



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا للتكنولوجيا والهندسة - عنابة

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE TECHNOLOGIE ET D'INGENIERIE - ANNABA

Département Génie Industriel

MEMOIRE

En vue d'obtention du diplôme de MASTER

Domaine : Science et Technologie

Filière : Génie Industriel

Spécialité : Maintenance et Fiabilité des Systèmes Industriels

Présenté par

FADEL MOHAMED EL FATEH

BATTATE BOCHRA

DÉVELOPPEMENT D'UNE INTERFACE POUR LA COLLECTE ET L'ANALYSE RAPIDE DE DONNÉES EN VUE DE MAINTENANCE PRÉDICTIVE

Encadré par

Dr. Tarek KEBABSA

ENSTI Annaba

Membres du jury :

Pr. Messaoud DJEGHABA	Président	ENSTI Annaba
Dr. Mohamed DJEMANA	Examineur	ENSTI Annaba
Dr. Amar AYAD	Examineur	ENSTI Annaba

Année 2024

Remerciement

Nous commençons par exprimer notre reconnaissance à Dieu, le Tout-Puissant et Miséricordieux, pour la force et la patience qu'Il nous a accordées tout au long de ces années. Louanges au Prophète Mohamed ; Paix et salut sur lui.

Nous souhaitons également exprimer notre profonde gratitude envers Monsieur Kebabsa Tarek pour avoir accepté de superviser nos recherches, pour son dévouement, sa disponibilité et ses précieux conseils tout au long de ce travail. Son soutien et ses orientations ont été inestimables pour nous guider dans cette étude.

Nous n'oublions pas de remercier nos familles, amis et collègues qui nous ont encouragés et ont été présents à nos côtés tout au long de ce modeste parcours. Leur soutien moral et intellectuel nous a été d'une grande aide et nous en sommes profondément reconnaissants.

Nos sincères remerciements vont également aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en examinant et en évaluant notre travail.

Dédicaces

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect et la reconnaissance.

Je dédie ce mémoire de fin d'études à...

À ma très chère mère, à une personne qui m'a tout donné sans compter, mon précieux offre de dieu, pour ses sacrifices, à qui je dois ma vie, ma réussite et tout mon respect, la flamme de ma vie, la lumière qui m'a guidé vers le bon chemin, qui a toute fait pour ma réussite et pour sa douceur et ses encouragements.

À mon père, Tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la personne méticuleuse, je tiens à honorer l'homme que tu es. Grâce à toi lemaalem j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension... Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as déployés pour mon éducation et ma formation. Je t'aime papa et j'implore le tout-puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse.

À mon frère Oualid Fadel, à Benlakehal Walid et Youcef Hemadou, les expériences et la collaboration partagées avec eux m'ont permis d'acquérir une précieuse expertise dans le domaine du génie industriel. Leur professionnalisme, leur savoir-faire et leur patience ont été essentiels pour mon apprentissage et ma progression au sein de ces entreprises. J'ai eu la chance d'observer et de participer à des projets concrets, ce qui m'a permis d'appliquer mes connaissances théoriques et de développer mes compétences pratiques. Je suis reconnaissante envers chaque membre de ces équipes, qui m'ont fait confiance et m'ont offert l'opportunité de me développer professionnellement.

Aux « apes together strong » ensemble, nous sommes plus forts. Votre amitié est un pilier solide et indéfectible. Chaque moment partagé, chaque rire et chaque défi surmonté ensemble renforcent notre lien unique. Continuons à avancer,

*À mon binôme **BATTATE BOCHRA**.*

Sans vous, je ne suis rien, mais grâce à vous, je deviens un ingénieur.

FATEH

À mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

À mes chères sœurs et mon frère pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

*À mon binôme **Fadel Mohamed El FAtch**, merci d'être le meilleur binôme.*

À mes collègues, génie industriel promo 2021 /2024

*À mes chers amis **insaf assala nesrine** et **bochra**,, pour leurs appuis et leur encouragement,*

*La famille **muhandis** Pour leur soutien, vous êtes les meilleurs,*

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi.

Bochra

ملخص

يهدف هذا المشروع إلى تطوير واجهة خاصة لتسهيل تشغيل محطات الطاقة. تخيل أداة تجمع البيانات تلقائيًا من جميع الآلات، وتحللها بسرعة فائقة، وتُعلم العمال بالمناطق التي تحتاج إلى اهتمام. بهذه الطريقة، يمكن اكتشاف المشاكل في مرحلة مبكرة قبل أن تؤدي إلى أعطال كبيرة. كما سيساعد البرنامج في تخطيط الصيانة بشكل أفضل، مما يوفر الوقت والمال بشكل عام. إنه مثل وجود مساعد ذكي يضمن التشغيل السلس لمحطة الطاقة.

الكلمات المفتاحية: الطاقة الكهربائية، تحليل البيانات، الصيانة التنبؤية، توفير الوقت، التشغيل، مراقبة الأداء.

Résumé

Ce projet a pour objectif de développer une interface spécialisée visant à simplifier le fonctionnement des centrales électriques. Imaginez un outil capable de collecter automatiquement les données de toutes les machines, de les analyser de manière ultra-rapide, et d'indiquer aux techniciens les éléments nécessitant une attention particulière. Ainsi, les problèmes peuvent être détectés à un stade précoce, avant qu'ils ne provoquent des pannes majeures. Ce programme aiderait également à planifier la maintenance de manière plus efficace, permettant ainsi de gagner du temps et de l'argent. En somme, il s'agit d'avoir un assistant intelligent veillant au bon fonctionnement de la centrale électrique.

Mot clé : électricité, analyse de données, maintenance prédictive, le temps, fonctionnement, surveillance des performances.

Abstract

This project aims to develop a specialized interface to simplify the operation of power plants. Imagine a tool that automatically collects data from all the machines, analyzes it at lightning speed, and alerts workers to areas that need attention. This way, issues can be detected early before they lead to significant failures. The program would also help better plan maintenance, saving time and money overall. It's like having a super-smart assistant ensuring the power plant runs smoothly.

Keywords: electricity, data analysis, predictive maintenance, time, operation, performance monitoring.

Liste des figure

Fig I. 1: Emplacement géographique.....	5
Fig I. 2: centrale cycle combinée [1]	5
Fig III. 1: Organisme de réalisation	13
Fig III. 2: Capteurs de température de la turbine	14
Fig III. 3: comportement de gaz dans la turbine	14
Fig III. 4: puissance générée	14
Fig III. 5: Détecteur de gaz de l'interface	16
Fig III. 6: Détecteur de température de l'interface.....	17
Fig III. 7: Base horaire	17
Fig III. 8: Interface sur Excel	18
Fig III. 9: Affichage de date et d'heure	18
Fig III. 10: Bouton mise à jour.....	18
Fig III. 11: signalisation lumineuse.....	19
Fig III. 12: bouton de réinitialisation	19
Fig III. 13: Les boutons de fonctionnement	19
Fig III. 14: Programme utilisé	20
Fig IV. 1: Cas d'alarm	22
Fig IV. 2: Cas normale	22
Fig IV. 3: Capture d'interface en temps mentionné	23
Fig IV. 4: Tableau des résultats chaque 1 min.....	24
Fig IV. 5: Capture d'interface en temps mentionné	24
Fig IV. 6: Tableau des résultats chaque 1 min.....	25
Fig IV. 7: Capture d'interface en temps mentionné	25
Fig IV. 8: Tableau des résultats chaque 1 min.....	26
Fig IV. 9: Schéma d'analyse des données	26

Sommaire

Remerciement.....	i
<i>Dédicaces</i>	ii
ملخص	iv
Abstract	iv
Liste des figure	v
Sommaire	vi
Introduction générale.....	1
Chapitre I :La Production d'électricité dans la centrale NAAMA-TOUIFZAT	3
I.1. Introduction.....	4
I.2. Contexte historique	4
I.3. Représentation de la centrale NAAMA-TOUIFZAT	5
I.3.1. Situation géographique.....	5
I.3.2. Description du fonctionnement de la centrale.....	5
I.4. Problématique	6
Chapitre II :L'Etat de l'art et recherche bibliographique	7
II.1. Introduction.....	8
II.2. Synthèse bibliographique	8
II.3. Conclusion	10
Chapitre III :Méthodologie et conception de l'interface	11
III.1. Introduction.....	12
III.2. Objectif de la conception de l'interface	12
III.2.1 Objectif 1.....	12
III.2.2 Objectif 2.....	12
III.2.3 Objectif 3.....	12
.....	13
III.3. Les composant	13
III.3.1 Capteur de température	13
III.3.2 Capteur de gaz.....	14
III.3.3 Générateur de puissance	14
III.4. Outils utiliser.....	14

