

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DÉPARTEMENT : ELECTRONIQUE

Projet de Fin d'Études

En vue de l'obtention du diplôme de Master 2

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Electronique

Spécialité : Electronique des Systèmes Embarqués

Thème

**Commande et supervision de la station de
production d'hydrogène de la centrale thermique de
Cap-Djinet.**

Présenté par :

Mr. Friha Anis

Encadre par :

Promoteur : Mme D. Amazit

Co- Promoteur: Mr. Bouaffed Said (invité)

Devant le jury composé de :

Président : Mr. LAHDIR Mourad

professeur

UMMTO

Examineur : Mme. D.FEKRACHE

M.C.B

UMMTO

Année Universitaire : 2024/2025

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Je remercie tout particulièrement ma promotrice de mémoire, Madame AMAZIT, pour son encadrement et ses précieux conseils. Mes sincères remerciements vont également à mon Co-encadreur, Monsieur BOUAFED SAID, ainsi qu'à toute l'équipe de la station pour leur soutien et leur collaboration. Merci également à l'équipe pédagogique de l'université pour leur enseignement et leur accompagnement.

Je remercie également tous les membres de jury qui nous ont honoré par leur présence et qui ont évalué notre travail.

Je suis reconnaissant envers mes collègues et amis, pour leurs encouragements et leur aide. Un grand merci à ma famille, spécialement mes parents, pour leur soutien inconditionnel et leurs encouragements constants.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à ce projet. Votre aide et votre bienveillance ont été d'une grande valeur.

Avec toute ma gratitude.

Dédicaces

Je remercie d'abord Dieu qui m'a donné la vie, un esprit clair, et la force pour faire ce travail.

Je dédie ce travail à :

Mes chers parents, pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements.

À ma sœur et mon frère, pour leur soutien et leur présence.

À mes amis, pour leur soutien constant et leur amitié précieuse.

À Madame AMAZIT, mon encadreur, pour ses conseils et son accompagnement, et à

mon Co-encadreur, Monsieur BOUAFFED SAID.

Et à tous ceux qui m'ont aidé à réaliser ce modeste travail.

Merci beaucoup.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

CHAPITRE I Présentation de la Centrale Thermique de Cap Djinet

I.1	Introduction	3
I.2	Présentation de la centrale	3
I.2.1	Situation géographique de la centrale	3
I.2.2	Historique	4
I.3	Constitution de la centrale	4
I.3.1	Générateur de vapeur (chaudière).....	5
I.3.1.1	L'économiseur	6
I.3.1.2	Le ballon chaudière	7
I.3.1.3	Les colonnes de descente et des tubes écrans.....	7
I.3.1.4	Les surchauffeurs	7
I.3.1.5	Les désurchauffeurs	7
I.3.1.6	Les brûleurs.....	7
I.3.1.7	Chambre de combustion.....	7
I.3.1.8	Ventilateurs de soufflage.....	8
I.3.1.9	Ventilateurs de recyclage	8
I.3.2	La Turbine	8
I.3.3	L'alternateur	9
I.3.4	Le transformateur	10
I.3.5	Le poste d'eau	11
I.3.5.1	Condenseur	11
I.3.5.2	Bâche alimentaire.....	11
I.3.5.3	Les pompes	11
I.3.5.4	Les réchauffeurs bas-pression (BP).....	12
I.3.5.5	Les réchauffeurs haut-pression (HP)	12
I.3.6	Autres équipements secondaires.....	12
I.3.6.1	La station de filtration et de pompage de l'eau de mer.....	12
I.3.6.2	L'unité d'électro-chloration	12
I.3.6.3	La station de dessalement.....	12
I.3.6.4	La station de production d'hydrogène.....	12
I.3.6.5	Le poste de détente gaz	12

I.3.6.6	Le poste de stockage du fuel	13
I.3.7	Système de surveillance d'alarme et d'analyse.....	13
I.3.7.1	Salle de commande centralisée.....	13
I.4	Principe de fonctionnement de la centrale thermique.....	14
I.5	Conclusion.....	14

CHAPITRE II Etude de la station de production de l'Hydrogène

II.1	Introduction	15
II.2	L'hydrogène	15
II.2.1	Définition.....	15
II.2.2	Son rôle dans la station.....	15
II.2.3	Particularités de l'hydrogène.....	15
II.3	Description du système	16
II.3.1	Transformateur et redresseur	16
II.3.1.1	Définition	16
II.3.1.2	Description de l'installation.....	16
II.3.2	Système de lessive.....	16
II.3.3	L'électrolyseur.....	17
II.3.3.1	Rôle.....	17
II.3.3.2	Description	17
II.3.3.3	Structure et composants	17
II.3.3.4	Fonctionnement et sécurité.....	18
II.3.4	Séparateurs	18
II.3.4.1	Rôle.....	18
II.3.4.2	Description.....	18
II.3.5	Laveur H ₂	19
II.3.4.3	Rôle.....	19
II.3.4.4	Description	20
II.3.5	Gazomètre (réservoir à gaz d'hydrogène).....	21
II.3.5.1	Rôle.....	21
II.3.5.2	Description.....	21
II.3.6	Compresseur.....	22
II.3.6.1	Rôle.....	22
II.3.6.2	Description.....	22
II.3.7	Sécheur.....	23
II.3.7.1	Rôle.....	23
II.3.7.2	Description.....	23
II.3.8	Rampe de remplissage de cadre d'hydrogène.....	24

II.3.8.1	Rôle	24
II.3.8.2	Description	24
II.3.9	Autre équipement du système	25
II.3.9.1	Le transmetteur de conductivité thermique Paramétriques	25
II.3.9.2	Analyseur d'humidité Paramétriques	26
II.3.9.3	Détecteur d'hydrogène dans l'air	26
II.3.9.4	Détecteur de fumée dans l'air	27
II.4	La commande de la station [4]	28
II.4.1	Définition d'un API (automate programmable industriel).....	28
II.4.1.1	Composants et Fonctionnement de l'API Mitsubishi MELSEC	28
II.4.1.2	Communication et échange d'informations :	32
II.5	Les problèmes de la station et solutions proposées	33
II.6	Conclusion.....	33

CHAPITRE III Conception et réalisation de la PLC, l'IHM

III.1	Introduction	34
III.2	Spécifications de la Carte Électronique (PLC).....	34
III.2.1	Caractéristiques principales d'une carte PLC :.....	34
III.3	Les composants de la carte Plc FR 2025 V01	35
III.3.1	Microcontrôleur.....	35
III.3.1.1	Choix du microcontrôleur :	35
III.3.1.2	Caractéristiques de l ATmega 1284P.....	36
III.3.1.3	Support Microcontrôleur.....	37
III.3.2	Transistor BC547	37
III.3.3	Module ENC28J60.....	38
III.3.4	DHT11	39
III.3.5	Convertisseur USB-TTL (TTL XBee).....	39
III.3.6	Afficheur GLCD	40
III.3.7	Relais	40
III.3.8	LED.....	41
III.3.9	Barrette Male/Femelle Male/Male	41
III.3.10	Quartz.....	42
III.3.11	Condensateur céramique 22pF	42
III.3.12	Condensateur céramique 100nF	42
III.3.13	Condensateur 100uF/25V	43
III.3.14	Buzzer	43
III.3.15	Résistance 10K, 5.1K, 1K,330R	44
III.3.16	Bornier 4T	44

III.3.17	Bornier 3T	44
III.3.18	Bouton Poussoir	45
III.3.19	Régulateur lm7805	45
III.4	Schéma électronique.....	46
III.4.1	Logiciels Utilisés pour la Conception :	46
III.4.2	Présentation du Schéma de la Carte :	47
III.4.3	REALISATION PRATIQUE.....	50
III.4.4	La nomenclature	52
III.5	Programmation de la PLC FR 2025 V01	53
III.5.1	Étapes de Programmation de la carte.....	53
III.6	Spécifications de l'interface Homme-Machine (IHM).....	54
III.6.1	Définition	54
III.6.2	Choix de l'IHM	55
III.6.3	Caractéristique de l'IHM samkoon.....	56
III.6.4	Logiciel SKTOOL 7.1	57
III.6.4.1	Parties Essentielles de SKTOOL 7.1.....	57
III.6.4.2	Configuration pour l'IHM SAMKOON SK-070QS.....	60
III.6.5	Communication entre l'IHM et le PLC via Ethernet	61
III.6.5.1	Configuration matérielle	61
III.6.5.2	Configuration logicielle	61
III.6.5.3	Communication et Envoi de Données de la PLC vers l'IHM	62
III.6.6	Injection du programme de l'IHM via USB Type-C.....	62
III.6.7	Présentation des différentes interfaces de l'IHM SAMKOON	62
III.6.7.1	Interface 1 : Redresseur	63
III.6.7.2	Interface 2 : Électrolyseur	65
III.6.7.3	Interface 3 : Laveur H2	66
III.6.7.4	Interface 4 : Gazomètre	68
III.6.7.5	Interface 5 : Compresseur	69
III.6.7.6	Interface 6 : Sécheur H2.....	70
III.6.7.7	Interface 7 : Cadre H2	71
III.6.7.8	Interface 8 : Alarmes	72
III.6.7.9	Interface 9 : Tableau des Variables	73
III.6.7.10	Interface 10 : Fenêtre à Exploiter	74
III.7	Intégration de la PLC FR 2025 V01 avec l'Interface Homme- Machine (IHM).....	74
III.8	Organigramme du fonctionnement de la PLC FR 2025 avec L'IHM	76
III.9	Conclusion.....	77

CHAPITRE IV Simulation et Résultats

IV.1	Introduction	78
IV.2	Contrôle de la commande de la Station de Production d'Hydrogène	78
IV.2.1	Connexion, synchronisation et transmission de données	78
IV.2.1.1	Connexion et Synchronisation	78
IV.2.1.2	Transmission des Données	78
IV.2.2	Scan.....	83
IV.2.2.1	Vérification des alarmes	83
IV.2.2.2	Interface Utilisateur	83
IV.2.3	Instruction pour démarrage de production	83
IV.2.3.1	Instruction du démarrage du système	83
IV.2.3.2	Réglage du Courant	84
IV.2.4	Action.....	84
IV.2.4.1	Démarrage du Système.....	84
IV.2.4.2	Montée en Puissance	84
IV.2.4.3	Surveillance Continue	84
IV.2.4.4	Atteinte de la Capacité Maximale.....	89
IV.2.4.5	Production en Régime Permanent	89
IV.3	Simulation des Alarmes et Défauts pour la Station de Production d'Hydrogène	89
IV.3.1	Alarmes et Défauts.....	92
IV.4	Conclusion.....	96
Conclusion générale		
	Conclusion générale	967

Liste des figures de chapitre 1 :

Figure I. 1: Centrale de Cap Djenet : image satellitaire. [1]	3
Figure I. 2: Schéma d'une tranche thermique	5
Figure I. 3: Les Chaudières de la centrale de Cap-Djinet.	6
Figure I. 4: Images de 2 corps de la turbine à vapeur [1].....	9
Figure I. 5: L'alternateur de la centrale.....	10
Figure I. 6: Transformateur	10
Figure I. 7: Bâche alimentaire	11
Figure I. 8: Salle de commande de CAP-DJENET	13

Liste des figures chapitre 2 :

Figure II. 1: réservoir a lessive	17
Figure II. 2: électrolyseur + séparateurs	19
Figure II. 3: Laveur H2	20
Figure II. 4: Gazomètre.....	22
Figure II. 5: Compresseur d'hydrogène.....	23
Figure II. 6: Sécheur	24
Figure II. 7: cadre d'hydrogène	25
Figure II. 8: Transmetteur de conductivité thermique Paramétriques	26
Figure II. 9: Détecteur d'hydrogène dans l'air	27
Figure II. 10: Détecteur de fumée dans l'air.....	27
Figure II. 11: MITSUBISHI Alimentation A1S62PN.....	29
Figure II. 12: MITSUBISHI CPU A1SHCPU.....	29
Figure II. 13: MITSUBISHI Modules d'Entrées Numériques : A1SX81	30
Figure II. 14: MITSUBISHI Modules De sortie Numériques : A1SY81	30
Figure II. 15: MITSUBISHI Modules d'entrées Analogique : A1S68AD	31
Figure II. 16: MITSUBISHI Modules de Sortie Analogique : A1S68DAV.....	31
Figure II. 17: IHM MITSUBISHI E900	32

Liste des figures de chapitre 3 :

