ajoutée 	<ul style="list-style-type: none"> • Dépendance aux ressources internes pour la maintenance • Absence actuelle de test automatisé ou CI/CD • les applications ne sont pas automatiquement adapter aux autres sites de l'entreprise.
Opportunités (Opportunities)	Menaces (Threats)
<ul style="list-style-type: none"> • Réplicabilité sur d'autres sites ou services • Intégration possible avec d'autres outils métiers (ERP, GMAO) • Amélioration continue par itérations fonctionnelles • Renforcement de la stratégie digitale du Groupe 	<ul style="list-style-type: none"> • Risque de non-suivi post-alternance • Changement d'organisation ou de priorités internes • Perte de savoir-faire si non transféré en interne • Qualité des données entrées, notamment rigueur pour les barres

TABLE 7 – Matrice SWOT

Cette lecture synthétique permet de positionner les résultats de la mission dans une perspective stratégique, en identifiant les leviers à exploiter, les limites à adresser, et les conditions de

réussite à long terme.

5.1.5 Montée en compétences

Cette mission en alternance n'a pas seulement eu pour but de mettre en application des connaissances théoriques acquises en formation, mais a surtout eu valeur de prise de conscience d'un développement personnel et professionnel au sein d'un environnement industriel exigeant face aux enjeux concrets aux impacts opérationnels.

5.1.5.1 Compétences techniques développées :

- **Bonne maîtrise du framework Symfony** : compréhension du modèle MVC, gestion des routes, formulaires, sécurité, migration de base, optimisations.
- **Bonne onception de bases de données relationnelles** : modélisation des entités métier, relations Doctrine, structuration des schémas MySQL adaptés à des volumes évolutifs.
- **Déploiement en environnement Linux** : configuration de serveurs Apache/Nginx, gestion des permissions, scripts de mise en production.
- **Travail avec des outils professionnels** : GitHub (versionnage, branches), Trello (gestion Agile), GanttProject (planification), Excel avancé (tests, validations).
- **Développement web orienté utilisateur** : amélioration de l'ergonomie, réflexion sur l'accessibilité, création d'interfaces épurées et robustes avec Twig, Bootstrap, Tailwind.

5.1.5.2 Compétences humaines et transversales :

- **Analyse des besoins métier** : écoute active des utilisateurs, reformulation fonctionnelle, confrontation des exigences aux contraintes techniques.
- **Adaptabilité** : capacité à ajuster les priorités, réagir aux imprévus, intégrer des changements de dernière minute ou des retours terrain.
- **Gestion de projet** : planification, suivi, coordination avec les parties prenantes, arbitrages entre charge de travail et délais.
- **Communication technique** : vulgarisation des choix techniques, création de supports clairs (documentation utilisateur, guides de prise en main).
- **Autonomie et rigueur** : organisation personnelle, respect des jalons, attention portée à la qualité du code et à la maintenabilité.

Cette expérience m'a permis de comprendre que le rôle de développeur ne se limite pas à écrire du code, mais qu'il consiste aussi à concevoir des solutions utiles, utilisables et utilisées, en lien direct avec les attentes du terrain. Elle a renforcé ma capacité à raisonner comme un professionnel capable de dialoguer aussi bien avec les métiers qu'avec les équipes techniques.

5.2 Perspectives et recommandations

Les applications développées dans le cadre de cette mission ont été développées afin de répondre aux attentes en terme de réponse à des problématiques de terrain. Leur mise en oeuvre alimentera en revanche les nombreuses évolutions techniques, organisationnelles et stratégiques possibles. Cette section propose des pistes d'amélioration ainsi que des recommandations pour assurer la pérennité et la répliquabilité des solutions mises en oeuvre.

5.2.1 Évolutions techniques possibles

Plusieurs fonctionnalités complémentaires pourraient être envisagées à court ou moyen terme :

- **Importer les graphiques en pdf**, pour faciliter la visualisation des graphes en pdf .
- **Support multi-langue** pour préparer l'outil à une utilisation internationale ou multisite.
- **Connexion plus avancées** , ajouter une fonctionnalité qui permettra aux utilisateurs de se connecter via le badge employé.
-

5.2.2 Recommandations pour l'organisation

Sur le plan organisationnel, certaines conditions sont essentielles pour assurer la réussite à long terme du projet :

- **Désigner un référent applicatif par service**, chargé de centraliser les retours, proposer les évolutions, et former les nouveaux utilisateurs.
- **Planifier des revues semestrielles** avec les utilisateurs pour collecter les retours et hiérarchiser les demandes d'amélioration.
- **Inclure l'application dans les rituels qualité et production** (ex. : bilan mensuel, points projet, suivi maintenance).
- **Capitaliser les bonnes pratiques** issues de cette expérience (documents de formation, vidéos internes, fiches erreurs fréquentes).