III.5.	Méthodologie de travail	15
III.5.1	Approche	15
III.5.2	Rapidité	15
III.5.3	Qualité	15
III.5.4	Quantité	15
III.6.	Démarche suivi lors de conception :	15
III.7.	Les paramètre	16
III.7.1	Détection de gaz	16
III.7.2	HB (exhaustive steam temperature)	16
III.7.3	Quarter bourly :	17
III.8.	Fonctionnalité de cette interface	17
III.9.	L'interface	18
III.9.1	Botton de misa à jour	18
III.10.	Fonctionnalités	19
III.11.	Vérification des données	19
III.12.	Récupération des fichiers	19
III.12.1	Création de rapport	19
III.13.	Programme avec macros VBA.....	20
III.14.	Conclusion	20
Chapitre IV :	Résultat obtenu et analyse	21
IV.1.	Introduction.....	22
IV.2.	Sélection de la date et l'heure	22
IV.3.	Affichage des unités en fonctionnement.....	22
IV.4.	Sélection de paramètre et l'unité.....	22
IV.5.	Cas d'utilisation	23
IV.5.1	Générateur de pression	23
IV.5.2	Capteur de température	24
	Haz gaz.....	25
IV.6.	Vers une maintenance prédictive efficace	27
IV.7.	Conclusion	27
Conclusion générale		29

Référence bibliographique	30
---------------------------------	----

L'Industrie 4.0 et la Maintenance Prédictive : Vers une Révolution de la Fiabilité et de la Performance

L'industrie, pilier de l'économie moderne, subit une profonde transformation sous l'impulsion de la révolution numérique. Cette mutation, initiée par les premières révolutions industrielles, connaît une accélération fulgurante avec l'avènement de l'Industrie 4.0. Au cœur de cette transformation se trouve la maintenance prédictive, une approche proactive qui permet aux entreprises d'anticiper les défaillances des équipements et d'optimiser leurs performances.

L'Industrie 4.0, également connue sous le nom de quatrième révolution industrielle, désigne l'intégration des technologies numériques dans les processus industriels. Cette convergence du numérique et du physique offre aux entreprises une multitude d'opportunités pour améliorer leur efficacité, leur flexibilité et leur compétitivité.

La maintenance prédictive se présente comme un élément clé de l'Industrie 4.0. En s'appuyant sur des technologies de pointe telles que l'Internet des objets (IoT), le Big Data, l'intelligence artificielle (IA) et l'apprentissage automatique, elle permet aux entreprises de passer d'une maintenance réactive à une maintenance proactive.

Au lieu d'attendre que les pannes surviennent, la maintenance prédictive analyse en temps réel les données collectées par les capteurs IoT installés sur les équipements. Ces données, précieuses sources d'informations, permettent d'identifier les anomalies et de prédire les défaillances potentielles avec une précision croissante.

L'adoption d'une stratégie de maintenance prédictive efficace procure de nombreux avantages aux entreprises industrielles :

- **Réduction des temps d'arrêt non planifiés** : En anticipant les défaillances, les entreprises peuvent planifier les interventions de maintenance et minimiser les arrêts inopinés, préservant ainsi la continuité de la production et réduisant les coûts associés aux interruptions.
- **Amélioration de la fiabilité des équipements** : La maintenance prédictive permet de maintenir les équipements en bon état de fonctionnement, réduisant ainsi le risque de pannes critiques et prolongeant leur durée de vie.
- **Optimisation des coûts de maintenance** : En planifiant les interventions et en réduisant les défaillances imprévues, les entreprises optimisent leurs dépenses en maintenance, évitant les coûts engendrés par les réparations urgentes et les remplacements prématurés.

- **Meilleure gestion des stocks de pièces détachées** : La maintenance prédictive permet d'anticiper les besoins en pièces détachées, optimisant ainsi la gestion des stocks et évitant les ruptures qui peuvent retarder les interventions.
- **Amélioration de la sécurité des travailleurs** : En réduisant les risques de défaillances des équipements, la maintenance prédictive contribue à améliorer la sécurité des travailleurs sur le site de production.

La révolution numérique et technologique, en particulier l'Industrie 4.0 et la maintenance prédictive, offre aux entreprises industrielles un levier puissant pour accroître leur performance, leur fiabilité et leur résilience. En adoptant une approche proactive de la maintenance, les entreprises peuvent se positionner pour réussir dans un environnement en constante évolution et répondre aux exigences croissantes des clients. L'Industrie 4.0, associée à la maintenance prédictive, ouvre la voie à une nouvelle ère d'efficacité, de productivité et de sécurité dans le secteur industriel.

Chapitre I : La Production d'électricité dans la centrale NAAMA- TOUIFZAT

I.1. Introduction

Depuis 1969, SONALGAZ s'est imposé comme un acteur incontournable du paysage énergétique algérien. Initialement fournisseur d'électricité et de gaz naturel, l'entreprise s'est transformée en un holding chapeautant un groupe industriel multi-métiers et multi-sociétés suite à la promulgation de la loi sur l'électricité et la distribution du gaz.

SONALGAZ a joué un rôle moteur dans le développement économique et social de l'Algérie en mettant en œuvre des programmes d'électrification rurale et de distribution de gaz. Ces initiatives ont permis d'atteindre un taux de couverture en électricité de 98% pour plus de 10 millions de clients et un taux de pénétration du gaz de 65% pour près de 7 millions de clients. Ces chiffres illustrent l'engagement constant de SONALGAZ à garantir un accès généralisé à l'énergie pour l'ensemble de la population algérienne.

La force motrice de SONALGAZ réside dans son réseau performant de centrales thermiques à cycle combiné, réparties stratégiquement sur le territoire national. Parmi ces fleurons technologiques figurent les centrales de Skikda, Djelfa (implantée à deux reprises dans cette ville), Ain Djasser et NAAMA_TOUIFZA. C'est précisément cette dernière centrale qui a constitué le terrain d'expérimentation pour notre projet de MASTER.

En résumé, SONALGAZ incarne l'esprit d'innovation et de progrès de l'Algérie. Son engagement indéfectible à fournir une énergie fiable et accessible à tous les citoyens alimente la croissance du pays et façonne un avenir prometteur pour les générations futures. Notre projet de MASTER, centré sur la centrale de NAAMA_TOUIFZA, s'inscrit dans cette dynamique d'optimisation et d'avant-garde, visant à renforcer l'efficacité et la performance de ce pilier de l'industrie énergétique algérienne.

I.2. Contexte historique

En 2013, Sonelgaz a lancé un plan d'urgence de 8 400 MW pour renforcer la production d'électricité nationale et répondre à la demande croissante de la population et du développement national.

Dans le cadre de ce plan, la Société de Production de l'Électricité (SPE), filiale de Sonelgaz, a confié provisoirement à des entreprises telles que Hyundai Engineering & Construction/Daewoo International, Duro Fulgura, GS/Daelim et Samsung C&T la réalisation en EPC de six centrales électriques de type cycle combiné (CC), dont la centrale de Naama. Samsung C&T Corporation, une entreprise coréenne fondée en 1938 et déjà engagée dans des opérations de vente à l'étranger, a été chargée de la construction de la centrale de Naama.

I.3. Représentation de la centrale NAAMA-TOUIFZAT

I.3.1. Situation géographique

La centrale thermique au gaz à cycle combiné de Naama se trouve à Touifza, à environ 520 km au Sud-ouest d'Alger, le long de la route nationale N°22. Elle est située à environ 26 km au nord de la ville de Naama, à 10 km de la ville de Mecheria et à 50 km de Ben Amar. La centrale s'étend sur une superficie totale de 31,3 hectares. [1].



Fig I. 1:Emplacement géographique

I.3.2. Description du fonctionnement de la centrale

La centrale électrique de Naama, d'une capacité de 1 163 MW, est composée de deux blocs, chacun abritant deux turbines à gaz et une turbine à vapeur. Fonctionnant au gaz naturel ou au fuel, elle utilise des chaudières de récupération pour une efficacité optimale. Les turbines à vapeur, refroidies par des aérocondenseurs à air frais, sont complétées par des systèmes de secours et de sécurité comprenant des générateurs, une salle des batteries, des réservoirs d'eau et des dispositifs anti-incendie. L'alimentation du réseau est assurée par des transformateurs principaux, tandis que le contrôle et la commande à distance sont gérés depuis un bâtiment dédié. Des bâtiments de servitude complètent l'installation, garantissant son bon fonctionnement et sa maintenance. La centrale électrique de Naama, une installation moderne et performante, utilise une technologie de pointe pour produire de l'électricité de manière efficace et sûre.