Figure III. 1: ATmega1284P	37
Figure III. 2: Support Microcontrôleur	37
Figure III. 3: Transistor BC547	38
Figure III. 4: Module ENC28J60	38
Figure III. 5: DHT11	39
Figure III. 6: Convertisseur USB-TTL (TTL XBee)	39
Figure III. 7: Afficheur GLCD 128x64 st7920	40
Figure III. 8: Relais	40
Figure III. 9: LED	41
Figure III. 10: Barrette Male/Female Male/Male	41
Figure III. 11: Quartz	42
Figure III. 12: Condensateur céramique 22Pf	42
Figure III. 13: Condensateur céramique 100nF	43
Figure III. 14: Condensateur céramique 100nF	43

Figure III. 15: Buzzer	43
Figure III. 16: Résistance	44
Figure III. 17: Bornier 4T	44
Figure III. 18: Bornier 3T	44
Figure III. 19: Bouton Poussoir	45
Figure III. 20: régulateur lm7805	45
Figure III. 21: Logo de logiciel EAGLE	46
Figure III. 22: Schéma du montage de la PLC FR 2025 V 01.....	47
Figure III. 23: Routage de la carte de la PLC FR 2025 V 01	48
Figure III. 24: Typon de la carte PLC FR 2025 V 01.....	49
Figure III. 25: face avant de la carte.....	50
Figure III. 26: face de soudure de la carte	51
Figure III. 27: Carte Plc fr 2025 VO1 après le soudage des composants.....	51
Figure III. 28: Logo de logiciel Arduino IDE	53
Figure III. 29: Configuration de l'IDE pour ATmega 1284P	54
Figure III. 30: IHM SAMKOON SK070QS	55
Figure III. 31: Logiciel SKTOOL 7.1	57
Figure III. 32: Partie design de SKTOOL	58
Figure III. 33: Galerie et ressources de logiciel SKTOOL	58
Figure III. 34: La partie script sur le logiciel SKTOOL.....	59
Figure III. 35: Setting table de logiciel SKTOOL	60
Figure III. 36: Setting table de logiciel SKTOOL	60
Figure III. 37: paramétrage logiciel	60
Figure III. 38: un câble Ethernet RJ 45 croisé.....	61
Figure III. 39: Trame de donnée envoyées de la PLC vers l'IHM.....	62
Figure III. 40: Interface 1	63
Figure III. 41: Configuration de l'heure et date	65
Figure III. 42: Interface 2	65
Figure III. 43: Interface 3	66
Figure III. 44: Interface 4	68
Figure III. 45: Interface 5.....	69
Figure III. 46: Interface 6	70
Figure III. 47: Interface 7.....	71
Figure III. 48: Interface 8.....	72

Figure III. 49: affichages des alarmes et defaults dans l'interfaces 8	73
Figure III. 50: Interfaces 9	73
Figure III. 51: Interface 10	74
Figure III. 52: Schéma de branchement de la Plc FR 2025 V01 avec l'Ihm	75
Figure III. 53: Réalisation	75
Figure III. 54: Organigramme du fonctionnement	76

Liste des figures de chapitre 4 :

Figure IV. 1: Interface 1 avant le démarrage	79
Figure IV. 2: Interface 2 avant le démarrage	80
Figure IV. 3: Interface 3 avant le démarrage	80
Figure IV. 4: Interface 4 avant le démarrage	81
Figure IV. 5: Interface 5 avant le démarrage	81
Figure IV. 6: Interface 6 avant le démarrage	82
Figure IV. 7: Interface 7 avant le démarrage	82
Figure IV. 8: Interface 8 avant le démarrage	83
Figure IV. 9: Interface 1 après démarrage	85
Figure IV. 10: Interface 2 après démarrage	85
Figure IV. 11: Interface 3 après démarrage	86
Figure IV. 12: Interface 4 après démarrage	86
Figure IV. 13: Interface 5 après démarrage	87
Figure IV. 14: Interface 6 après démarrage	87
Figure IV. 15: Interface 7 après démarrage.....	88
Figure IV. 16: Interface 8 après démarrage	88
Figure IV. 17: Interface 1 en Régime Permanent	89
Figure IV. 18: Affichage d'un default (alarme d'urgence)	90
Figure IV. 19: Interface 1 après le déclenchement de l'alarme d'urgence	91
Figure IV. 20: Interface 9 affichant une alarme de service.....	91

Liste des Tableaux :

Tableau II. 1: Caractéristiques des capteurs de niveaux et de températures	19
Tableau II. 2: Caractéristiques des capteurs de niveaux du laveur.....	21
Tableau III. 1: caractéristiques de l'ATmega1284P	37
Tableau III. 2: La nomenclature	52
Tableau III. 3: Caractéristiques de l'ihm samkoon	56
Tableau III. 4: Guide des Composants de l'interface 1 de l'ihm.....	64
Tableau III. 5: Guide des Composants de l'interface 2 de l'ihm.....	66
Tableau III. 6: Guide des Composants de l'interface 3 de l'IHM	67
Tableau III. 7: Guide des Composants de l'interface 4 de l'IHM	68
Tableau III. 8: Le Guide des Composants de l'interface 5 de l'IHM.....	69
Tableau III. 9: Guide des Composants de l'interface 6 de l'IHM	70
Tableau III. 10: Guide des Composants de l'interface 7 de l'ihm.....	71
Tableau IV. 1: Tableau de Simulation des Alarmes et Défauts de la Station d'Hydrogène....	95

Résumé

Ce mémoire traite de la modernisation des systèmes de contrôle de la station de production d'hydrogène de la centrale thermique de Cap Djinet. Il analyse les principales défaillances de l'automate programmable industriel (API) et de l'interface homme-machine (IHM) existantes, puis propose une solution basée sur l'intégration d'un nouvel automate programmable (PLC) et d'une IHM plus moderne. Les différents chapitres présentent la centrale thermique, la station d'hydrogène, la conception et la réalisation du PLC et de l'IHM, ainsi que le fonctionnement de la solution mise en place.

Mots-clés : Centrale thermique, Cap Djinet, , automate programmable (PLC), interface homme-machine (IHM).

Abstract

This thesis deals with the modernization of the control systems of the hydrogen production station at the Cap Djinet thermal power plant. It analyzes the main failures of the existing industrial programmable logic controller (PLC) and human-machine interface (HMI), then proposes a solution based on the integration of a new programmable logic controller (PLC) and a more modern HMI. The different chapters present the thermal power plant, the hydrogen station, the design and implementation of the PLC and HMI, as well as the operation of the implemented solution.

Key words: Thermal power plant, Cap Djinet, Programmable Logic Controller (PLC), Human-Machine Interface (HMI),

ملخص

يتناول هذا البحث تحديث أنظمة التحكم في محطة إنتاج الهيدروجين في محطة الطاقة الحرارية في كاب جنات. يحلل العيوب الرئيسية للألة القابلة للبرمجة الصناعية (API) وواجهة الإنسان-الألة (IHM) الحالية، ثم يقترح حلاً يعتمد على دمج آلة قابلة للبرمجة جديدة (PLC) وواجهة إنسان-آلة أكثر حداثة. تقدم الفصول المختلفة المحطة الحرارية، محطة الهيدروجين، تصميم وتنفيذ وحدة التحكم القابلة للبرمجة (PLC) وواجهة الإنسان والألة (IHM)، وكذلك تشغيل الحل الذي تم تنفيذه.

الكلمات المفتاحية : محطة الطاقة الحرارية، كاب دجينييت، تحديث، وحدة تحكم منطقية قابلة للبرمجة (PLC)، واجهة إنسان-آلة (HMI).

INTRODUCTION

GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Gérer la production d'énergie de façon efficace est très important pour répondre à une demande qui augmente sans trop de coupures ni de dépenses. La centrale thermique de Cap Djinet, qui est un acteur important dans cette production.

Après une étude complète de la station de production d'hydrogène à la centrale thermique de Cap Djinet, plusieurs problèmes importants ont été découverts. L'automate programmable industriel (API) rencontre souvent des erreurs et il faut remettre son programme à chaque fois qu'il y a une coupure de courant. En plus, le dépannage de cet automate coûte cher et il est difficile à trouver en Algérie. L'écran de contrôle (IHM) qu'ils utilisent est aussi vieux et ne répond plus aux besoins modernes, car il ne fonctionne qu'avec des boutons mécaniques. Ces difficultés rendent plus compliqué le bon fonctionnement de la station d'hydrogène, qui est pourtant essentielle au refroidissement des équipements de la centrale.

Pour régler ces problèmes, nous avons décidé de créer et d'installer une nouvelle carte (PLC) faite sur mesure, avec une interface homme-machine (IHM) moderne et programmable. Cette solution est à la fois économique et performante, elle permettra d'améliorer le fonctionnement général de la station de production d'hydrogène.

Pour élaborer notre projet, nous avons structuré notre mémoire en quatre chapitres.

Le premier chapitre présente une vue d'ensemble de la centrale thermique de Cap Djinet où s'est déroulé notre stage pratique. Située près de la ville de Cap Djinet à l'est d'Alger, dans la wilaya de Boumerdès, sur une superficie d'environ 35 hectares. Construite entre 1980 et 1986, cette centrale a été conçue pour renforcer la production d'électricité en Algérie. Elle comprend plusieurs unités de production principales, constituées notamment de générateurs de vapeur (chaudières), turbines et alternateurs..., éléments essentiels que nous décrivons en détail.

Le deuxième chapitre porte sur la station de production d'hydrogène, qui est indispensable pour la centrale thermique car elle produit l'hydrogène utilisé pour refroidir les alternateurs. Ce chapitre décrit les équipements et systèmes impliqués dans la production d'hydrogène, tels que des électrolyseurs ou d'autres technologies de production. Il présente également les problèmes rencontrés dans cette station et les solutions proposées pour rendre la production plus efficace et fiable, assurant ainsi un fonctionnement optimal de la centrale.

INTRODUCTION GENERALE

Dans le troisième chapitre, nous expliquons comment a été conçu et réalisé un nouveau contrôleur programmable (PLC) et une interface homme-machine (IHM) moderne. Nous présentons les choix techniques, les composants utilisés et les étapes pour créer la carte électronique, ainsi que la mise en place de l'IHM pour assurer une communication efficace entre les différents systèmes de la centrale.

Dans le quatrième chapitre, nous expliquons comment fonctionne le système de contrôle de la station de production d'hydrogène. Nous décrivons les étapes pour démarrer le système, envoyer les informations, vérifier les alarmes et traiter les commandes. Nous incluons également une simulation des alarmes et des pannes pour prévoir les problèmes éventuels et assurer une production stable et en toute sécurité.

Nous terminons, par une conclusion générale, pour résumer notre travail réalisé. Nous présentons aussi des idées et des pistes, en guise de perspectives, pour améliorer encore le système à l'avenir.

CHAPITRE I
Présentation de la Centrale
Thermique de Cap Djinet

I.1 Introduction

Les centrales thermiques jouent un rôle crucial dans la production d'électricité à grande échelle. Elles transforment des sources d'énergie naturelles en électricité, qui est ensuite distribuée à travers le réseau électrique pour répondre aux besoins de consommation. Étant donné l'importance de l'électricité dans notre quotidien, il est primordial de comprendre les méthodes de production efficaces et durables. Dans ce premier chapitre, nous allons explorer la centrale thermique de Cap-Djinet, en détaillant son fonctionnement ainsi que les équipements auxiliaires qui y sont associés.

I.2 Présentation de la centrale

I.2.1 Situation géographique de la centrale

La centrale de Cap Djinet est située à l'est de la capitale Alger dans la wilaya de Boumerdès. Elle occupe une superficie de 35 hectares. La centrale thermique de Cap Djinet a été élaborée pour fonctionner à l'eau (Figure I.1).



Figure I. 1: Centrale de Cap Djinet : image satellitaire. [1]

I.2.2 Historique

En 1980, les contrats majeurs pour la construction de la centrale thermique de Cap-Djinet ont été conclus. Les opérations de terrassement ont commencé en mars 1981, suivies de l'assemblage de la centrale en mars 1984. Après plusieurs années de travaux, la mise en service de la centrale s'est effectuée progressivement, par groupes de générateurs.

Groupe 01 : Couplage sur réseau le 17 juin 1986.

Groupe 02 : Couplage sur réseau le 17 septembre

1986. Groupe 03 : Couplage sur réseau le 29

novembre 1986. Groupe 04 : Couplage sur réseau

le 21 février 1987.