5.2.3 Réutilisabilité dans d'autres sites ou services

L'approche modulaire adoptée dans ces développements permet d'envisager leur extension ou duplication :

- Les applications peuvent être déployées sur d'autres sites de Jeumont Electric, moyennant un paramétrage adapté (profils utilisateurs, référentiels internes, contraintes réseau).
- Certains modules (comme la photothèque, les tableaux de bord ou la gestion des rapports) peuvent être réutilisés dans d'autres projets internes, voire intégrés dans des outils existants.

- La méthodologie employée (approche Agile, co-conception, prototypage rapide) peut servir de modèle pour d'autres initiatives numériques au sein de l'entreprise.

5.2.4 Conditions de pérennisation

Pour garantir la stabilité et la durabilité du système sur le long terme, plusieurs points de vigilance sont à noter :

- **Prévoir une maintenance applicative régulière** : mises à jour de sécurité, corrections de bugs, suivi des dépendances.
- **Documenter intégralement le code et les déploiements** : schémas de base, procédures d'installation, guides développeurs.
- **Assurer la sauvegarde et la restauration des données** : sauvegardes quotidiennes, stockage hors site, tests de restauration trimestriels.
- **Former une personne en interne à l'administration du système**, pour ne pas dépendre exclusivement d'un prestataire externe ou d'un seul développeur.

Ces recommandations visent à transformer ces projets pilotes en solutions pérennes et scalables, capables d'accompagner durablement les ambitions numériques de Jeumont Electric.

5.3 Difficultés et problèmes rencontrés

Durant le projet, divers problèmes, qu'ils aient été d'ordre technique ou organisationnel, ont pu être rencontrés, ce qui a entraîné la nécessité fréquente d'ajuster le plan prévisionnel au préalable convenu, ce qui a constitué autant d'apprentissages

- **Manque initial de cadrage formel** : Au démarrage de la mission, même si un cahier des charges a été proposé, ce dernier a souffert d'incomplétude, ce qui a conduit à de nombreux allers-retours, produits un certain flottement dans les spécifications fonctionnelles.
- **Disponibilité limitée des utilisateurs** : les échanges avec les équipes de terrain opérationnelles ont dû souvent s'adapter à la urgences de leur charge de travail, ce qui a entraîné un certain retard dans certains retours de tests.
- **Hétérogénéité des niveaux informatiques** : certains utilisateurs manquant totalement d'habitude dans l'usage de ces outils numériques, il a fallu renforcer l'ergonomie et leur personnel d'accompagnement.
- **Contrainte d'autonomie en développement** : Étant seul en charge de l'intégralité des projets, j'ai dû assumer l'ensemble des phases de la planification à la documentation en passant par la gestion, la conception, le développement, les tests et le déploiement, tout en respectant les délais impartis.

- **Limites de l'environnement de production** : certaines machines ou navigateurs ne disposaient pas des dernières versions des logiciels utilisés rendant nécessaire un contournement de certaines fonctionnalités (JavaScript, affichages dynamiques).
- **Maintenabilité à long terme** : l'éventualité d'une reprise du projet par d'autres développeurs ou des référents internes a rendu nécessaire une attention particulière à l'organisation et à la documentation du code.