Fig I. 2:centrale cycle combinée [1]

1. Les deux turbines à gaz 11-12.
2. Les chaudières de récupération des turbines 11-12.
3. Les deux turbines à vapeurs 10-20.
4. Les deux turbines à gaz 21-22.
5. Les chaudières de récupération des turbines 21-22.
6. Aérocondenseur.
7. Le bâtiment de contrôle commande (BBC).

I.4. Problématique

La maintenance 4.0 est au cœur de toutes les industries, reposant principalement sur le big data. Dans le cadre de notre projet, nous cherchons à réduire le temps nécessaire pour collecter, analyser et traiter des données de production. Pour y parvenir, nous envisageons d'utiliser la maintenance 4.0, qui repose principalement sur le traitement de données massives (big data).

Ainsi, notre projet de fin d'étude aborde la problématique suivante : **"Comment concevoir une interface de collecte et l'analyse de données efficace pour la maintenance prédictive, en identifiant les fonctionnalités et les performances nécessaires pour répondre aux besoins de l'industrie, réduire les temps d'arrêt des équipements, et améliorer leur fiabilité et leur disponibilité ?"**

Chapitre II : L'Etat de l'art et recherche bibliographique

II.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous examinons une revue de la littérature portant sur l'importance de la phase de réalisation du logiciel dans le contexte de la maintenance prédictive au sein de la société de production électrique. Dans cette section, nous synthétisons quelques travaux de recherche en analysant les avantages et l'efficacité des logiciels dans ces cas d'utilisation, en soulignant leur impact sur la prise de décision et la planification des activités de maintenance. À travers cette exploration approfondie de la phase de développement, nous pourrions mieux comprendre les choix, les processus et les résultats obtenus dans la réalisation de notre logiciel de collecte et d'analyse de données pour la maintenance prédictive.

II.2. Synthèse bibliographique

B. Iung, E. Levrat, C. Marquez, et al : À l'heure actuelle, nous pouvons trouver différentes définitions complémentaires du terme e-Maintenance. Ces définitions appliquent à la maintenance plusieurs principes et concepts tels que la collaboration, la proactivité, la connaissance, l'intelligence, les services web ou Internet. Un consensus clair n'est pas encore atteint, même si certaines contributions tentent de proposer des référentiels uniques pour assurer la cohérence. Par conséquent, l'objectif de cet article est :(a) de discuter brièvement du concept d'e-Maintenance et de présenter un premier cadre conceptuel d'e-Maintenance basé sur 5 niveaux d'abstraction ; (b) de détailler le dernier niveau nommé « infrastructure » pour illustrer les technologies et les plateformes d'e-Maintenance. Ce niveau permet de mettre en évidence les nouvelles technologies soutenant les services d'e-Maintenance et de décrire l'architecture de l'e-Maintenance résultant de l'intégration des technologies. [4].

S. Gamoura Chahbi : Le Big Data, ou mégadonnées, est en train de révolutionner divers secteurs et domaines. La prédiction des comportements, l'amélioration de la recherche scientifique, et bien d'autres applications en bénéficient. Les domaines d'application sont illimités ; aujourd'hui, même les industries manufacturières peuvent en tirer parti. Les entreprises sont en pleine mutation avec des processus de digitalisation et de numérisation des données, dont l'un des aspects clés est l'utilisation du Big Data. Mais que signifie réellement ce terme ? L'exploration massive de données, connue sous le nom de Big Data, permet d'analyser diverses variables de votre entreprise pour enrichir vos connaissances et vous aider à prendre des décisions éclairées. L'environnement de fabrication est aujourd'hui globalisé et présente de nombreux défis liés à une complexité croissante qui pèse sur la productivité. Les industries comprennent que la technologie du Big Data, associée à la maintenance prédictive, peut considérablement améliorer le fonctionnement en temps réel, augmenter la disponibilité des équipements, réduire les coûts de maintenance et minimiser les interruptions de la production [5].

Vrchota. J, Bednář. J : Avec l'arrivée de nouvelles technologies dans les usines intelligentes modernes, la maintenance prédictive automatisée est également liée à la robotisation de la production. Les capteurs intelligents permettent de collecter une quantité croissante de données, qui doivent être analysées efficacement pour soutenir la prise de décision et la gestion des systèmes de plus en plus complexes. Cet article passe en revue la littérature actuelle sur la maintenance prédictive et les capteurs intelligents dans les usines intelligentes. Il met l'accent sur les tendances contemporaines, les défis futurs et propose un cadre de Maintenance Prédictive Intelligente (SIPM). L'analyse montre l'importance croissante de la maintenance prédictive en relation avec les technologies de l'Industrie 4.0. La contribution principale de l'article est un résumé des tendances actuelles et une vue d'ensemble des capteurs intelligents utilisés pour la maintenance prédictive dans les usines intelligentes [6].

Ucar. A, Karakose. M, Kırımça, N. : Cet article examine les récents développements de la maintenance prédictive basée sur l'intelligence artificielle (IA). Il se concentre sur les composants clés, la fiabilité et les tendances futures. L'étude analyse les techniques actuelles, les défis et les opportunités associés à l'intégration de l'IA dans la maintenance prédictive, y compris l'interaction homme-robot, les questions éthiques, et les capacités de test et de validation des politiques développées. L'article identifie également des domaines de recherche futurs potentiels comme les jumeaux numériques, le métavers, l'IA générative, les robots collaboratifs, la blockchain et l'Internet des objets industriel [7].

Makota. F : Les machines-outils sont généralement utilisées pendant plus de 10 ans, il est donc crucial de fournir des services appropriés. Les fabricants de machines-outils, opérant mondialement, implantent leurs bases de services et centres de pièces détachées à travers le monde pour améliorer la qualité de leurs services et répondre rapidement aux clients. De plus, en identifiant les besoins de maintenance avant les pannes, ils peuvent planifier des services systématiques et éviter les arrêts de machines. Cet article décrit le développement de l'interface de détection et de la technologie pour analyser l'état de fonctionnement des machines afin de mettre en œuvre une maintenance préventive [8].

Paul. G : La deuxième édition de cet ouvrage à succès est une référence incontournable qui traite de manière exhaustive des tests et de la maintenance des équipements présents dans les systèmes électriques des industries, des commerces, des sous-stations de services publics et des centrales électriques. Il aborde les aspects pratiques des tests et de la maintenance de routine, en fournissant à la fois les méthodologies nécessaires et les principes d'ingénierie de base pour réaliser ces tâches. Destiné aux ingénieurs et techniciens responsables de l'exploitation, de la maintenance et des tests des équipements des systèmes électriques, ce livre couvre de nombreux sujets, notamment la théorie diélectrique, l'analyse des gaz dissous, la localisation des défauts

de câbles, les mesures de résistance, ainsi que les méthodes de test du facteur de puissance, du facteur de dissipation, du courant continu, des disjoncteurs et des relais [10].

Lee. J, Kim. J : Cet article explore le concept des micro-interactions - ces éléments de design subtils mais percutants présents dans les interfaces mobiles. Les auteurs examinent comment les micro-interactions peuvent améliorer l'expérience utilisateur en fournissant un retour d'information, en guidant les actions de l'utilisateur et en créant un sentiment de satisfaction. L'étude suggère que des micro-interactions bien conçues peuvent améliorer l'engagement et la satisfaction des utilisateurs [11].

Bowman. D.A, McMahan. R.P: Cet article plonge dans le monde des interfaces de réalité virtuelle (RV), explorant diverses techniques d'interaction utilisées pour manipuler des objets et se déplacer dans des environnements RV. Les auteurs analysent les forces et les faiblesses de techniques telles que le suivi des mains, les commandes vocales et le retour haptique. Ces recherches aident les développeurs à comprendre comment concevoir des interfaces efficaces pour des expériences RV immersives [12].

Norman. D.A: Cet article se penche sur le concept des modèles mentaux, qui représentent la façon dont les utilisateurs se figurent le fonctionnement d'un système. Les auteurs examinent comment la conception d'interfaces peut influencer et s'aligner sur les modèles mentaux des utilisateurs. Lorsque les interfaces correspondent aux attentes des utilisateurs, l'interaction devient plus intuitive et efficace. La recherche souligne l'importance de comprendre les modèles mentaux des utilisateurs durant le processus de conception [13].

II.3. Conclusion

La maintenance prédictive est un programme de maintenance préventive axé sur l'état de l'équipement. Au lieu de s'appuyer sur des statistiques de durée de vie moyenne industrielles ou en usine (c'est-à-dire le temps moyen jusqu'à la panne) pour planifier les activités de maintenance, la maintenance prédictive utilise la surveillance directe de l'état mécanique, de l'efficacité du système et d'autres indicateurs pour déterminer le temps moyen jusqu'à la panne réelle ou la perte d'efficacité pour chaque machine et chaque système dans l'usine.