En 1986, la centrale de Cap-Djinet a joué un rôle clé dans l'augmentation de la capacité de production d'électricité, avec une puissance totale de 672 MW. Elle est composée de quatre groupes, chacun disposant d'une puissance de 176 MW.

I.3 Constitution de la centrale [2]

La centrale thermique de Cap-Djinet est composée de plusieurs éléments essentiels pour la production d'électricité, à savoir :

- Un générateur de vapeur (chaudière).
- Une turbine à vapeur.
- Un alternateur.
- Une station de pompage d'eau de mer.
- Un poste de détente gaz naturel.
- Un poste de production d'eau dessalée.
- Un poste de production d'hydrogène.
- Un poste fuel.
- Un poste d'eau, composé d'un condenseur, deux (02) pompes d'extraction, trois

(03) pompes alimentaires, trois (03) réchauffeurs BP (basse pression) et deux (02) réchauffeurs HP (haute pression) et une bêche alimentaire équipée d'un dégazeur de l'eau du cycle.

- Une station d'électro-chloration.
- Un poste de stockage et traitement des huiles.
- Un transformateur principal d'évacuation de l'énergie.
- Une salle de commande/.
- Des Auxiliaires électriques.

La figure ci-dessous représente le schéma d'une tranche thermique.

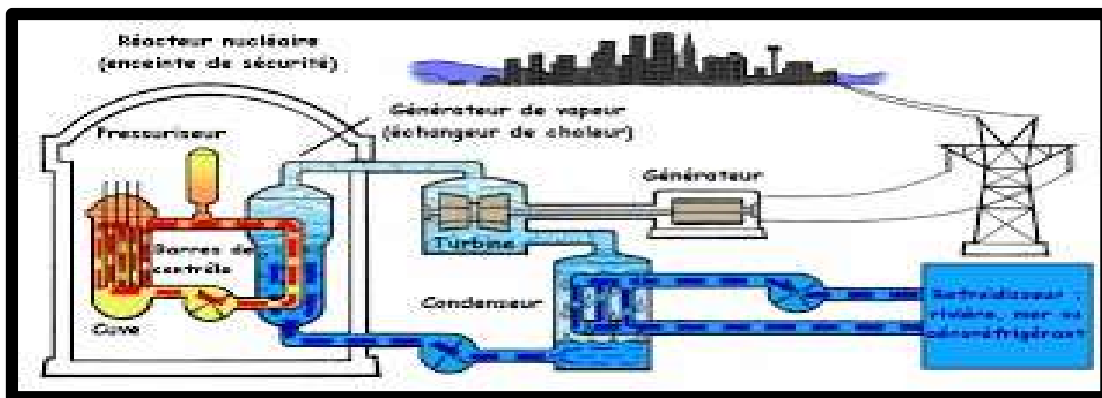


Figure I. 2: Schéma d'une tranche thermique

I.3.1 Générateur de vapeur (chaudière)

La chaudière de la centrale utilise la circulation naturelle. C'est un dispositif qui transforme l'eau en vapeur sous haute pression pour faire fonctionner la turbine et l'alternateur.

- Caractéristiques du générateur de vapeur (chaudière)

- Capacité de vaporisation : 540 t/h.
- Température de l'eau alimentation : 246°C.
- Pression de service : 160 bars.
- Débit vapeur : 523 t/h.
- Température de sortie de la fumée : 118°C.

- Température dans le foyer : 900°C.
- Dimensions :
Hauteur : 17000 mm
Longueur : 9675 mm
Largeur : 9375 mm
- Puissance :
 - Débit de vapeur minimal : $Q_{min} = 130$ t/h $P_{min} = 44,3$ MW.
 - Débit de vapeur maximal : $Q_{max} = 530$ t/h $P_{max} = 176$ MW.
 - Débit de vapeur nominal : $Q_{nom} = 523,9$ t/h $P_{nom} = 176$ MW

La Figure ci-dessous représente les chaudières de la centrale de Cap-djinet.



Figure I. 3: Les Chaudières de la centrale de Cap-Djinet.

La chaudière se compose principalement des éléments suivants :

I.3.1.1 L'économiseur

C'est un tuyau en forme de spirale situé à la fin du parcours des gaz de combustion. Ce tube fonctionne comme un échangeur de chaleur, permettant de chauffer l'eau d'alimentation afin d'éviter les chocs thermiques qui pourraient être causés par l'arrivée d'eau froide dans le ballon chaud.

Caractéristiques de l'économiseur :

- Pression de service (entrée) : 164,3 bars.
- Volume d'eau : 10,5 m³.
- Surface d'échange : 2080 m².

I.3.1.2 Le ballon chaudière

Le ballon chaudière joue un rôle central en séparant l'eau de la vapeur, afin que la vapeur puisse être envoyée vers la surchauffeur.

Caractéristiques du ballon chaudière :

- Pression de service : 160 bars
- Température : 347,5°c
- Volume d'eau : 26,9 m³

I.3.1.3 Les colonnes de descente et des tubes écrans

Les tubes écrans alimentent les parois de la chambre de combustion et reçoivent la chaleur des flammes pour vaporiser l'eau en vue de produire de la vapeur.

I.3.1.4 Les surchauffeurs

Il y en a trois (primaire, secondaire et tertiaire), leur rôle est d'augmenter la température de la vapeur au-delà du point de saturation, ce qui permet d'améliorer le rendement de la turbine.

I.3.1.5 Les désurchauffeurs

Ils sont utilisés pour ajuster la température de la vapeur en la mélangeant avec de l'eau avant qu'elle n'entre dans l'économiseur.

I.3.1.6 Les brûleurs

Huit brûleurs, utilisant du gaz naturel ou du fuel léger, sont répartis sur quatre niveaux à l'avant de la chaudière pour produire la chaleur.

I.3.1.7 Chambre de combustion

Une source de chaleur de la chaudière est composée de tubes écrans qui captent la

chaleur des flammes des brûleurs.

I.3.1.8 Ventilateurs de soufflage

Les ventilateurs de soufflage dirigent l'air nécessaire à la combustion vers les brûleurs, en passant par des préchauffeurs à vapeur et des réchauffeurs rotatifs.

I.3.1.9 Ventilateurs de recyclage

Chaque tranche dispose de deux ventilateurs pour la recirculation des fumées. Ces ventilateurs aspirent une partie des gaz de combustion à la sortie de la chaudière et les renvoient dans la partie inférieure de la chambre de combustion, avant le réchauffeur d'air. Cette méthode permet d'améliorer l'efficacité, particulièrement à faible charge.

I.3.2 La Turbine

La turbine, qui est l'élément clé de la tranche, joue un rôle essentiel dans la transformation de l'énergie thermique en énergie mécanique, nécessaire pour faire fonctionner l'alternateur. Elle se compose de trois sections : haute pression (HP), moyenne pression (MP) et basse pression (BP). Chaque section dispose de six soutirages, alimentant trois réchauffeurs BP, deux réchauffeurs HP et la bêche alimentaire. Le rotor de la turbine est relié directement à l'alternateur, formant un ensemble qui tourne à une vitesse constante de 3000 tr/min.

Caractéristiques de la turbine

- Longueur : 16,125 m.
- Largeur : 13 m.
- Poids : 500.103 kg.
- Vitesse de rotation : 3000 tr/ min.
- Pression : 138bars.

Dans la figure suivante deux corps de la turbine à vapeur sont présentés.

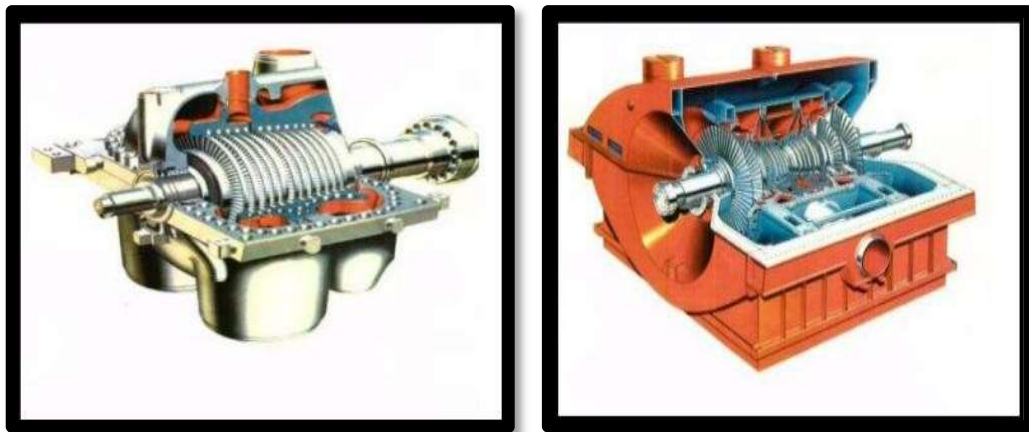


Figure I. 4: Images de 2 corps de la turbine à vapeur [1]

I.3.3 L'alternateur

Il s'agit d'un dispositif permettant de produire de l'électricité. Son rôle est de convertir l'énergie mécanique générée par l'arbre de la turbine en énergie électrique. Il fonctionne comme un alternateur à pôles lisses, et l'électricité générée est un courant alternatif triphasé.

Caractéristique de l'alternateur

- Tension nominale 15,5 KV
- Puissance nominale 220 MVA
- Puissance active 176 MW
- Excitation À diodes tournantes
- Poids du stator complet 198 tonnes
- Poids du rotor seul 36,7 tonnes

La figure ci-dessous représente l'alternateur de la station.



Figure I. 5:L'alternateur de la centrale

Cette transformation dégage une grande quantité de chaleur, d'où la nécessité de refroidir l'alternateur. Le refroidissement se fait par un circuit fermé à hydrogène qui est lui-même refroidi à l'eau déminéralisée.

I.3.4 Le transformateur

Un transformateur électrique (Figure I.6), permet d'augmenter la tension produite par l'alternateur (15,5 KV) à une valeur plus élevée (220 KV), ce qui permet de limiter les pertes dues à l'effet Joule. Cela facilite ainsi le transport de la puissance (220 MW) grâce à un disjoncteur coupleur, qui est refroidi par un système de circulation d'huile et d'air.



Figure I. 6:Transformateur

I.3.5 Le poste d'eau

Le poste d'eau comprend l'ensemble des appareils depuis l'échappement de la turbine jusqu'à l'entrée de l'économiseur de la chaudière.

Il est constitué des éléments suivants :

I.3.5.1 Condenseur

Le condenseur est un dispositif d'échange thermique dans lequel la vapeur se transforme en liquide lorsqu'elle entre en contact avec des tubes traversés par de l'eau de mer utilisée pour le refroidissement.

I.3.5.2 Bâche alimentaire

Elle sert de réservoir pour éliminer les gaz dissous de l'eau, qui est chauffée par la vapeur provenant des soutirages (S4) de la turbine, tout en libérant les gaz incondensables dans l'atmosphère.

La figure ci-dessous représente une bâche alimentaire.



Figure I. 7: Bâche alimentaire

I.3.5.3 Les pompes

Les pompes d'extraction récupèrent l'eau condensée et la dirigent vers la bâche alimentaire, tandis que les pompes d'alimentation élèvent la pression de l'eau destinée à la chaudière.

I.3.5.4 Les réchauffeurs bas-pression (BP)

Les réchauffeurs basse pression réchauffent le condensateur pour la bâche alimentaire.

I.3.5.5 Les réchauffeurs haut-pression (HP)

Les réchauffeurs à haute pression réchauffent l'eau d'alimentation pour la chaudière.

I.3.6 Autres équipements secondaires**I.3.6.1 La station de filtration et de pompage de l'eau de mer**

La station de pompage de la centrale de Cap-Djinet dispose de quatre lignes de filtration dotées de grilles à grappins et de tambours filtrants, permettant de retenir les débris marins. Des pompes principales assurent la circulation de l'eau. Trois conduites de 3 mètres de diamètre acheminent l'eau vers le bassin par différence de niveau, assurant une filtration en deux phases pour préserver la qualité de l'eau.

I.3.6.2 L'unité d'électro-chloration

Elle génère de l'acide chlorhydrique (HCl), utilisé pour éliminer les dépôts causés par les micro-organismes marins dans les conduites d'eau de mer. Elle injecte 150 kg/h d'hypochlorite de sodium dans 104 000 m³/h d'eau de circulation, en mode de chloration continue, afin de maintenir la propreté du système.