5.4 Solutions proposées

Pour faire face à ces difficultés, plusieurs solutions concrètes ont été mises en œuvre pour garantir la bonne marche du projet ainsi que la qualité de son résultat final :

- **Formalisation progressive des besoins** : des fiches de spécifications ont été rédigées à chaque niveau fonctionnel pour éclairer les attentes, les parcours utilisateurs ainsi que les critères de validation.
- **Communication directe et régulière** : des points hebdomadaires, même brefs, ont été instaurés avec les utilisateurs clés afin de maintenir un contact constant et d'anticiper d'éventuels blocages
- **Conception centrée utilisateur** : une attention particulière a été portée à l'ergonomie (boutons visibles, filtres intuitifs, messages d'erreur explicites) pour garantir une adoption rapide, même par les profils peu techniques.
- **Découpage en lots fonctionnels** : le projet a été fractionné en courtes sprints autonomes permettant la livraison régulière de modules utilisables et testables, limitant ainsi l'accumulation de bugs en fin de projet.
- **Tests en environnement réel** : toutes les fonctionnalités ont été testées à la fois en atelier et en conditions réelles, avec les utilisateurs finaux, permettant d'identifier et de résoudre rapidement, et pendant la phase de développement les éventuelles anomalies.
- **Documentation complète et accessible** : Un soin tout particulier a été apporté à la rédaction de guides utilisateurs, de dossiers techniques et de commentaires de code, dans le but d'assurer la pérennité du projet.
- **Traçabilité via comptes rendus de réunion** : des comptes rendus systématiques ont été rédigés à l'issue de chaque réunion, permettant d'historiser les échanges, de clarifier les décisions prises et de suivre l'évolution des besoins et des priorités tout au long du projet.

5.5 Conclusion

Le présent chapitre comporte un retour d'expérience à chaud concernant les missions mises en œuvre, en croisant notamment la perçu des utilisateurs avec le quantifiable. Les applications réalisées ont permis de réaliser des gains tangibles en traçabilité, fiabilité, temps et collaboration tout en élargissant les pratiques numériques. Ce projet démontre qu'une digitalisation choisie a du réel effet à partir d'un secteur industriel jugé complexe. Ce fut aussi un terrain d'apprentissage favorable à l'alternant au développement de son activité. Enfin, les outils produits sont extensibles et la question de la part du numérique dans l'industrie est à mieux définir.

Conclusion

Ce mémoire a retracé l'ensemble de la mission réalisée au sein du site de Carquefou de Jeumont Electric, dans un contexte de modernisation industrielle et de transformation numérique. Conçu comme une réponse concrète à des problématiques métiers identifiées sur le terrain, ce projet a permis de concevoir, développer et mettre en production trois applications web sur mesure, centrées sur des enjeux critiques : la traçabilité, le suivi de production, et la maîtrise budgétaire.

Réponse à la problématique

La problématique centrale posée était la suivante :

Comment concevoir et intégrer efficacement des applications web sur mesure pour moderniser des processus industriels critiques, tout en assurant leur adoption durable par les utilisateurs et en accompagnant la transformation numérique de l'entreprise sur les plans technique, humain et organisationnel ?

Les résultats obtenus tout au long de la mission montrent que cette approche est non seulement réalisable, mais surtout efficace. Grâce à un travail collaboratif étroit avec les utilisateurs et à une démarche Agile, les outils développés se sont rapidement imposés comme des solutions fiables, adaptées aux réalités du terrain, et génératrices de valeur.

Valeur ajoutée pour l'entreprise

Les bénéfices apportés aux équipes sont multiples :

- un gain de temps significatif dans la rédaction et l'archivage des rapports,
- une traçabilité renforcée des opérations,
- une meilleure collaboration entre services,
- un accès en temps réel aux indicateurs de production et de maintenance.

Ces apports contribuent à renforcer la compétitivité de l'entreprise, à structurer son capital technique, et à poser les bases d'un système d'information plus intégré, plus fiable et plus évolutif.

Enseignements pour l'alternant

Sur le plan personnel, cette mission m'a permis de franchir un cap important dans ma formation de développeur full-stack. J'ai pu :

- consolider mes compétences en développement web, en architecture logicielle et en gestion de base de données,
- me confronter à des contraintes industrielles réelles,

- apprendre à écouter, reformuler, itérer, et intégrer les retours des utilisateurs dans des cycles courts,
- gagner en autonomie, en rigueur et en capacité à piloter un projet de bout en bout.

Au-delà de l'aspect technique, j'ai surtout appris que la réussite d'un projet numérique ne tient pas uniquement à la qualité du code, mais à la compréhension fine du besoin, à la clarté des interfaces, et à la capacité à faire évoluer les pratiques métier.