Dans le meilleur des cas, les méthodes traditionnelles basées sur le temps fournissent une ligne directrice sur les durées de vie "normales" des machines. Cependant, la décision finale dans les programmes de maintenance préventive ou de réparation en cas de panne doit être prise sur la base de l'intuition et de l'expérience personnelle du gestionnaire de maintenance.

Chapitre III : Méthodologie et conception de l'interface

III.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons définir la méthodologie de notre travail en exposant la problématique et en présentant les objectifs attendus. Puis, nous expliquerons également notre approche et le processus que nous avons suivi pour clarifier les étapes de notre projet. Enfin, nous présenterons les outils nécessaires que nous avons utilisés et les spécificités des données utilisées dans notre travail.

III.2. Objectif de la conception de l'interface

En prenant en compte la conception d'une interface de collecte et d'analyse de données rapide pour la maintenance prédictive

III.2.1 Objectif 1

La collecte instantanée des données améliore l'efficacité de la maintenance prédictive.

Explication : Il est supposé que la capacité à collecter instantanément les données de l'équipement ou du système surveillé permet d'obtenir des informations en temps réel. Cette collecte instantanée permettrait de détecter plus rapidement les anomalies ou les signes avant-coureurs de défaillance, améliorant ainsi l'efficacité de la maintenance prédictive.

III.2.2 Objectif 2

La quantité de données affecte la précision de la maintenance prédictive.

Explication : Il est hypothétisé que la quantité de données collectées a un impact sur la précision des prédictions de maintenance. Une plus grande quantité de données peut permettre de détecter des modèles, des tendances ou des anomalies plus précisément, renforçant ainsi la précision des prédictions de maintenance.

III.2.3 Objectif 3

Le temps d'analyse des données influence la pertinence de la maintenance prédictive.

Explication : Il est supposé que le temps nécessaire pour analyser les données collectées a une influence sur la pertinence de la maintenance prédictive. Un temps d'analyse plus court permettrait d'identifier plus rapidement les problèmes potentiels, ce qui permettrait de prendre des mesures préventives ou correctives de manière plus réactive, améliorant ainsi la pertinence de la maintenance prédictive.

Ces objectifs mettent en évidence l'importance de la collecte instantanée des données, de la quantité des données et du temps d'analyse pour améliorer l'efficacité, la précision et la pertinence de la maintenance prédictive. Cela peut être réalisé à travers la conception d'un logiciel de collecte et d'analyse de données rapide.

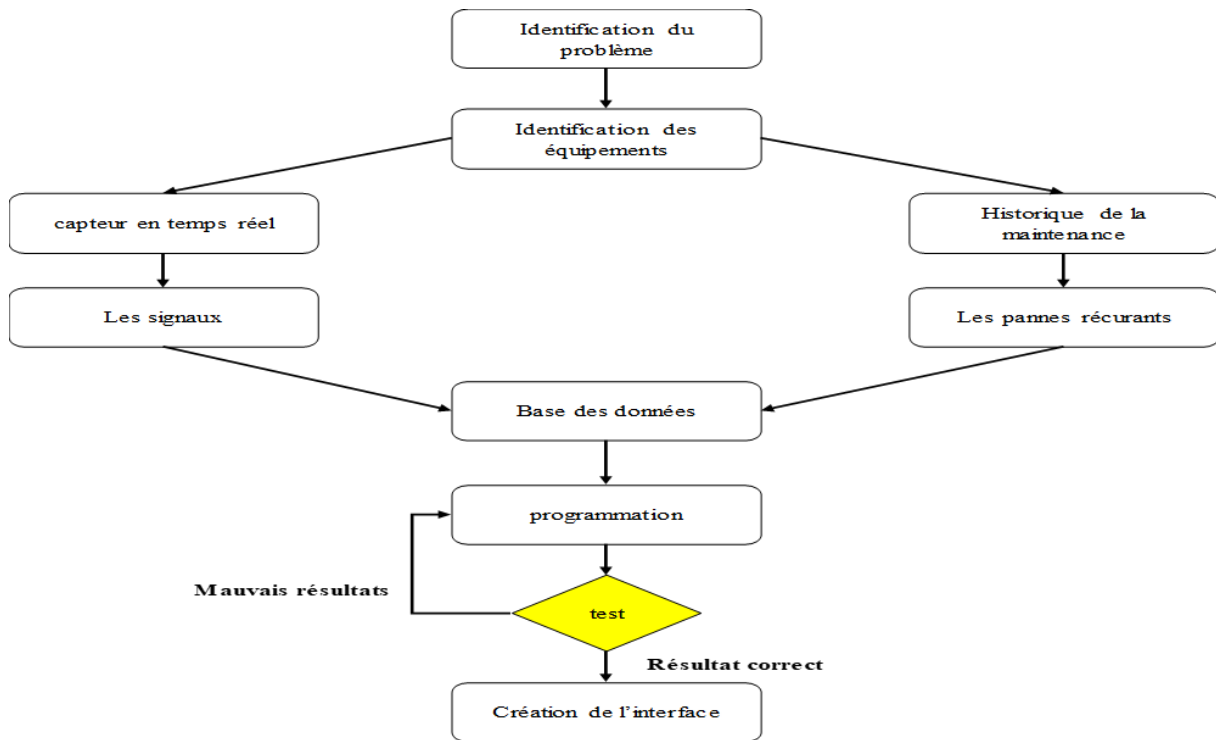


Fig III. 1:Organisme de réalisation

III.3. Les composant

Les composants principaux d'une turbine à gaz comprennent le compresseur, la chambre de combustion, la turbine et le générateur. Le compresseur aspire l'air ambiant et le comprime avant

de le diriger vers la chambre de combustion. La chambre de combustion est l'endroit où le combustible est mélangé à l'air comprimé et brûlé pour produire les gaz chauds. Les gaz chauds passent ensuite à travers la turbine, où ils font tourner les pales du rotor. Enfin, le générateur convertit l'énergie mécanique en électricité.

III.3.1 Capteur de température

Les capteurs de température jouent un rôle crucial dans la maintenance prédictive en mesurant la température ambiante ou celle d'un composant spécifique. Ces données permettent de détecter des anomalies, prévenir les surchauffes ou les pannes potentielles, et optimiser les cycles de maintenance. L'information transmise par les capteurs de température "HP exhaust temp 5.6.7 instruments (1,2,3)" indiquent la température d'échappement haute pression, un paramètre crucial pour les turbines à vapeur. Le nombre 5.6.7 pourrait correspondre à l'identification d'un moteur ou d'une turbine spécifique, et "Instruments (1,2,3)" pourrait indiquer la présence de plusieurs capteurs de température. L'analyse des données de température offre de nombreux avantages pour la maintenance prédictive, tels que la détection précoce des anomalies, la prévention des surchauffes et l'optimisation des cycles de maintenance.

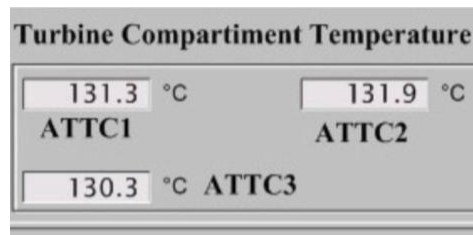


Fig III. 2: Capteurs de température de la turbine

III.3.2 Capteur de gaz

Les capteurs de gaz sont également importants pour la maintenance prédictive, car ils permettent de surveiller la qualité de l'air et la présence de gaz potentiellement dangereux dans un environnement. Ces capteurs peuvent détecter des gaz toxiques, inflammables ou des niveaux anormaux de gaz tels que le monoxyde de carbone. En détectant les variations dans la concentration de gaz, il est possible d'anticiper les problèmes potentiels et de prendre des mesures préventives appropriées.

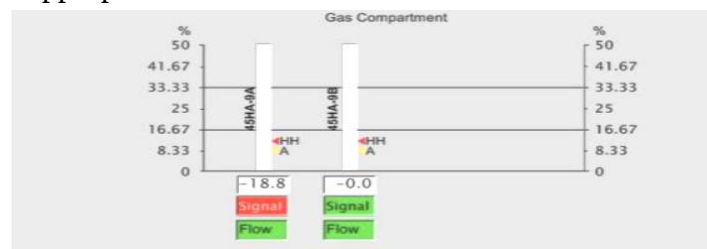


Fig III. 3: comportement de gaz dans la turbine

III.3.3 Générateur de puissance

Le générateur de puissance dispose d'un compteur logique qui mesure la quantité d'énergie électrique produite. Ce compteur enregistre régulièrement la valeur de la puissance, ce qui permet d'obtenir des données précises sur les performances de production.