I.3.6.3 La station de dessalement

Deux chaînes de déminéralisation, équipées de filtres à résines cationiques et anioniques mélangées, traitent l'eau dessalée à un débit de 40 m³/h chacune. Ce procédé est crucial pour assurer la pureté de l'eau avant son utilisation dans le cycle de production de vapeur. L'eau déminéralisée est ensuite stockée dans deux réservoirs de 1500 m³ chacun, garantissant ainsi un approvisionnement continu en eau de qualité pour les besoins de la centrale.

I.3.6.4 La station de production d'hydrogène

Son rôle est de produire l'hydrogène nécessaire pour le refroidissement des quatre (04) alternateurs de la centrale.

I.3.6.5 Le poste de détente gaz

Composé de deux lignes de filtration gaz, et trois lignes de régulation pour la détente gaz de 60 à 6 bars.

I.3.6.6 Le poste de stockage du fuel

Il s'agit de deux réservoirs d'une capacité de 10 000 m³ chacun, utilisés en cas d'absence de gaz ou en cas d'incident sur la conduite d'alimentation en gaz.

I.3.7 Système de surveillance d'alarme et d'analyse

Le système de surveillance, d'alarme et d'analyse contrôle en continu les paramètres opérationnels du groupe de production, tels que la température, la pression, le niveau d'eau et les vibrations. Les équipements sont surveillés, et toute anomalie est signalée en cas de dépassement de seuil. Par ailleurs, un consigneur d'état enregistre les alarmes de façon chronologique, permettant une analyse approfondie en cas d'incident.

I.3.7.1 Salle de commande centralisée

Chaque paire de tranches est contrôlée et réglée depuis la salle de commande. Cette dernière comprend pour chaque tranche :

- Deux (2) pupitres de conduite
- Deux tableaux verticaux où sont rassemblés les organes des commandes et les appareils d'enregistrement de la plus grande partie des paramètres.
- Un tableau synoptique schématise les auxiliaires électriques.

La figure ci-dessous représente la salle d commande de Cap-djinet.



Figure I. 8:Salle de commande de CAP-DJENET

I.4 Principe de fonctionnement de la centrale thermique

Dans une centrale thermique à vapeur, la production d'énergie électrique comporte trois phases :

1. La transformation de l'énergie chimique du combustible en énergie calorifique de la vapeur dans la chaudière.
2. La transformation de l'énergie calorifique en énergie mécanique par la turbine.
3. La transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique par l'alternateur.

I.5 Conclusion

La centrale thermique de Cap-Djinet constitue un pilier important de la production électrique locale, reposant sur une organisation complexe mêlant équipements principaux et auxiliaires indispensables, à son fonctionnement optimal. La compréhension globale de ses installations et de ses modes opératoires permet d'appréhender les enjeux liés à la maîtrise des procédés thermiques et énergétiques. Parmi ces équipements auxiliaires, la station d'hydrogène occupe une place stratégique, assurant un apport indispensable pour le refroidissement des alternateurs et contribuant ainsi à la fiabilité et à la performance de la centrale.

Dans le chapitre suivant nous proposons une analyse détaillée de cette station d'hydrogène, de ses équipements spécifiques et de ses fonctions opérationnelles, afin d'établir un panorama complet de son rôle au sein de l'ensemble de la centrale.

CHAPITRE II

Etude de la station de production de l'Hydrogène

II.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous donnons un aperçu de la station d'hydrogène : son rôle dans la station thermique et ses différents équipements. Nous décrivons aussi le système de commande de cette station (API et IHM), qui rencontre des problèmes de fiabilité et de connexion. L'objectif de notre travail sera de proposer une solution pour résoudre ces problèmes et améliorer son fonctionnement.

II.2 L'hydrogène

II.2.1 Définition

L'hydrogène (H) est un gaz très léger dont la formule chimique est H₂. Très inflammable, il est inodore, incolore, non toxique et non corrosif.

II.2.2 Son rôle dans la station

La centrale thermique de Cap-Djinet possède une station qui génère de l'hydrogène pour refroidir ses alternateurs.



II.2.3 Particularités de l'hydrogène [3]

L'hydrogène a une conductivité thermique très élevée, environ 14,5 fois celle de l'air. Cela lui permet d'évacuer plus efficacement la chaleur des parties chauffées. De plus, son poids spécifique est 7,5 fois plus léger que celui de l'air, ce qui lui permet de circuler plus facilement à l'intérieur de l'alternateur. Il est important de se rappeler que l'hydrogène présente un grand danger d'explosion à cause de son inflammabilité dans l'air. Pour régler ce problème, la centrale met en place des mesures de sécurité suivantes, pour éviter le danger, il faut donc les respecter :

- Il est interdit d'utiliser une flamme nue (soudage).
- Dans les zones à l'hydrogène, n'utiliser que des outils ne produisant pas des étincelles.
- Ouvrir toujours les robinets d'hydrogène lentement pour éviter des débits élevés de gaz soudains.

- Ne jamais entrer dans une zone fermée sans s'assurer qu'elle soit sans H₂.

II.3 Description du système [4]

II.3.1 Transformateur et redresseur

II.3.1.1 Définition

Le transformateur : Une machine électrique permettant de modifier la tension efficace, fourni par une source d'alimentation alternative.

Le redresseur : Également connu sous le nom de convertisseur AC/DC ou pont de Graetz, est un convertisseur conçu pour alimenter des charges nécessitant une tension et un courant continu à partir d'une source de tension alternative.

II.3.1.2 Description de l'installation

L'installation utilise un transformateur pour réduire la tension primaire. La tension ainsi abaissée est ensuite envoyée à un redresseur, qui convertit le courant alternatif en courant continu de 21 V avec une intensité maximale de 4000 A, destiné à alimenter l'électrolyseur.

II.3.2 Système de lessive

Le système à lessive, qui est une composante essentielle du système d'électrolyseur, se compose de deux parties principales :

- **Système de remplissage de lessive :**

Ce système comprend le réservoir de stockage de lessive, il sert à Mélanger l'hydroxyde de potassium (KOH) avec de l'eau déminéralisée pour former un mélange composé de 25 % de KOH et de 75 % d'eau, appelé "lessive", puis stocker ce mélange.

- **Système de circulation de lessive :**

Pour garantir une circulation continue de l'électrolyte, une pompe de circulation de lessive est utilisée. Le débit de lessive est mesuré à la sortie de cette pompe de circulation. La figure ci-après représente un réservoir à lessive.



Figure II. 1: réservoir à lessive

II.3.3 L'électrolyseur

II.3.3.1 Rôle

L'électrolyseur est utilisé pour produire de l'oxygène (O_2) et de l'hydrogène (H_2).

II.3.3.2 Description

L'électrolyseur Norsk Hydro de type HCU est un dispositif bipolaire de type filtre- presse utilisé pour produire des gaz tels que l'hydrogène (H_2) et l'oxygène (O_2) par électrolyse. Pendant son fonctionnement, une tension continue est appliquée, avec une augmentation d'environ 1,9 volts par cellule. La tension est minimale à la plaque d'extrémité et augmente progressivement vers la plaque d'entrée, qui est connectée à la terre.

II.3.3.3 Structure et composants

Chaque cellule de l'électrolyseur est composée de :

- **Électrodes (anode et cathode) :** Les électrodes sont fabriquées en acier au carbone et recouvertes de nickel à leur surface. Elles sont montées de manière décalée sur chaque côté du support d'électrode. Un processus breveté est utilisé pour activer ces électrodes, ce qui permet de réduire la consommation d'énergie.

- **Joints étanches** : Fabriqués en caoutchouc synthétique de haute qualité, ils garantissent l'étanchéité du système.
- **Diaphragme** : Confectionné à partir d'un fil synthétique et encadré par de l'acier au carbone métallisé au nickel, il sépare efficacement les produits gazeux de l'électrolyte.

II.3.3.4 Fonctionnement et sécurité

- **Application de la tension** : Une tension continue est appliquée entre la première et la dernière électrode, ce qui génère un courant à travers les cellules et produit de l'hydrogène (H_2) et de l'oxygène (O_2).
- **Séparation des gaz** : Les gaz produits sont collectés dans des conduits parallèles situés à l'intérieur de chaque cellule et dirigés vers des séparateurs gaz/lessive.

II.3.4 Séparateurs

II.3.4.1 Rôle

Ils séparent efficacement les gaz, l'hydrogène et l'oxygène, de l'électrolyte tout en maintenant l'équilibre des pressions et en garantissant la pureté des gaz produits.

II.3.4.2 Description

Les deux séparateurs, reliés par des raccords remplis de lessive, équilibrent les pressions différentielles, ce qui évite les perturbations dans les cellules. Le gaz produit, souvent saturé de gouttelettes de lessive, traverse des dispositifs antibuée qui éliminent ces gouttelettes, garantissant ainsi la pureté des gaz. Le condensat de lessive est renvoyé dans le système par gravité, permettant un fonctionnement en circuit fermé. L'hydrogène purifié est ensuite dirigé vers un laveur, tandis que l'oxygène est dégazé dans l'air via une soupape hydraulique réglée à 200 mm WG, assurant une décharge contrôlée. Les séparateurs sont équipés de capteurs de niveaux et d'un capteur de température de la lessive, dont les caractéristiques sont détaillées dans le tableau suivant :

Température KOH H	81 Co
Température KOH TH	83 Co
Niveau KOH Séparateur 02 TB	2 %
Niveau KOH Séparateur 02 B	25 %
Niveau KOH Séparateur 02 H	30 %
Niveau KOH Séparateur 02 TH	80 %

Tableau II. 1:Caractéristiques des capteurs de niveaux et de températures

La figure suivante représente un électrolyseur, séparateurs.



Figure II. 2:électrolyseur + séparateurs

II.3.5 Laveur H₂

II.3.4.3 Rôle

Le laveur à gaz élimine les traces de KOH dans le gaz d'hydrogène et refroidit également le gaz.

II.3.4.4 Description

À partir du séparateur de gaz H₂/lessive, l'hydrogène passe dans un laveur où les traces de KOH sont éliminées du gaz saturé. Le gaz est également refroidi dans le laveur, avec la chaleur évacuée grâce à un refroidisseur intégré au circuit d'eau. Le bac d'eau du laveur sert également de réservoir d'alimentation pour l'électrolyseur, permettant de récupérer le KOH perdu. L'eau d'alimentation est acheminée par une soupape FW-121-2 commandée par un contrôleur de niveau dans le laveur. À l'intérieur du laveur, une soupape hydraulique est intégrée pour décharger le gaz à l'atmosphère si la pression atteint 800 mm (jauge de vide).

La figure ci-dessous représente un laveur H₂.



Figure II. 3:Laveur H₂

Dans le tableau II.2 sont données les caractéristiques des capteurs de niveaux du laveur :

Gazomètre Niveau H	90,0%
Gazomètre Niveau TH	95,0%
Gazomètre Niveau B	20,0%
Gazomètre Niveau TB	5,0%
Gazomètre Niveau Régulation	70,0%
By-pass vanne max ouverte	100%

Tableau II. 2:Caractéristiques des capteurs de niveaux du laveur

II.3.5 Gazomètre (réservoir à gaz d'hydrogène)

II.3.5.1 Rôle

Le réservoir à gaz agit comme un tampon hydrogène entre l'électrolyseur et le compresseur. Il empêche l'effet d'aspiration sur l'électrolyseur tout en jouant un rôle crucial de contrôle.

II.3.5.2 Description

Lorsqu'il est utilisé pour stocker de l'hydrogène, le gazomètre est généralement de type cloche flottante. Cette structure cylindrique inversée repose sur une surface liquide, souvent de l'eau, à l'intérieur du réservoir. Lorsque l'hydrogène est introduit, il s'accumule sous la cloche flottante, qui monte ou descend en fonction du volume de gaz, maintenant ainsi une pression constante grâce à son poids. En cas de débordement, le gaz est automatiquement déchargé vers l'atmosphère pour éviter toute surpression. Le réservoir est équipé d'un capteur de niveau, permettant une gestion sécurisée et efficace du stockage. Ce capteur surveille en temps réel le niveau de remplissage, prévenant les risques de débordement et optimisant l'utilisation de la capacité du réservoir. L'eau agit comme joint étanche, empêchant toute fuite de gaz, tandis que le mécanisme simple assure une pression stable de l'hydrogène.

La figure ci-dessous représente un gazomètre.



Figure II. 4:Gazomètre

II.3.6 Compresseur

II.3.6.1 Rôle

Le compresseur comprime l'hydrogène directement depuis le réservoir à gaz jusqu'à l'équipement de production.