Ouvertures possibles

Ce projet constitue une première brique d'un chantier plus vaste. Plusieurs pistes peuvent être envisagées pour prolonger et amplifier cette dynamique :

- étendre l'usage des applications à d'autres services ou sites du groupe,
- renforcer les interconnexions avec le système d'information global de l'entreprise,
- intégrer des technologies avancées (visualisation temps réel, IA pour l'analyse des non-conformités, modules mobiles, etc.),
- formaliser une feuille de route numérique interne pour cadrer les futurs développements.

La transformation numérique de l'industrie n'est pas un objectif ponctuel, mais un processus continu. À travers cette mission, Jeumont Electric a montré qu'il est possible d'innover localement, efficacement, et avec un impact immédiat sur la performance. Ce mémoire souhaite en être un témoignage concret et utile.

Bibliographie

Références

- [1] Jeumont Electric. (2025). *Présentation de l'activité*. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.jeumontelectric.com> (consulté en avril 2025).
- [2] Deloitte. *Connected Industry : The new reality of industrial operations*. 2020. Disponible sur : <https://www2.deloitte.com>
- [3] Bain & Company. *Digital operations : The path to productivity, resilience, and growth*. 2019. Disponible sur : <https://www.bain.com>
- [4] Pierre Girard. *Systèmes d'information industriels : Architecture et technologies*. Dunod, 2016.
- [5] EY. *Comment les PME industrielles réussissent leur digitalisation*. Étude sectorielle, 2021.
- [6] Alliance Industrie du Futur. *Industrie du Futur : Guide de transformation des PME et ETI*. 2021.
- [7] : @miscscrumguide2020, author = Ken Schwaber and Jeff Sutherland, title = The Scrum Guide – The Definitive Guide to Scrum : The Rules of the Game, year = 2020, howpublished = <https://scrumguides.org/scrum-guide.html>, note = Accessed : 2025-05-22

Index / Liste des abréviations

Abréviation	Signification
API	Application Programming Interface (Interface de Programmation Applicative)
BDD	Base de Données
CRUD	Create, Read, Update, Delete (Créer, Lire, Mettre à jour, Supprimer)
CSV	Comma-Separated Values (Format de fichier texte pour les données tabulaires)
CSS	Cascading Style Sheets (Feuilles de style en cascade)
CSRF	Cross-Site Request Forgery (Falsification de requête intersite)
ECE	Essais de Contrôle Électrique
ERP	Enterprise Resource Planning (Progiciel de gestion intégré)
GMAO	Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur
HTML	HyperText Markup Language
HTTP	HyperText Transfer Protocol
HTTPS	HyperText Transfer Protocol Secure
JS	JavaScript
MVC	Model – View – Controller (Modèle – Vue – Contrôleur)
MySQL	Système de gestion de bases de données relationnelles
ORM	Object-Relational Mapping (Mapping Objet-Relationnel)
PDF	Portable Document Format
PHP	Hypertext Preprocessor, langage de programmation côté serveur
SI	Système d'Information
SQL	Structured Query Language
SSO	Single Sign-On (Authentification unique)
Symfony	Framework PHP pour le développement d'applications web structurées
Tailwind CSS	Framework utilitaire CSS pour la création d'interfaces utilisateur personnalisées
TraQbar	Application web de traçabilité développée pour les barres Roebel
Twig	Moteur de templates intégré à Symfony
UI / UX	User Interface / User Experience (Interface utilisateur / Expérience utilisateur)
WIP	Work In Progress (Travail en cours)
XLSX	Format de fichier Excel Open XML
AD	Active Directory

Glossaire

Affaire : Terme interne désignant un projet client ou une commande spécifique traitée par l'entreprise.

Base d'expertise : Application interne permettant de centraliser les données issues des expertises électriques et mécaniques.

BDD : Abréviation de "Base de Données", système structuré permettant de stocker, gérer et interroger des données.

CRUD : Acronyme pour Create, Read, Update, Delete – opérations de base d'une application web de gestion.

Doctrine : Composant de Symfony permettant la gestion des entités et l'interaction avec la base de données relationnelle.

ERP : Enterprise Resource Planning – logiciel permettant de gérer les processus d'une entreprise via un système centralisé.

Front-end : Partie visible de l'application côté utilisateur, généralement développée en HTML/CSS/JS (ici Twig pour le rendu).