Fig III. 4: puissance générée

III.4. Outils utiliser

Plusieurs outils nous ont été utiles dans notre démarche de travail, que ce soit en phase d'acquisition, de structuration, de traitement ou de visualisation des données :

Microsoft Excel;

Macros VBA;

Historian;

Power BI;

Toolbox : la logique ;

Proficy.

III.5. Méthodologie de travail

En raison de la similitude objective précédemment mentionnée, qui se concentre sur la rapidité de collecte et la quantité des données ainsi que sur le temps d'analyse, il est plausible de suggérer que l'optimisation de ces deux aspects aura un impact substantiel sur les performances globales de la maintenance prédictive.

En l'absence de travaux traitant spécifiquement de la maintenance 4.0, nous avons dû définir une démarche spécifique à ce projet. La démarche que nous avons suivie est le fruit de notre réflexion et de notre travail.

III.5.1 Approche

Pour ce projet, nous avons utilisé une approche comparative afin de nous aider à développer notre logiciel de maintenance prédictive.

III.5.2 Rapidité

Le logiciel doit être capable de collecter, traiter et analyser les données en temps réel ou avec une latence minimale. Il doit optimiser les performances et les temps de réponse, en utilisant des algorithmes et des techniques efficaces de traitement des données. Une architecture adaptée, comme le traitement distribué ou parallèle, peut être envisagée pour accélérer les opérations.

III.5.3 Qualité

Le logiciel doit garantir l'intégrité, la fiabilité et la précision des données collectées et analysées. Des mécanismes de contrôle de la qualité des données, tels que la détection des erreurs ou des incohérences, doivent être mis en place. Les algorithmes d'analyse doivent être conçus pour fournir des résultats fiables et pertinents, en évitant les biais ou les erreurs systématiques.

III.5.4 Quantité

Le logiciel doit être capable de gérer de grandes quantités de données, tant en termes de volume que de fréquence. Il doit être évolutif pour faire face à une croissance future des données, en utilisant des technologies adaptées comme le stockage distribué ou le cloud. Des techniques de compression ou de résumé des données peuvent être utilisées pour réduire l'espace de stockage nécessaire tout en conservant les informations essentielles.

III.6. Démarche suivie lors de conception :

Détection du problème (identification) : Déterminer le problème spécifique sur lequel nous allons appliquer la maintenance prédictive.

Détection des défaillances potentielles : En analysant les tendances et les signaux précurseurs dans les données collectées, le logiciel peut identifier les équipements présentant des risques de défaillance et nous alerter pour prendre des mesures correctives avant que les problèmes ne s'aggravent.

Détermination des types de données requis : Élaborer une structure de données appropriée en tenant compte des catégories telles que les captures en temps réel, les données des équipements et les données de maintenance historique.

Procédé de collecte de données : Utiliser des serveurs, en particulier des historiens, pour collecter les données. Ce processus peut inclure la saisie manuelle des données ou l'automatisation de leur collecte à partir de sources externes telles que des capteurs ou des bases de données.

III.7. Les paramètres

III.7.1 Détection de gaz

Le détecteur de gaz "gaz compte haz" est un élément crucial pour la sécurité des centrales à cycle combiné. Installé à des points stratégiques, il détecte la présence de gaz dangereux tels que les gaz combustibles, toxiques ou inflammables. En cas de détection, il déclenche une alarme pour avertir les opérateurs et activer des mesures de sécurité immédiates, comme l'arrêt de la turbine à gaz, l'isolation des systèmes de gaz, la ventilation des zones concernées ou l'évacuation du personnel. Ce détecteur joue un rôle essentiel dans la prévention des incendies, des explosions et des intoxications, garantissant ainsi la sécurité du personnel et l'intégrité de la centrale.

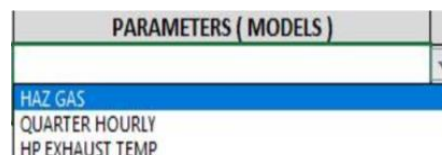


Fig III. 5: Détecteur de gaz de l'interface

III.7.2 HB (exhaustive steam temperature)

Dans un cycle combiné, la "température de la vapeur d'échappement haute pression" joue un rôle crucial pour l'efficacité et la sécurité de l'installation. Elle correspond à la température de la vapeur qui sort de la turbine à vapeur haute pression après avoir produit de l'électricité.

Une surveillance attentive de cette température est essentielle car des variations importantes peuvent signaler des dysfonctionnements, tels que des problèmes de combustion, de transfert de chaleur ou de fuites dans le système de vapeur.

Un système de surveillance dédié mesure et contrôle en continu cette température à l'aide de capteurs stratégiquement placés. En cas de dépassement des seuils prédéfinis, le système

déclenche des actions correctives comme l'ajustement des paramètres de combustion, la modification du débit de vapeur ou le contrôle de l'injection d'eau dans la chaudière.

L'objectif est de maintenir la température dans une plage optimale pour maximiser la production d'électricité, garantir un fonctionnement stable et prévenir les pannes.

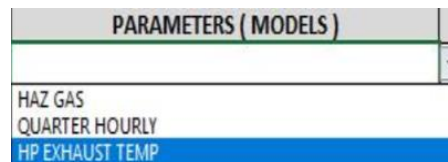


Fig III. 6:Détecteur de température de l'interface

III.7.3 Quarter bourly :

Le paramètre "quart horaire" est un compteur logique qui mesure la production d'une machine ou d'un système sur une base horaire. Il représente la quantité de production réalisée au cours d'une période de 15 minutes, soit un quart d'heure.

Dans le contexte de la maintenance prédictive, le paramètre "quart horaire" peut être utilisé comme une métrique de référence pour détecter des variations ou des anomalies dans la production. Par exemple, si le compteur reste constant pendant une période prolongée ou s'il connaît des fluctuations inhabituelles, cela peut indiquer un problème potentiel ou une défaillance imminente du système.

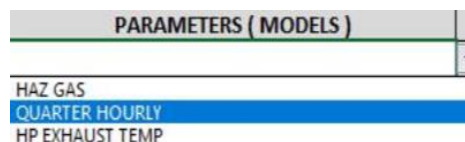


Fig III. 7: Base horaire

III.8. Fonctionnalité de cette interface

L'interface que nous avons contribué présente une fonctionnalité essentielle permettant l'extraction des paramètres en fonction d'une date spécifiée. Cette fonctionnalité donne aux utilisateurs la possibilité d'accéder aux données historiques, d'analyser les informations pertinentes et de générer des rapports détaillés. Grâce à ces analyses, les utilisateurs sont en mesure d'anticiper les problèmes potentiels, d'identifier les tendances et les schémas de comportement.

III.9. L'interface

L'interface que nous avons développée à une fonctionnalité essentielle. Cela implique qu'ils peuvent extraire les paramètres sur une date exacte donnée. Cela aide les utilisateurs à obtenir les données des autres jours précédents, et ils sont en mesure d'analyser les informations sur les jours donnés pour être en mesure de tirer les conclusions de chaque jour à l'autre jour. Cela peut aider, elles peuvent prévoir les problèmes probables, la tendance et certaines habitudes des patients.

Fig III. 8:Interface sur Excel

Fig III. 9:Affichage de date et d'heure

III.9.1 Botton de misa à jour

Permet de mettre à jour les données collectées afin d'obtenir les informations les plus récent.

UPDATE TIME

Fig III. 10:Bouton mise à jour

Type de cycle et unités de production : représente graphiquement les cycles en cours, indiquant les périodes d'arrêt en couleur verte et les périodes de fonctionnement en couleur rouge. La puissance maximale générée par chaque unité de production est également affichée.

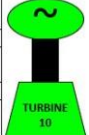
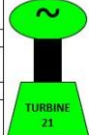
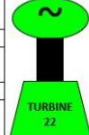
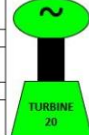
UPDATE QH			OPERATION									
BLOCK01 : STAND-BY					0.00	BLOCK02 : STAND-BY						
UNIT 11 OFF		UNIT 12 OFF		UNIT 10 OFF		UNIT 21 OFF		UNIT 22 OFF		UNIT 20 OFF		
P11 MAX		P11 MAX		P11 MAX		P11 MAX		P11 MAX		P11 MAX		
0.00 MW		0.00 MW		0.00 MW		0.00 MW		0.00 MW		0.00 MW		
TIME OF USE		TIME OF USE		TIME OF USE		TIME OF USE		TIME OF USE		TIME OF USE		
00h00	TURBINE 11	00h00	TURBINE 12	00h00	TURBINE 10	00h00	TURBINE 21	00h00	TURBINE 22	00h00	TURBINE 20	

Fig III. 11:signalisation lumineuse

III.10. Fonctionnalités

Le logiciel propose les fonctionnalités suivantes :

III.11. Vérification des données

Permet de vérifier l'existence des données collectées.