II.3.6.2 Description

Le compresseur d'hydrogène utilise un modèle Greenfield C4N110-GR, refroidi à l'air, avec quatre étages et quatre cylindres, chaque étage étant associé à un cylindre spécifique. Sa capacité est de 22,2 Nm³/h de gaz hydrogène, avec une température d'aspiration de 40 °C et une pression de décharge finale de 160 bar. Le gaz entre dans la machine via un filtre d'entrée à brides et est d'abord comprimé par le piston du premier étage. Ensuite, il est acheminé par les tubes du refroidisseur vers le deuxième étage pour une compression supplémentaire. Ce processus se répète au troisième et quatrième étage, avec le gaz passant par des tubes de refroidissement après chaque compression. Chaque refroidisseur à la sortie de chaque étage est équipé de séparateurs de condensat, qui nécessitent une vidange manuelle. Une fois comprimé par le piston du quatrième

étage, le gaz est livré au système à la pression requise.

La figure suivante représente un compresseur d'hydrogène.



Figure II. 5:Compresseur d'hydrogène

II.3.7 Sécheur

II.3.7.1 Rôle

Le sécheur élimine la vapeur d'eau présente dans le gaz hydrogène, assurant ainsi une réduction significative de l'humidité et une qualité améliorée du gaz.

II.3.7.2 Description

Le gaz hydrogène est déshydraté en passant à travers une colonne remplie de matière absorbante. Cette matière a une capacité limitée, ce qui nécessite un sécheur à double tour avec régénération par chaleur par adsorption, fonctionnant de manière entièrement automatique et continue. Pendant l'opération, une colonne sèche le gaz hydrogène tandis que l'autre colonne est régénérée. La régénération utilise un gaz brut préchauffé par un appareil électrique pour absorber l'humidité de la matière absorbante dans la colonne en régénération. Après le cycle de régénération, le gaz est utilisé pour refroidir la matière absorbante avant de basculer vers l'autre colonne. Le sécheur fonctionne sans perte de gaz hydrogène et nécessite une purge à l'azote avant tout entretien ou longue période d'inactivité.

La durée du cycle du sécheur est la suivante :

- Séchage par tour = 6 heures
- Cycle totale = 12 heures

La figure suivante représente un sécheur.



Figure II. 6:Sécheur

II.3.8 Rampe de remplissage de cadre d'hydrogène

II.3.8.1 Rôle

Elle est utilisée pour le remplissage des cadres de bouteilles d'hydrogène.

II.3.8.2 Description

La rampe de remplissage des cadres de bouteilles d'hydrogène permet de transférer l'hydrogène séché et purifié dans des bouteilles disposées dans des cadres spécifiques. Chaque cadre contient 24 bouteilles et est conçu pour supporter une pression maximale de 155 bars. Le processus de remplissage, qui dure au moins 12 heures, est rigoureusement contrôlé pour assurer la sécurité et l'efficacité. Une fois remplies, ces cadres de bouteilles sont utilisés pour refroidir les alternateurs de la station.

La figure suivante représente cadre d'hydrogène



Figure II. 7:cadre d'hydrogène

II.3.9 Autre équipement du système

II.3.9.1 Le transmetteur de conductivité thermique Paramétriques

Un transmetteur de conductivité thermique paramétrique mesure la concentration d'oxygène dans l'hydrogène sur la ligne entre le séparateur gaz H₂/lessive et le laveur. Cet appareil envoie un signal de 4 à 20 mA à l'unité de contrôle. Si le niveau d'oxygène dépasse 1,5 %, une alarme est déclenchée. Si l'oxygène continue à augmenter, une deuxième alarme est activée à 1,7 %, entraînant l'arrêt de l'installation pour des raisons de sécurité. Ce niveau d'oxygène ne doit jamais dépasser 2,0 % pour garantir la sécurité.

De même, un appareil de mesure de concentration d'hydrogène dans l'oxygène est installé sur la ligne d'oxygène pour surveiller la pureté du gaz. Cet analyseur envoie également un signal de 4 à 20 mA à l'unité de contrôle. Si la concentration d'hydrogène dépasse 1,5 %, une alarme est déclenchée. Si l'hydrogène continue à augmenter, une deuxième alarme est activée à 1,7 %, arrêtant l'installation pour des raisons de sécurité.

La figure suivante représente un transmetteur de conductivité thermique paramétriques.



Figure II. 8: Transmetteur de conductivité thermique Paramétriques

II.3.9.2 Analyseur d'humidité Paramétriques

Situé dans la ligne d'oxygène, en aval du sécheur et sur le filtre, un appareil mesure la quantité d'eau présente dans l'hydrogène. Il envoie un signal à une unité intermédiaire, qui le convertit en un signal de 4 à 20 mA, transmis ensuite à l'unité de contrôle principale. Le gaz sec passe sur une sonde d'humidité en oxyde d'aluminium, fournissant une valeur absolue d'humidité. Si le niveau d'humidité dépasse une valeur prédéterminée, une alerte d'urgence est déclenchée, ce qui entraîne l'arrêt du compresseur pour des raisons de sécurité.

II.3.9.3 Détecteur d'hydrogène dans l'air

Un système de détection de gaz Crowcon est installé dans le local de l'électrolyseur. Ce système comprend quatre détecteurs d'hydrogène non inflammables, adaptés aux zones à risque 1 ou 2. Alimenté par une source de 24V cc, il détecte les gaz inflammables présents dans l'air ambiant à des concentrations inférieures à la Limite Inférieure d'Explosion (LIE) et envoie un signal de 4 à 20 mA en fonction de la concentration de gaz. Les détecteurs utilisent des sondes catalytiques pellistor, où la présence de gaz inflammable provoque une combustion sur la surface catalytique, augmentant la température et la résistance de l'élément. Si une fuite d'hydrogène fait dépasser le niveau de 1 %, une alarme de service est déclenchée. À 2 %, une alarme d'urgence est activée et le thyristor est bloqué pour assurer la sécurité.

La figure suivante représente un détecteur d'hydrogène dans l'air.



Figure II. 9: Détecteur d'hydrogène dans l'air

II.3.9.4 Détecteur de fumée dans l'air

Un système de détection de fumée, alimenté par une source de 24V cc, est installé dans le local de l'électrolyseur pour surveiller la présence de fumée dans l'air ambiant. Ce système envoie un signal de 4 à 20 mA proportionnel à la densité de la fumée détectée. En cas de dépassement des seuils prédéfinis, des alarmes de service et d'urgence sont déclenchées pour assurer la sécurité. Ces alarmes peuvent activer des mesures supplémentaires, telles que l'arrêt des équipements critiques, afin de prévenir tout risque.

La figure suivante représente un détecteur de fumée dans l'air.



Figure II. 10: Détecteur de fumée dans l'air

II.4 La commande de la station [4]

La station est commandée à l'aide d'un API et un IHM qui est reliée avec lui, mais ce système n'est pas relié à la salle de commande principale de la centrale

II.4.1 Définition d'un API (automate programmable industriel)

Un Automate Programmable Industriel (API) est un dispositif électronique utilisé pour surveiller, contrôler et gérer des machines et des processus industriels. Il est essentiel dans des environnements nécessitant une grande fiabilité et robustesse, tels que les usines de fabrication, les raffineries, les usines de traitement des eaux et les centrales électriques. Ces automates assurent une automatisation efficace et précise, permettant de gérer des systèmes complexes avec une grande réactivité et simplicité de maintenance.

Les rôles principaux de l'API sont :

- Assurer l'acquisition des informations fournies par les capteurs.
- Traiter les informations des systèmes.
- Communiquer pour l'échange d'informations avec l'environnement.
- Élaborer la commande des pré-actionneurs et des actionneurs.

L'automate MITSUBISHI MELSEC est utilisé pour la station d'hydrogène.

Voici un résumé de ses composants essentiels et de son fonctionnement :

II.4.1.1 Composants et Fonctionnement de l'API Mitsubishi MELSEC [12]

a. Module d'Alimentation : A1S62PN

- **Tension d'alimentation (CA) :** 100-120V AC / 200-240V AC (220V AC / 230V AC)
- **Courant nominal :** 0.6A
- **Tension de sortie (CC) :** 24V DC

Ce module assure l'alimentation électrique stable et continue de l'API et de ses composants, garantissant ainsi un fonctionnement fiable de l'ensemble du système.

La figure suivante représente un module d'alimentation A1S62PN MITSUBISHI.



Figure II. 11: MITSUBISHI Alimentation A1S62PN

b. Unité Centrale de Traitement (CPU) : A1SHCPU

La CPU A1SHCPU est le cœur de l'Automate Programmable Industriel (API), responsable de l'exécution du programme utilisateur, du traitement des entrées et des sorties, ainsi que de la communication avec d'autres dispositifs. Elle dispose des fonctionnalités avancées telles que les calculs en virgule flottante, les opérations trigonométriques et le traitement des chaînes de texte, permettant ainsi une automatisation efficace et précise des processus industriels.

La figure suivante représente un module CPU A1S62PN MITSUBISHI.

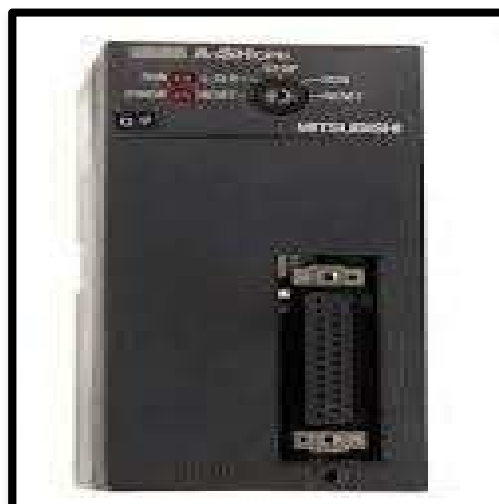


Figure II. 12: MITSUBISHI CPU A1SHCPU

c. Modules d'Entrées et Sorties (I/O)**• Modules d'Entrées Numériques : A1SX81**

Reçoivent des signaux de divers capteurs et dispositifs, offrant 32 entrées numériques à 24V DC en mode Sink/Source. La figure suivante représente un module d'entrées numériques : A1SX81 MITSUBISHI.



Figure II. 13:MITSUBISHI Modules d'Entrées Numériques : A1SX81

• 1 Module de Sorties Numériques : A1SY81

Contrôle des actionneurs tels que des relais et des moteurs, offrant 32 sorties numériques à 24V DC en mode Source. La figure suivante représente un module De sortie Numériques : A1SY81 MITSUBISHI.



Figure II. 14:MITSUBISHI Modules De sortie Numériques : A1SY81

- **Modules d'Entrées Analogiques : A1S68AD**

Ce système prend en charge 8 entrées analogiques avec des plages de mesure allant de - 10 à +10 V DC ou de 0 à 20 mA, permettant ainsi la mesure précise de variables analogiques. La figure suivante représente un module d'entrées Analogique : A1S68AD MITSUBISHI.



Figure II. 15:MITSUBISHI Modules d'entrées Analogique : A1S68AD

- **1 Module de Sorties Analogiques : A1S68DAV**

Fournit 8 sorties analogiques avec des plages de -10 à +10V DC pour générer des signaux analogiques vers divers dispositifs. La figure suivante représente un module de Sortie Analogique : A1S68DAV MITSUBISHI



Figure II. 16:MITSUBISHI Modules de Sortie Analogique : A1S68DAV

d. Mémoire

- **Mémoire de programme** : 8K pour stocker le programme utilisateur.
- **Mémoire de données** : 64KB de RAM pour les variables, temporisateurs, compteurs, etc.
- **EEPROM/Flash** : Conserve les données et le programme même en cas de coupure d'alimentation, assurant la fiabilité des opérations.

II.4.1.2 Communication et échange d'informations :

L'API Mitsubishi MELSEC A1SHCPU assure également la communication pour l'échange d'informations avec l'environnement à l'aide d'une interface appelée l'IHM (Interface Homme Machine).

L'HMI Mitsubishi E900 est celle utilisée dans cette station. C'est une interface homme-machine avancée conçue pour les environnements industriels. Elle offre un écran graphique haute résolution, des fonctionnalités de communication avec divers dispositifs via plusieurs protocoles, et des interfaces utilisateur hautement personnalisables. L'E900 permet une surveillance et un contrôle en temps réel, affichant des tendances historiques et notifications d'alarme, tout en offrant une fiabilité et une robustesse adaptées aux conditions industrielles difficiles. Sa flexibilité, grâce à la personnalisation et au support multilingue, améliore la productivité et réduit les temps d'arrêt en permettant des réactions rapides aux changements de processus.