GanttProject : Outil open-source de gestion de projet basé sur les diagrammes de Gantt.

Jeumont Electric : Entreprise industrielle française spécialisée dans la conception et la maintenance de machines électriques de grande puissance.

MySQL : Système de gestion de base de données relationnelle utilisé pour stocker les données applicatives.

ORM : Object-Relational Mapping – technique permettant de manipuler une base de données via des objets métiers.

Symfony : Framework PHP utilisé pour développer des applications web robustes, structurées et évolutives.

Traçabilité : Capacité à suivre l'ensemble des étapes d'un processus de fabrication ou de maintenance, avec conservation des données associées.

TraQbar : Application web développée pour assurer la traçabilité de la fabrication des barres Roebel sur le site de Carquefou.

Twig : Moteur de template utilisé avec Symfony pour générer des pages HTML à partir des données du back-end.

UI / UX : Interface Utilisateur (UI) et Expérience Utilisateur (UX) – concepts liés à la qualité de l'interaction entre l'application et ses utilisateurs.

Work-in-progress (WIP) : Terme désignant les unités de production en cours de fabrication, traçables étape par étape.

Annexes

Résumé

Dans un contexte industriel marqué par des exigences accrues de traçabilité, de performance et de modernisation des pratiques, les entreprises sont amenées à repenser leurs outils et processus pour gagner en efficacité. Jeumont Electric, acteur majeur dans la conception, la maintenance et la modernisation de machines électriques tournantes, n'échappe pas à cette dynamique.

Ce mémoire s'inscrit dans une mission d'alternance menée sur le site de Carquefou, avec pour objectif principal de digitaliser plusieurs processus critiques jusqu'alors gérés de manière manuelle ou à l'aide d'outils vieillissants (Excel, Access, documents papier). Trois applications web ont été développées sur mesure pour répondre à des besoins concrets : une application de base d'expertise, une application de traçabilité des barres Roebel, et une application de suivi budgétaire en maintenance.

La problématique centrale traitée dans ce travail était la suivante : « *Comment la transformation numérique, à travers le développement d'applications web sur mesure, peut-elle moderniser et optimiser la gestion des processus ainsi que la maintenance des systèmes chez Jeumont Electric ?* »

La réponse apportée repose sur une méthodologie Agile, itérative et centrée utilisateur, combinant des compétences techniques (Symfony, MySQL, architecture web) à une compréhension fine des enjeux industriels et organisationnels. Les résultats obtenus mettent en évidence des gains significatifs en matière de traçabilité, de fiabilité des données, de temps de traitement et de collaboration interservices.

Au-delà des livrables techniques, ce projet a contribué à inscrire l'entreprise dans une dynamique de modernisation progressive de son système d'information. Il illustre également la capacité de l'alternance à produire un impact concret et durable, tout en constituant une expérience formatrice riche pour le futur professionnel.

Mots-clés : Digitalisation, Industrie, Développement web, Traçabilité, Maintenance, Symfony, Système d'information, Mémoire industriel

Abstract

In an industrial environment increasingly shaped by the need for traceability, operational performance, and digital transformation, companies must rethink their tools and processes to gain efficiency. Jeumont Electric, a key player in the design, maintenance, and modernization of high-power rotating electrical machines, is part of this strategic evolution.

This thesis is the result of a work-study mission carried out at the Carquefou site, aiming to digitalize several critical processes that were previously managed using traditional or outdated tools (Excel, Access, paper-based documents). Three tailor-made web applications were developed to meet operational needs : a technical expertise database, a production traceability system for Roebel bars, and a maintenance budget tracking tool.

The main research question addressed in this project was : *“How can digital transformation, through the development of custom web applications, modernize and optimize process management and system maintenance at Jeumont Electric ?”*

The response was based on an Agile, iterative, and user-centered methodology, combining advanced technical skills (Symfony, MySQL, web architecture) with a deep understanding of industrial and organizational challenges. The results demonstrated tangible improvements in data traceability, reliability, processing time, and interdepartmental collaboration.

Beyond the technical achievements, this project marked a step forward in the digital modernization of the company’s information system. It also highlighted the value of work-study programs in generating concrete impact while offering a formative and rewarding professional experience.

Keywords : Digitalization, Industry, Web Development, Traceability, Maintenance, Symfony, Information System, Industrial Internship