III.12. Récupération des fichiers

Offre la possibilité de récupérer les fichiers de données collectées pour une analyse plus approfondie.

III.12.1 Création de rapport

Permet de générer des rapports synthétisant les informations collectées, facilitant ainsi l'analyse des performances des unités de production et la détection de problèmes potentiels.

FROM		TO	
CHECK FOR DATA	GET MY FILES	REPORT MAKER	
ALARM	DESCRIPTION	DATE AND TIME	

Fig III. 13:Les boutons de fonctionnement



Fig III. 12:bouton de réinitialisation

III.13. Programme avec macros VBA

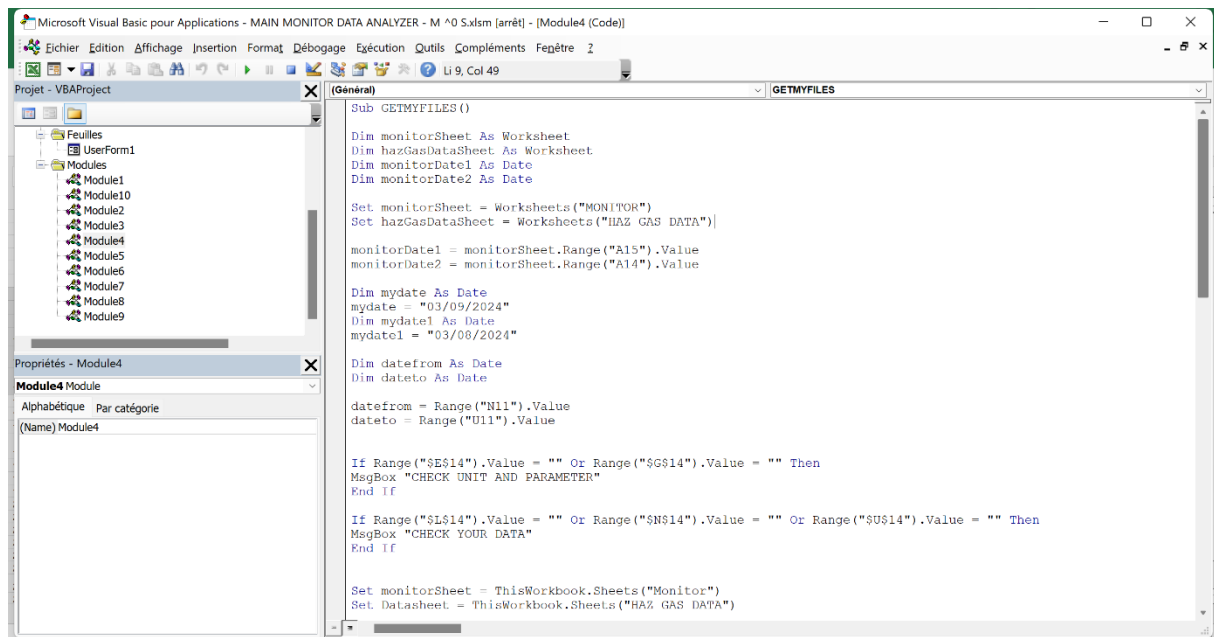


Fig III. 14:Programme utilisé

III.14. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons établi une méthodologie pour encadrer notre travail. Nous avons identifié les critères essentiels pour notre logiciel, ce qui nous a permis de formuler la problématique et de proposer des hypothèses.

Ensuite, nous avons présenté notre approche, qui combine ces trois hypothèses et qui est susceptible d'avoir un impact significatif sur notre logiciel.

Chapitre IV : Résultat obtenu et analyse

IV.1. Introduction

Ce chapitre s'apprête à explorer l'univers des résultats de cette interface, un domaine crucial pour interagir avec les données et les fonctionnalités des applications. Et aussi comprendre les résultats du programme.

IV.2. Sélection de la date et l'heure

L'utilisateur a la possibilité de sélectionner une date spécifique et de préciser l'intervalle de temps souhaité, puis de cliquer sur le bouton "Update Time".

QUARTER HOURLY: 1-30 mars 2024

HP EXHAUST TEMP: 26-29 mars 2024

HAZ GAZ : 8-9 mars 2024

IV.3. Affichage des unités en fonctionnement

Une fois la date et l'heure sélectionnées, le système affiche les unités qui sont actuellement en fonctionnement, en précisant leur puissance maximale.

IV.4. Sélection de paramètre et l'unité

L'utilisateur a la possibilité de choisir le paramètre et l'unité. Après avoir cliqué une deuxième fois sur "Update Time", deux possibilités se présentent : soit l'alarme nous signale un problème (trip), soit tout fonctionne normalement.

ALARM	DESCRIPTION	DATE AND TIME
TRIP	(Gas Compartment(Lelha9a+9b))	03-09-23 23:42:00

Fig IV. 1: Cas d'alarme

Ou rien à signaler Avec la description du signal généré par le paramètre et le temps du problème s'il existe.

Pour passer à l'étape suivante, veuillez cliquer sur le bouton "Vérifier les données". Si aucune

ALARM	DESCRIPTION	DATE AND TIME
RS	NORMAL OPERA WITH H V DETECTED	03-08-23 00:00:00

Fig IV. 2: Cas normale

donnée n'est disponible, un message indiquant "Pas de données" s'affichera.

Si des données sont disponibles, vous devez alors cliquer sur le bouton "Récupérer mes fichiers" pour collecter les données dans un tableau, en fonction du temps (en secondes ou en minutes).

La prochaine étape consistera à créer le rapport en analysant les données collectées dans le tableau. Pour ce faire, veuillez cliquer sur le bouton "Créer le rapport" ou "Report Maker".

IV.5. Cas d'utilisation

Dans cette partie, on va étudier un ensemble des exemples de cas d'utilisation :

IV.5.1 Générateur de pression

Dans cet exemple, nous prendrons en considération les informations suivantes :

Date : 3 mars 2023

Heure : De 12h à 20h

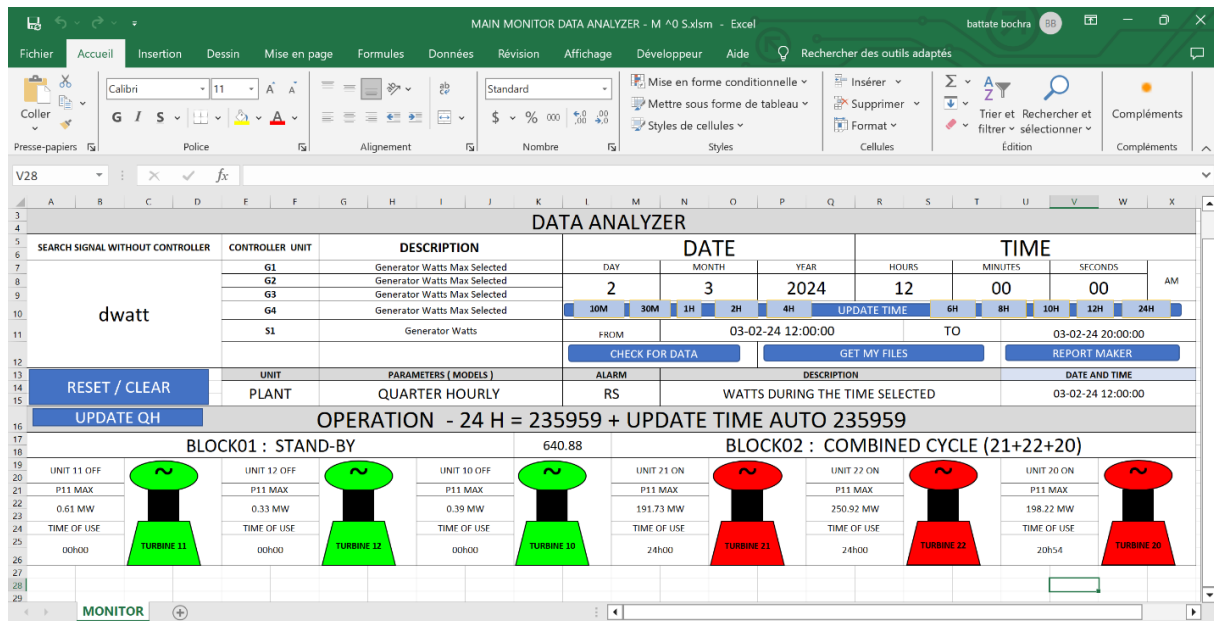


Fig IV. 3: Capture d'interface en temps mentionné

- Résultat :
Block 1 en vert : Fonctionnement normal.
Block 2 en rouge : arrêté par la centrale (pas besoin de production).
- Tableau des données