La figure suivante représente un module IHM E900 MITSUBISHI.



Figure II. 17:IHM MITSUBISHI E900

II.5 Les problèmes de la station et solutions proposées

Après une analyse approfondie de la station, plusieurs problèmes critiques ont été identifiés. L'API actuelle est défaillante, présentant des bogues fréquents et nécessitant une réinjection du programme après chaque coupure de courant. De plus, sa réparation est coûteuse et sa disponibilité en Algérie est limitée. L'IHM utilisée est également obsolète, ne répondant pas aux standards modernes avec son fonctionnement uniquement basé sur des touches physiques. Pour résoudre ces problèmes, une solution a été proposée : concevoir et installer un nouvel automate programmable (PLC) moderne, accompagné d'une IHM avancée et programmable. Cette nouvelle IHM offrirait des fonctionnalités modernes telles qu'une interface graphique intuitive et une compatibilité multi protocole pour une meilleure intégration avec d'autres dispositifs industriels.

Cette solution vise à améliorer considérablement l'efficacité et la fiabilité du système tout en réduisant les coûts d'exploitation. Elle garantit également une meilleure adaptabilité aux exigences modernes des processus industriels.

II.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté une vue d'ensemble de la station d'hydrogène de la centrale thermique de Cap-Djinet, en mettant en lumière son rôle crucial dans le processus de production d'énergie et en détaillant les différents équipements qui la composent. Nous avons souligné les problèmes de fiabilité et de connectivité de la partie commande, notamment l'API défaillante et l'IHM obsolète. Pour résoudre ces problèmes, une solution a été proposée : l'intégration d'une PLC moderne et d'une IHM avancée.

Cette approche non seulement remédie aux problèmes actuels mais améliore également la performance et la fiabilité globale de la station d'hydrogène, Toutes ces solutions feront l'objet des deux chapitres qui suivent.

CHAPITRE III

Conception et réalisation de la PLC, l'IHM

III.1 Introduction

Dans ce chapitre nous décrivons la conception et la réalisation de la carte électronique PLC FR 2025 V01, en mettant en avant ses caractéristiques techniques, ses composants principaux, ainsi que son schéma. Nous allons également concevoir une interface Homme-Machine (IHM), afin d'améliorer la commande des différents processus et d'améliorer l'automatisation industrielle. Cette approche vise à répondre aux enjeux de connectivité et de fiabilité en offrant des solutions performantes pour optimiser les systèmes de production.

III.2 Spécifications de la Carte Électronique (PLC)

La "carte PLC" (Programmable Logic Controller) est un dispositif électronique utilisé dans les systèmes d'automatisation industrielle. Elle est conçue pour gérer des opérations de contrôle complexes et peut être programmée pour effectuer des tâches spécifiques selon les besoins de l'utilisateur. Dans notre cas la Plc qu'on a dénommé FR 2025 V01 est conçu pour contrôler la station d'hydrogène.

III.2.1 Caractéristiques principales d'une carte PLC :

Programmation : Les PLC se programment avec des langages standardisés tels que le ladder logique (logique échelle), le diagramme de blocs fonctionnels, ou en utilisant le logiciel Arduino, qui emploie un langage de programmation basé sur C/C++. Ce dernier permet de bénéficier de la simplicité et de la flexibilité

Entrées et sorties : Dotées de ports d'entrée et de sortie (E/S), les cartes PLC reçoivent des signaux provenant de capteurs et contrôlent des actionneurs. Les entrées incluent des boutons, capteurs de température, etc., tandis que les sorties pilotent des relais, lampes, etc.

Fiabilité et robustesse : Conçus pour les environnements industriels difficiles, les PLC résistent à des conditions extrêmes telles que : chaleur, froid, poussière et vibrations.

Temps réel : Les PLC réagissent très vite. Ils prennent les informations et changent leur action en quelques millisecondes.

Communication : Les PLC interagissent avec d'autres appareils et systèmes de contrôle via divers protocoles de communication industriels comme Modbus, Profibus, etc.

III.3 Les composants de la carte Plc FR 2025 V01 [16]

Afin d'assurer que la carte PLC FR 2025 V01 puisse contrôler efficacement la station d'hydrogène, il est impératif de mener une étude approfondie pour sélectionner le microcontrôleur et les autres composants les plus adaptés à nos besoins.

III.3.1 Microcontrôleur

Le microcontrôleur est le cœur de la carte PLC, c'est un circuit intégré programmable qui exécute des instructions de contrôle, traite les données des entrées et commande les sorties, assurant ainsi le fonctionnement des systèmes électroniques.

III.3.1.1 Choix du microcontrôleur :

Le microcontrôleur ATmega1284P a été choisi pour la carte PLC de station à hydrogène en raison des avantages suivants : [13]

- **Performances et Efficacité Énergétique** : Grâce à ses 20 MIPS à 20 MHz et sa faible consommation d'énergie en modes actif et veille, il répond aux exigences des tâches en temps réel et des applications industrielles.
- **Mémoire et Stockage** : Avec ses 128 KB de Flash, 16 KB de SRAM et 4 KB d'EEPROM, il offre la capacité de gérer des programmes complexes, des opérations en temps réel et le stockage de configurations critiques.
- **Interfaces et Connectivité** : Ses multiples interfaces comme les deux USART, SPI et interface à deux fils, ainsi que son ADC 8 canaux, 10 bits, garantissent une communication précise avec d'autres composants et une lecture précise des signaux analogiques.
- **Flexibilité et Développement** : Ses divers modes de veille et la possibilité de programmation et de débogage via JTAG facilitent la gestion de l'énergie et la maintenance de la carte PLC.
- **Robustesse et Fiabilité** : Avec sa détection de baisse de tension, sa réinitialisation fiable et sa programmation en système pour des mises à jour sans démontage, il assure un fonctionnement stable et fiable.
- **Adaptabilité aux Environnements Industriels** : Sa large plage de tension de fonctionnement et sa disponibilité dans différents boîtiers adaptés aux besoins de l'application en font un choix idéal pour les environnements industriels.

III.3.1.2 Caractéristiques de l'ATmega1284P

Les caractéristiques de l'ATmega1284P sont décrites au tableau III.1 :

Caractéristique	Valeur/Description
Architecture	Microcontrôleur AVR 8 bits
Performances	Haute performance, basse consommation
Instructions	131 instructions (la plupart s'exécutent en un seul cycle d'horloge)
Mémoire	128 KB de Flash auto-programmable en système. 4 KB d'EEPROM.
Interfaces et Périphériques	<ul style="list-style-type: none"> - Deux temporisateurs/compteurs 8 bits - Deux temporisateurs/compteurs 16 bits - ADC 8 canaux, 10 bits - Deux USART série programmables - Interface SPI maître/esclave - Interface série à deux fils - Six canaux PWM - Comparateur analogique sur puce
Fonctionnalités	<ul style="list-style-type: none"> - JTAG Interface pour débogage et programmation - Modes de Veille : Idle, économie d'énergie, arrêt, veille, veille étendue
Tension de Fonctionnement	1,8 - 5,5V
Vitesses de Fonctionnement	<ul style="list-style-type: none"> - Jusqu'à 4 MHz à 1,8 - 5,5V - Jusqu'à 10 MHz à 2,7 - 5,5V <li style="padding-left: 40px;">Jusqu'à 20 MHz à 4,5 - 5,5V
Consommation Électrique	<ul style="list-style-type: none"> - Actif : 0,4 mA à 1 MHz, 1,8V - Mode arrêt : 0,1 μA - Mode économie d'énergie : 0,7 μA (incluant RTC 32 kHz)
Nombre de broches (pins)	40 broches (DIP)

Entrées/Sorties numériques (Digital I/O)	32 broches
---	-------------------

Tableau III. 1: caractéristiques de l'ATmega1284P

Le circuit de brochage est donné dans la figure III.1 :



Figure III. 1:ATmega1284P [5]

III.3.1.3 Support Microcontrôleur

Un support, ou socket, permet d'insérer et de connecter un microcontrôleur à un circuit imprimé (PCB), facilitant ainsi son remplacement sans nécessiter de dessoudage (Figure III.2).



Figure III. 2:Support Microcontrôleur [9]

III.3.2 Transistor BC547

Le BC547 est un transistor bipolaire de jonction NPN utilisé pour l'amplification et la commutation de signaux électroniques. Il est utilisé dans notre carte avec un relais pour amplifier le courant de commande faible, permettant ainsi de contrôler des charges plus importantes et d'assurer une isolation entre la commande et le circuit de puissance.

La figure ci dessous représente le schéma du transistor BC547

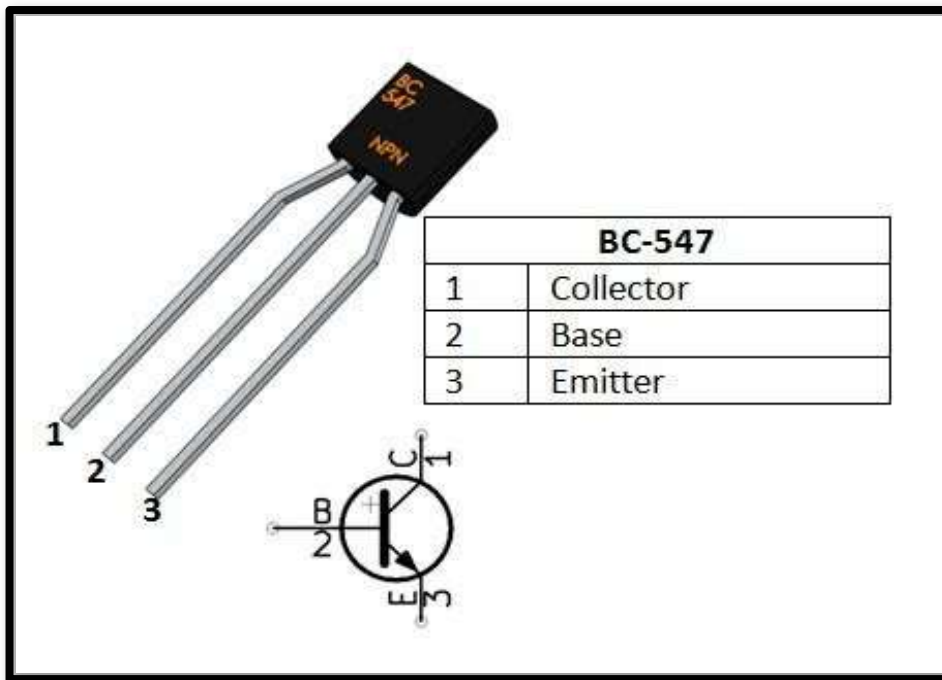


Figure III. 3: Transistor BC547 [9]

III.3.3 Module ENC28J60

Un module contrôleur Ethernet utilisant le chip ENC28J60 pour permettre aux microcontrôleurs de se connecter à un réseau Ethernet via une interface SPI. La figure ci- après représente le Module ENC28J60.