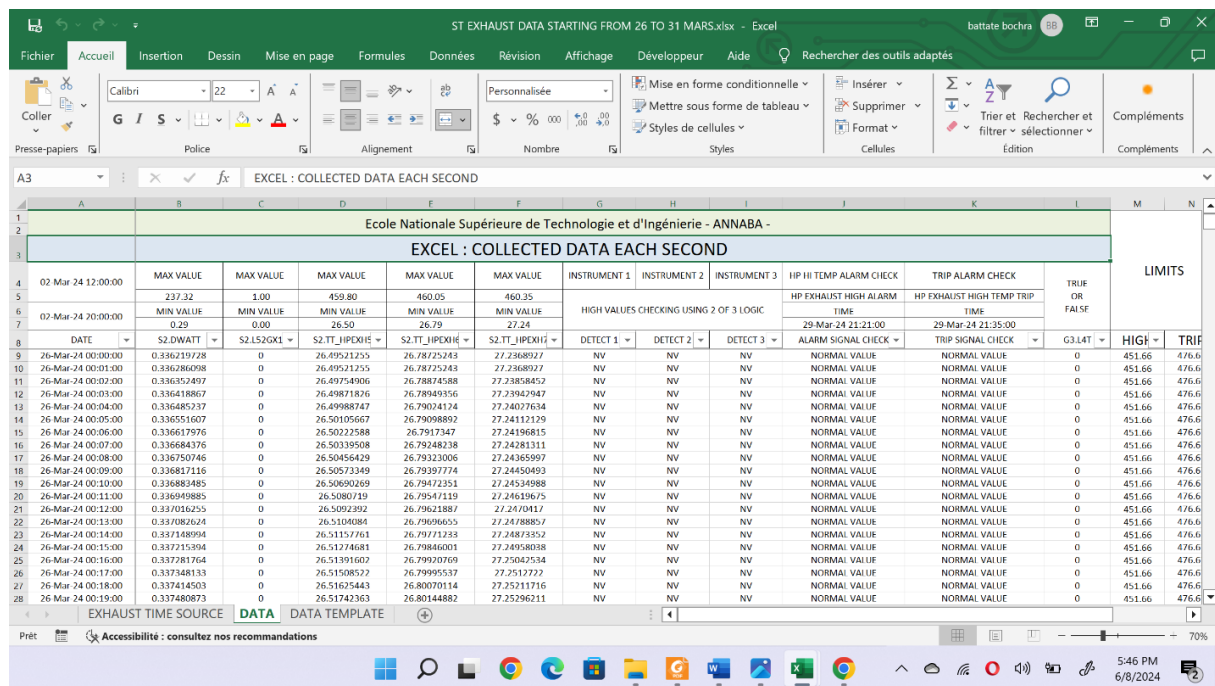


Fig IV. 6:Tableau des résultats chaque 1 min

Haz gaz

Dans cet exemple, nous prendrons en considération les informations suivantes :

Date : 9 mars 2023

Heure : De 20h à minuit

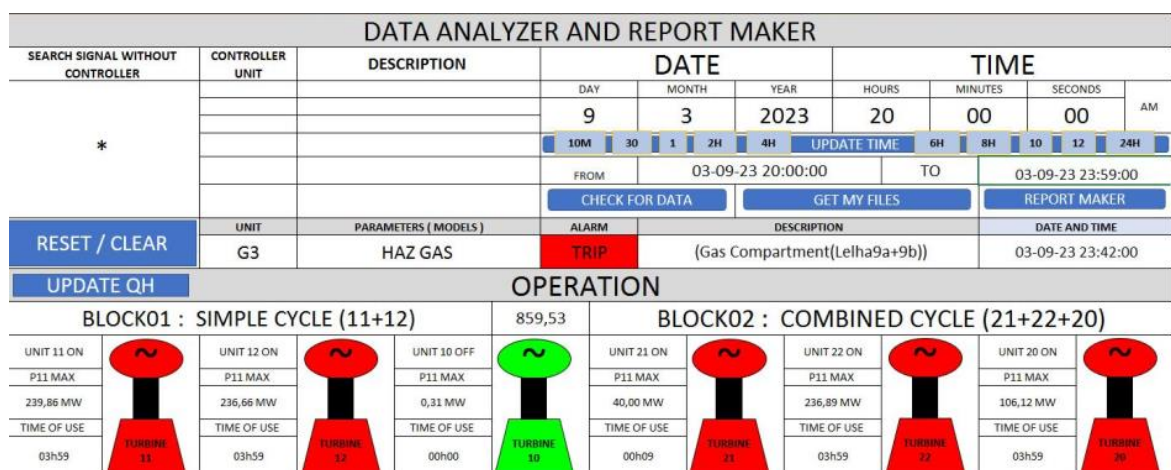


Fig IV. 7:Capture d'interface en temps mentionné

- Tableau des données
- Résultat

On remarque que dans ce cas les deux blocks ne fonctionnent pas. Donc l'interface nous donne ce graphe (voir figure 9) :

EXCEL : COLLECTED DATA EACH SECOND						
09-mars-23 20:00:00	MAX VALUE	MAX VALUE	MAX VALUE	GT-21-HAZ GAS Trip (Gas Compartment(Lelha9a+9b))	TRUE OR FALSE	LIMITS
	46,00	106,49	106,50			
09-mars-23 23:59:00	MIN VALUE	MIN VALUE	MIN VALUE	09-mars-23 23:42:03		
	-10,01	-0,95	-6,26			
DATE	G3.DWATT	G3.lelha9a	G3.lelha9b	TRIP Check	T/F	HIGH TRIP
09-mars-23 20:00:00	1,198608398	-0,440894246	0,023012776	RS	0	7 11
09-mars-23 20:00:01	1,198610306	-0,440932512	0,023010883	RS	0	7 11
09-mars-23 20:00:02	1,198612094	-0,440970778	0,023008991	RS	0	7 11
09-mars-23 20:00:03	1,198614001	-0,441009045	0,023007099	RS	0	7 11
09-mars-23 20:00:04	1,198615909	-0,441047311	0,023005206	RS	0	7 11
09-mars-23 20:00:05	1,198617697	-0,441085577	0,023003314	RS	0	7 11
09-mars-23 20:00:06	1,198619604	-0,441123843	0,023001421	RS	0	7 11
09-mars-23 20:00:07	1,198621511	-0,441162109	0,022999529	RS	0	7 11
09-mars-23 20:00:08	1,198623419	-0,441200376	0,022997636	RS	0	7 11
09-mars-23 20:00:09	1,198625207	-0,441238642	0,022995744	RS	0	7 11
09-mars-23 20:00:10	1,198627114	-0,441276908	0,022993851	RS	0	7 11
09-mars-23 20:00:11	1,198629022	-0,441315174	0,022991959	RS	0	7 11
09-mars-23 20:00:12	1,19863081	-0,44135344	0,022990067	RS	0	7 11
09-mars-23 20:00:13	1,198632717	-0,441391706	0,022988174	RS	0	7 11
09-mars-23 20:00:14	1,198634624	-0,441429973	0,022986282	RS	0	7 11
09-mars-23 20:00:15	1,198636532	-0,441468239	0,022984389	RS	0	7 11
09-mars-23 20:00:16	1,19863832	-0,441506505	0,022982497	RS	0	7 11
09-mars-23 20:00:17	1,198640227	-0,441544801	0,022980604	RS	0	7 11

Fig IV. 8:Tableau des résultats chaque 1 min

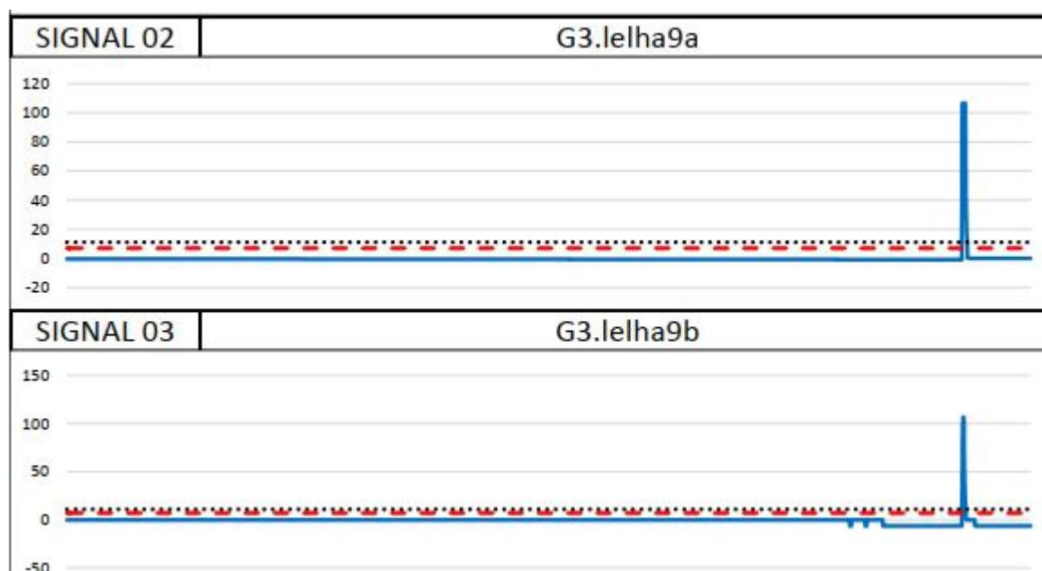


Fig IV. 9:Schéma d'analyse des données

La ligne bleue représente le comportement normal du signal à un moment donné, tandis que la ligne rouge en pointillés correspond à sa prédiction. Enfin, la ligne pointillée noire indique l'alarme.

Explication :

- La ligne bleue montre l'état actuel du signal dans des conditions normales à un instant précis. Sa prédiction est représentée par la ligne rouge en pointillés, anticipant le comportement futur de la ligne bleue.

- Si la ligne rouge se rapproche de la ligne noire, qui indique l'alarme, cela peut signaler une possibilité de panne imminente.
- Lorsque la ligne bleue dépasse la ligne d'alarme, cela signifie qu'une panne s'est produite.

IV.6. Vers une maintenance prédictive efficace

La maintenance prédictive repose sur l'utilisation de données en temps réel pour anticiper les problèmes potentiels et prendre des mesures préventives. Les deux premières étapes cruciales de ce processus sont la collecte et l'analyse des données. Pour être efficace, il est essentiel de minimiser le temps nécessaire à ces étapes, et c'est là que notre logiciel intervient en automatisant et accélérant l'accès à ces données.

Notre logiciel de collecte et d'analyse de données permet aux utilisateurs de sélectionner facilement une date, une heure et un intervalle spécifique, réduisant considérablement le temps nécessaire pour obtenir des données pertinentes. En affichant les unités en fonctionnement et en signalant les problèmes détectés, il permet également une identification rapide des équipements sujets à des défaillances potentielles.

De plus, notre logiciel facilite la collecte et la structuration des données en les organisant dans un tableau selon le temps. Cette fonctionnalité automatise le processus de récupération des données, réduisant ainsi le temps et les efforts nécessaires pour obtenir des informations exploitables.

En automatisant ces étapes, notre logiciel améliore considérablement l'efficacité de la maintenance prédictive. Les utilisateurs peuvent rapidement accéder aux données en temps réel, les analyser et générer des rapports pertinents pour prendre des décisions informées et mettre en œuvre des stratégies de maintenance préventive efficaces.

Avec notre logiciel, la maintenance prédictive devient plus accessible, plus rapide et plus efficace, améliorant ainsi la disponibilité et la fiabilité des équipements.

IV.7. Conclusion

En conclusion, l'interface que nous avons développée pour la collecte et l'analyse de données dans le cadre de la maintenance prédictive des turbines à vapeur et à gaz représente une avancée significative dans la gestion des équipements industriels. Grâce à cette solution, nous maximisons l'efficacité opérationnelle, réduisons les temps d'arrêt imprévus et optimisons les performances des turbines. En identifiant les capteurs appropriés et en intégrant les paramètres pertinents, notre logiciel adopte une approche proactive pour la maintenance, en détectant les défaillances potentielles avant qu'elles ne surviennent.

Dotée d'une interface conviviale et de fonctionnalités avancées, notre solution permet aux utilisateurs de collecter, analyser et interpréter facilement les données. Cela leur permet de

prendre des décisions éclairées en matière de maintenance et de planifier efficacement les opérations.

La maintenance prédictive, soutenue par notre logiciel, marque un changement de paradigme important par rapport à la maintenance corrective traditionnelle. Elle permet aux entreprises d'économiser du temps, des ressources et de minimiser les coûts associés aux pannes et aux réparations d'urgence. En optimisant les performances des équipements, notre interface contribue également à améliorer la productivité globale de l'entreprise

Conclusion générale

Le travail présenté dans ce mémoire porte principalement sur la conception d'une interface de collecte et d'analyse de données pour la maintenance prédictive.

Nous avons débuté en définissant les notions de base et les définitions concernant les concepts de la maintenance, en mettant particulièrement l'accent sur la maintenance 4.0 dans le contexte d'une usine du futur. Par la suite, nous avons identifié les critères essentiels pour une maintenance prédictive efficace, ce qui nous a permis d'accélérer la collecte et l'analyse des données grâce à notre interface.

Le mémoire est structuré en quatre parties. La première partie décrit la centrale où nous avons effectué notre stage, ainsi que la méthodologie employée pour aborder notre problématique.

La deuxième partie traite des articles et de la recherche bibliographique, en se concentrant sur la maintenance 4.0 dans le cadre de l'industrie du futur.

La troisième partie présente nos hypothèses, notre approche et le processus suivi pour clarifier les étapes du projet. Nous détaillons également les outils utilisés ainsi que les spécificités des données impliquées dans notre travail.

La quatrième partie se concentre sur la conception de notre interface. Nous entrons dans la phase cruciale du développement de notre système de collecte et d'analyse de données pour la maintenance prédictive. Cette étape nous permet de transformer notre concept en un système fonctionnel et efficace, en détaillant les décisions et étapes prises pour concevoir et implémenter les fonctionnalités nécessaires à l'atteinte de nos objectifs.

Notre objectif principal était de développer une interface capable de collecter instantanément les données des capteurs installés dans les machines, puis de les analyser en profondeur pour détecter précocement les signes de défaillance potentielle. Cela souligne l'importance de la collecte de données en temps réel, de la disponibilité d'une quantité adéquate de données et de la minimisation du temps d'analyse pour améliorer l'efficacité, la précision et la pertinence de la maintenance prédictive dans des délais courts.

Les résultats de ce projet de master ouvrent de nouvelles perspectives et enrichissent la vision globale de notre travail. Il est crucial de déployer cette solution de manière appropriée au sein des entreprises. Ensuite, il serait bénéfique d'étendre la solution sur une période plus longue, par exemple sur 6 mois ou 1 an, en incluant d'autres paramètres comme le pH ou la fréquence, pour enrichir l'analyse des données. En conclusion, ce projet nous a permis de repousser nos limites tant sur le plan technique que grâce à l'expérience exceptionnelle acquise lors du stage. Ces éléments contribuent à clore ce mémoire de manière satisfaisante.

Référence bibliographique

- [1] Documentation de La centrale Cycle Combiné de Nâama-touifza (Des photos ont été prises).
- [2] B. Iung, E. Levrat, C. Marquez, A. Erbe. Conceptual framework for e-maintenance : Illustration by e-maintenance technologies and platform, Annual Review in Control, vol.33, issue.2, pp.220-229, 2009.
- [3] S. CH. Gamoura. Big Dada principales et fondamentaux, maintenance prédictive : la donnée au service de l'industrie, 11 Avril 2017.
- [4] M. Pech, J. Vrchota, J. Bednár (2021). Predictive maintenance and intelligent sensors in smart factory: Review. Sensors, 21(4), 1470. DOI : 10.3390/s21041470.
- [5] A. Uçar, M. Karaköse, Kırımça, N. (2024). Artificial intelligence for predictive maintenance applications : Key components, trustworthiness, and futures trends. Applied Sciences, 14(2), 432.
- [6] F. Makoto. (2004). Développement de l'interface de détection et de la technologie d'analyse pour la maintenance préventive. Journal/Magazine. vol.3, issue.2, pp.30-229, 2009.
- [7] Electrical Power Equipment Maintenance and Testing by Paul gill 2008. The ISBN-13 : 978-1574446562.
- [8] J. Lee, J. Kim. Enhancing User Experience Through Microinteractions in Mobile Interfaces Archives of Design Research 2024. 02. Vol 37. No 1
- [9] D. Bowman, R. P. McMahan (2004). Virtual reality interfaces : A review of interactions techniques. ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI), 10(4), 347-386. DOI : 10.1145/1029033.1029037.
- [10] D. A. Norman, (2001). The power of mental model : How users develop expectations for interface design. Interactions, 8(6), 36-42. DOI : 10.1145/388825.388846.