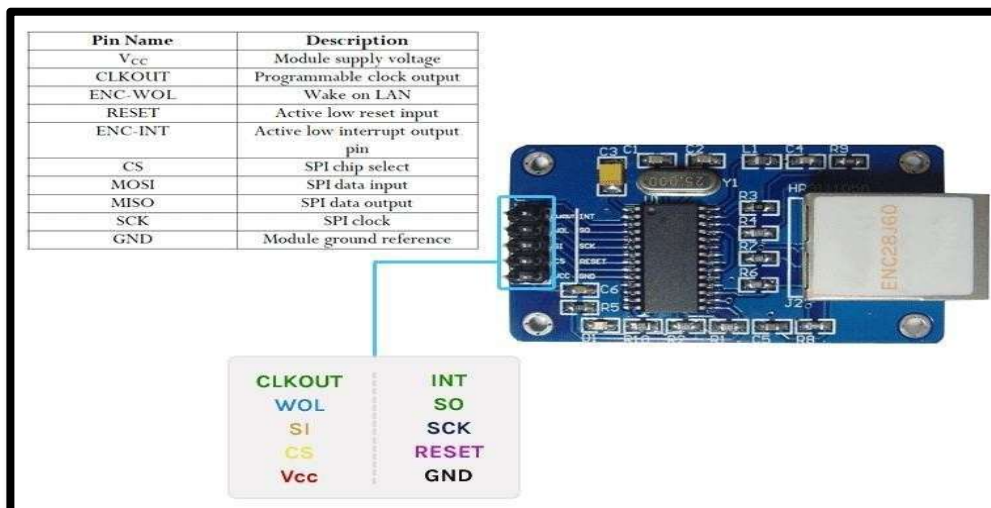


Figure III. 4: Module ENC28J60 [6]

III.3.4 DHT11

Un capteur numérique de température et d'humidité (**figure III.5**) fournit des mesures précises, avec une exactitude de ± 2 °C pour la température et ± 5 % pour l'humidité. Les valeurs relevées seront affichées sur l'écran GLCD afin de protéger la carte PLC

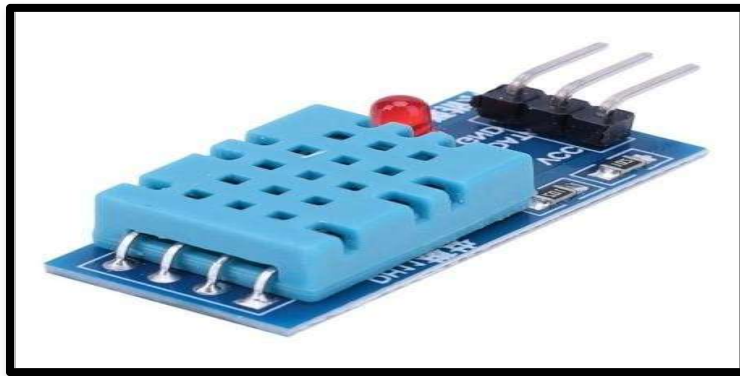


Figure III. 5:DHT11 [8]

III.3.5 Convertisseur USB-TTL (TTL XBee)

Un convertisseur USB vers TTL (**Figure III. 6**) est un dispositif électronique qui transforme les signaux USB d'un ordinateur en signaux de niveau logique TTL série, permettant ainsi la communication série entre un ordinateur et des microcontrôleurs ou autres périphériques embarqués. Il crée une interface série virtuelle sur l'ordinateur, facilitant le transfert de données, le débogage et la programmation des cartes de développement qui utilisent des niveaux de tension TTL au lieu des niveaux RS-232 classiques

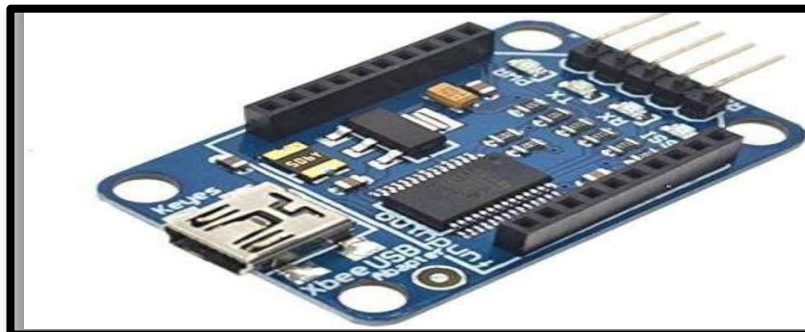


Figure III. 6:Convertisseur USB-TTL (TTL XBee) [7]

III.3.6 Afficheur GLCD

L'afficheur GLCD 128x64 avec contrôleur ST7920 est un écran graphique à cristaux liquides qui affiche des images et du texte avec une résolution de 128x64 pixels (**Figure III. 7**). Il utilise le contrôleur ST7920 pour gérer les pixels et peut être commandé via des interfaces série (SPI).



Figure III. 7:Afficheur GLCD 128x64 st7920 [9]

III.3.7 Relais

Un composant électromécanique ou à semi-conducteurs qui permet de contrôler un circuit électrique à l'aide d'un autre circuit électrique séparé (**Figure III. 8**). Utilisé pour commuter des charges élevées.



Figure III. 8:Relais [9]

III.3.8 LED

La diode électroluminescente (LED) est un composant semi-conducteur qui émet de la lumière lorsqu'elle est polarisée en direct (**Figure III.9**), c'est-à-dire lorsque le courant électrique circule dans le sens passant de la jonction PN.



Figure III. 9:LED [9]

III.3.9 Barrette Male/Femelle Male/Male

Les barrettes mâle-femelle-mâle-mâle servent à réaliser des connexions électriques modulaires et fiables entre différents composants ou circuits (**Figure III.10**), facilitant l'interconnexion sans soudure.

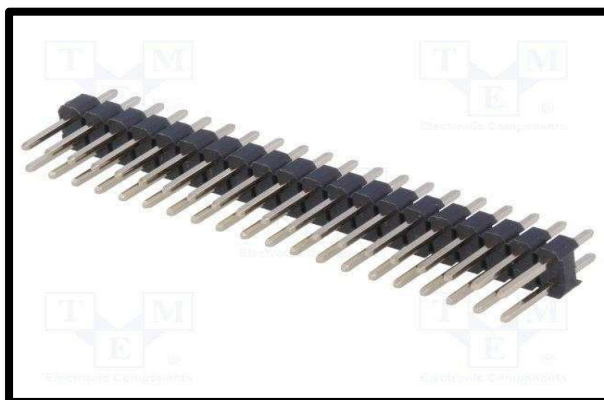


Figure III. 10:Barrette Male/Female Male/Male [9]

III.3.10 Quartz

Un oscillateur à quartz 16 MHz utilisé pour fournir une fréquence d'horloge stable aux microcontrôleurs et autres circuits électroniques (Figure III.11)



Figure III. 11: Quartz [9]

III.3.11 Condensateur céramique 22pF

Le condensateur de 22 picofarads (Figure III. 12), souvent utilisé avec des oscillateurs à quartz pour stabiliser les fréquences.



Figure III. 12: Condensateur céramique 22Pf [9]

III.3.12 Condensateur céramique 100nF

Le condensateur céramique de 100 nF (Figure III. 13) sert principalement au découplage et à l'élimination du bruit dans les circuits électroniques, en stabilisant la tension d'alimentation et en filtrant les perturbations à haute fréquence.



Figure III. 13: Condensateur céramique 100nF [9]

III.3.13 Condensateur 100uF/25V

Condensateur électrolytique de 100 μ F (**Figure III. 14**), utilisé pour réduire les tensions dans les circuits d'alimentation.



Figure III. 14: Condensateur électrolytique 100uF [9]

III.3.14 Buzzer

Un buzzer est un composant électromécanique ou piézoélectrique (**Figure III. 15**) qui génère un son lorsqu'il est sous tension électrique, servant d'alerte sonore, comme une alarme.



Figure III. 15:Buzzer [9]

III.3.15 Résistance 10K, 5.1K, 1K,330R

Ces résistances (**Figure III. 16**) sont utilisées pour limiter le courant ou diviser la tension dans les circuits électroniques.

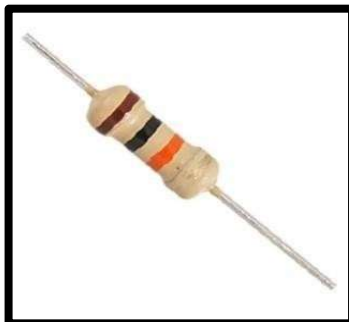


Figure III. 16:Résistance [9]

III.3.16 Bornier 4T

Un connecteur à quatre bornes (**Figure III. 17**) utilisées pour établir des connexions électriques solides dans les circuits. Pour notre carte PLC FR 2025, elle est utilisée avec les relais.



Figure III. 17:Bornier 4T [9]

III.3.17 Bornier 3T

Un connecteur à trois bornes (**Figure III. 18**) utilisée pour l'alimentation de 5v et de 12



v.

Figure III. 18:Bornier 3T [9]

III.3.18 Bouton Poussoir

Un interrupteur mécanique momentané (**Figure III. 19**) qui, lorsqu'il est pressé, permet de fermer un circuit et d'envoyer un signal. Dans notre carte, nous l'avons utilisé pour le reste (redémarrage de la carte)



Figure III. 19:Bouton Poussoir [9]

III.3.19 Régulateur lm7805

Le régulateur LM7805 (**Figure III. 19**) est un composant électronique qui sert à fournir une tension de sortie fixe et stable de 5 volts, quelle que soit la variation de la tension d'entrée ou du courant consommé dans le circuit,

Pour notre carte, nous avons utilisé deux régulateurs LM7805 pour la protection contre les courts-circuits, et la coupure thermique pour éviter la surchauffe.



Figure III. 20:régulateur lm7805[7]

III.4 Schéma électronique

III.4.1 Logiciels Utilisés pour la Conception :

Le logiciel EAGLE a été l'outil principal utilisé pour concevoir la carte PLC FR 2025. Réputé pour ses capacités en conception de circuits imprimés, il offre une interface conviviale et des fonctionnalités avancées. Grâce à EAGLE, nous avons pu réaliser avec efficacité le routage d'un circuit simple face mesurant 168×114 mm, assurant ainsi une carte à la fois compatible et parfaitement fonctionnelle (figure III.21).



Figure III. 21: Logo de logiciel EAGLE

III.4.2 Présentation du Schéma de la Carte :

La figure suivante représente Schéma du montage de la PLC FR 2025 V 01 :

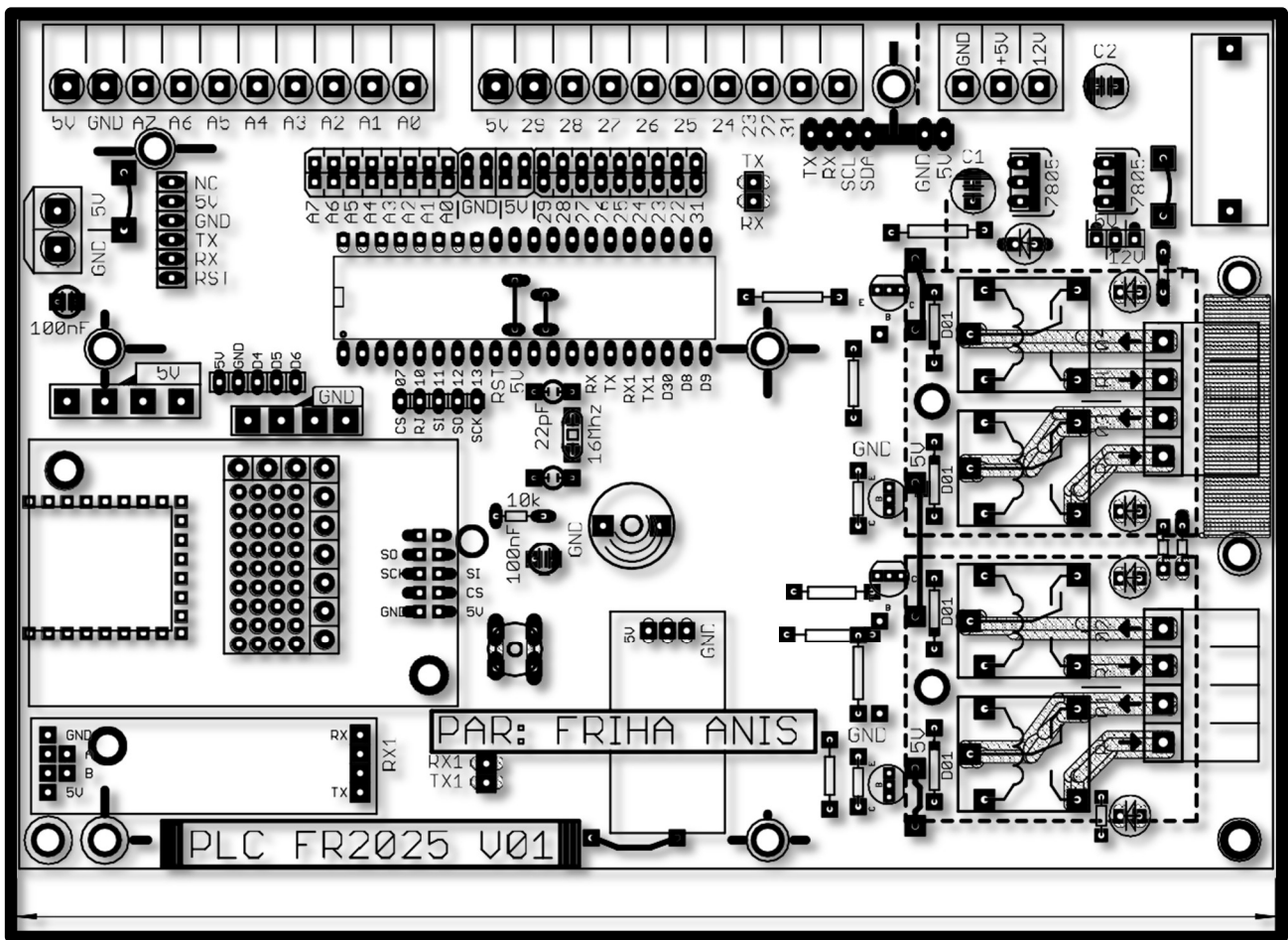
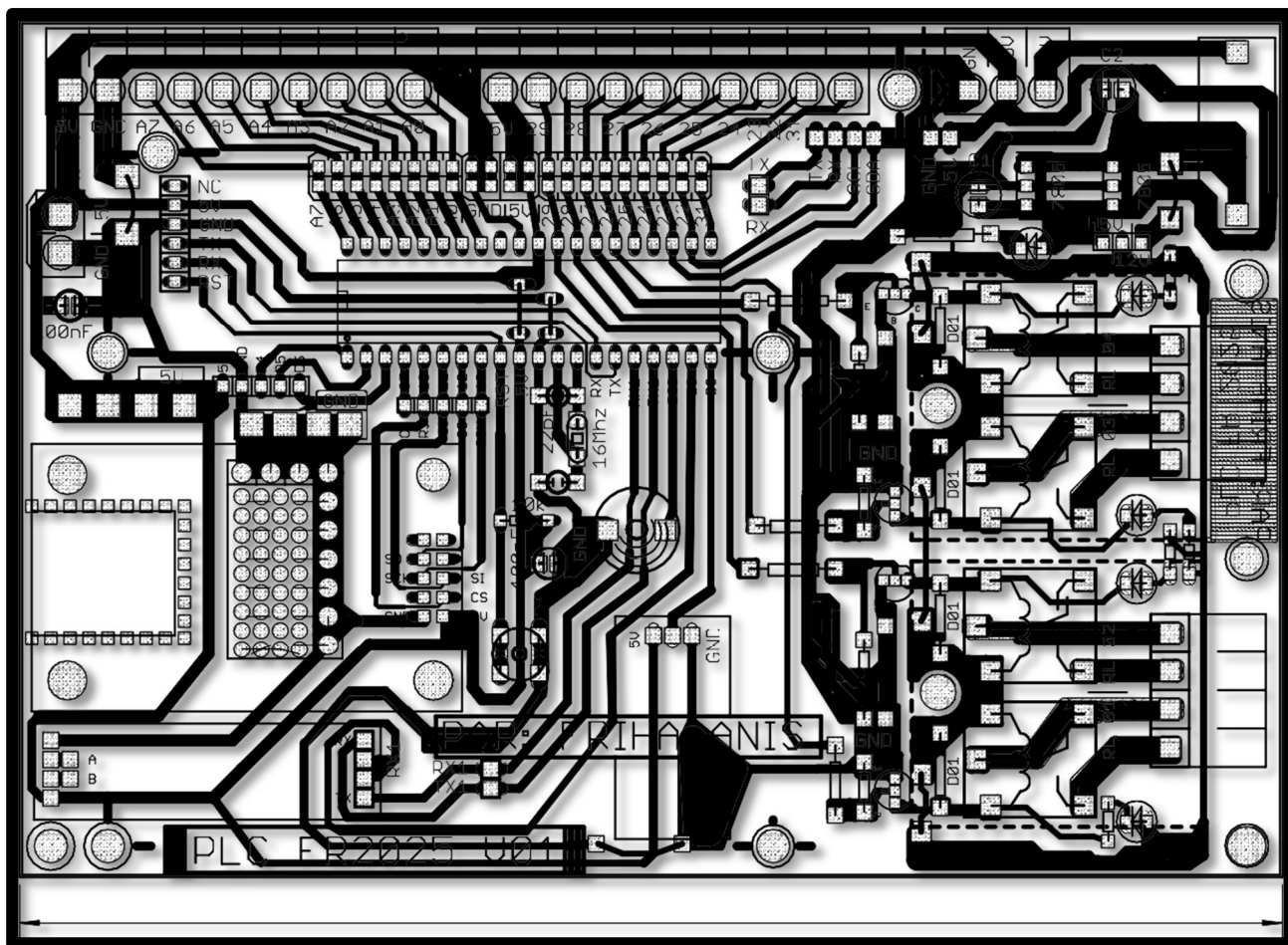


Figure III. 22:Schéma du montage de la PLC FR 2025 V 01

Le routage de la carte de la PLC FR 2025 V 01 réalisé est schématisé à la figure suivante :



167.64

Figure III. 23: Routage de la carte de la PLC FR 2025 V 01

Le Typon de la carte PLC FR 2025 V 01 réalisé est schématisé à la figure suivante :

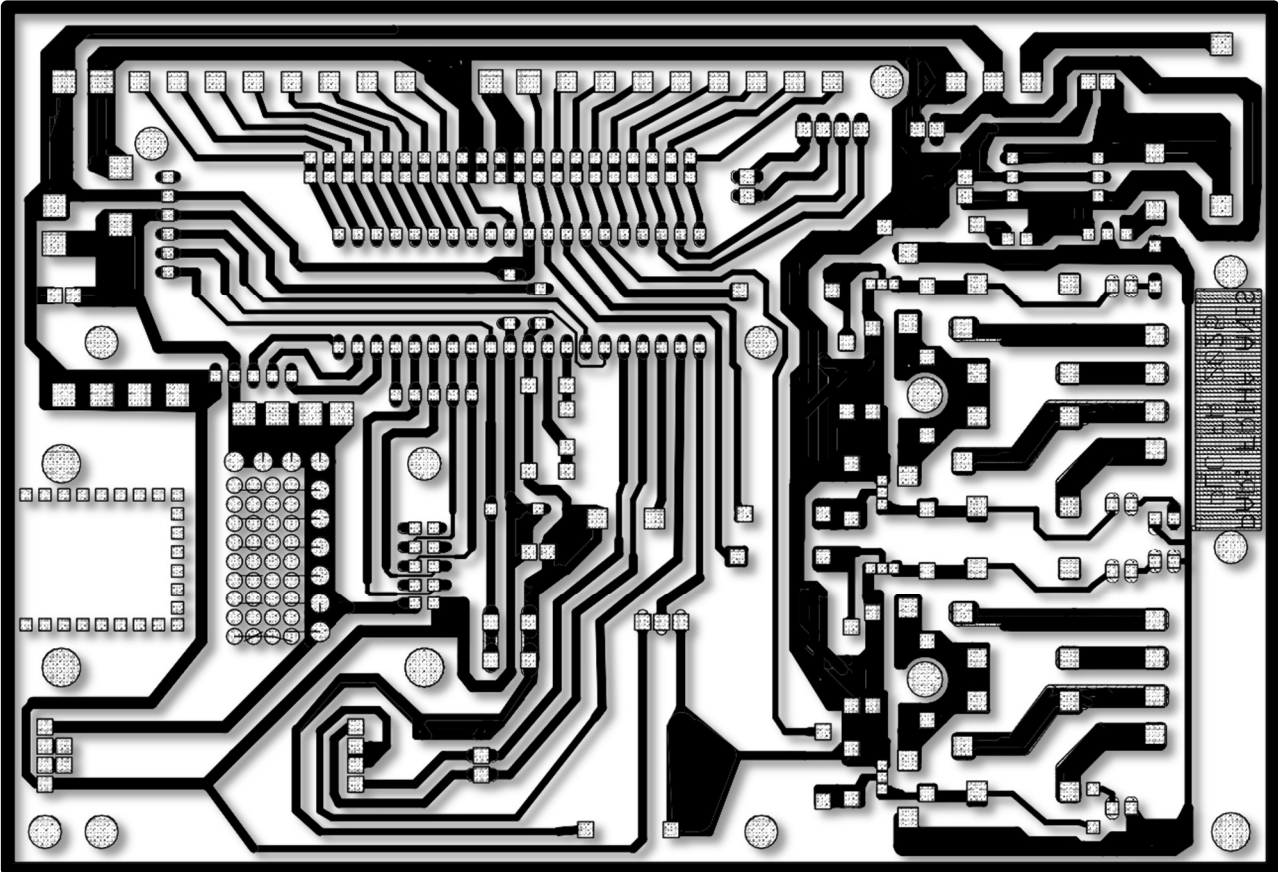


Figure III. 24:Typon de la carte PLC FR 2025 V 01

III.4.3 REALISATION PRATIQUE

Le schéma d'implantation des composants est représenté aux deux figures suivantes : la figure suivante :

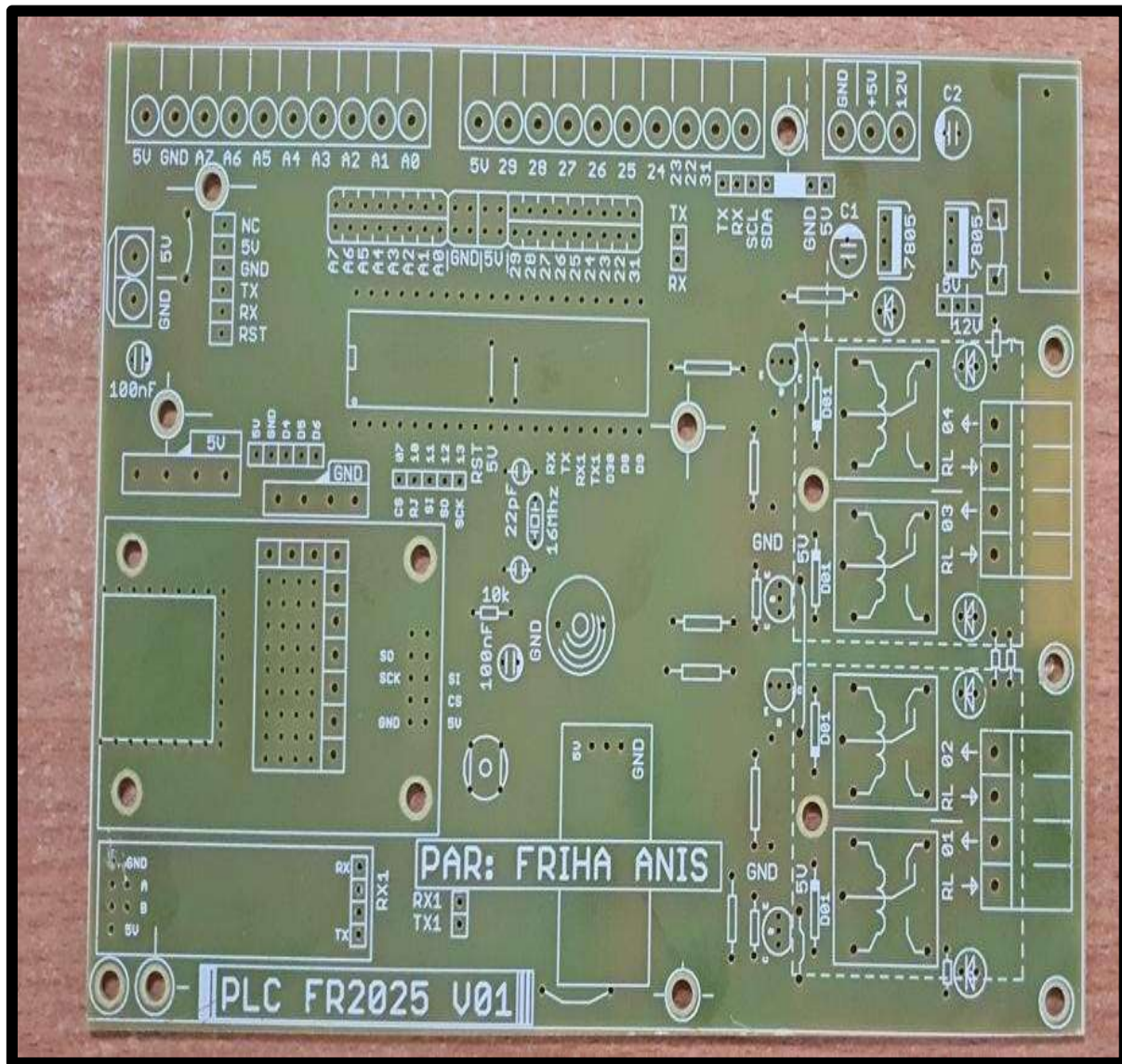


Figure III. 25:face avant de la carte

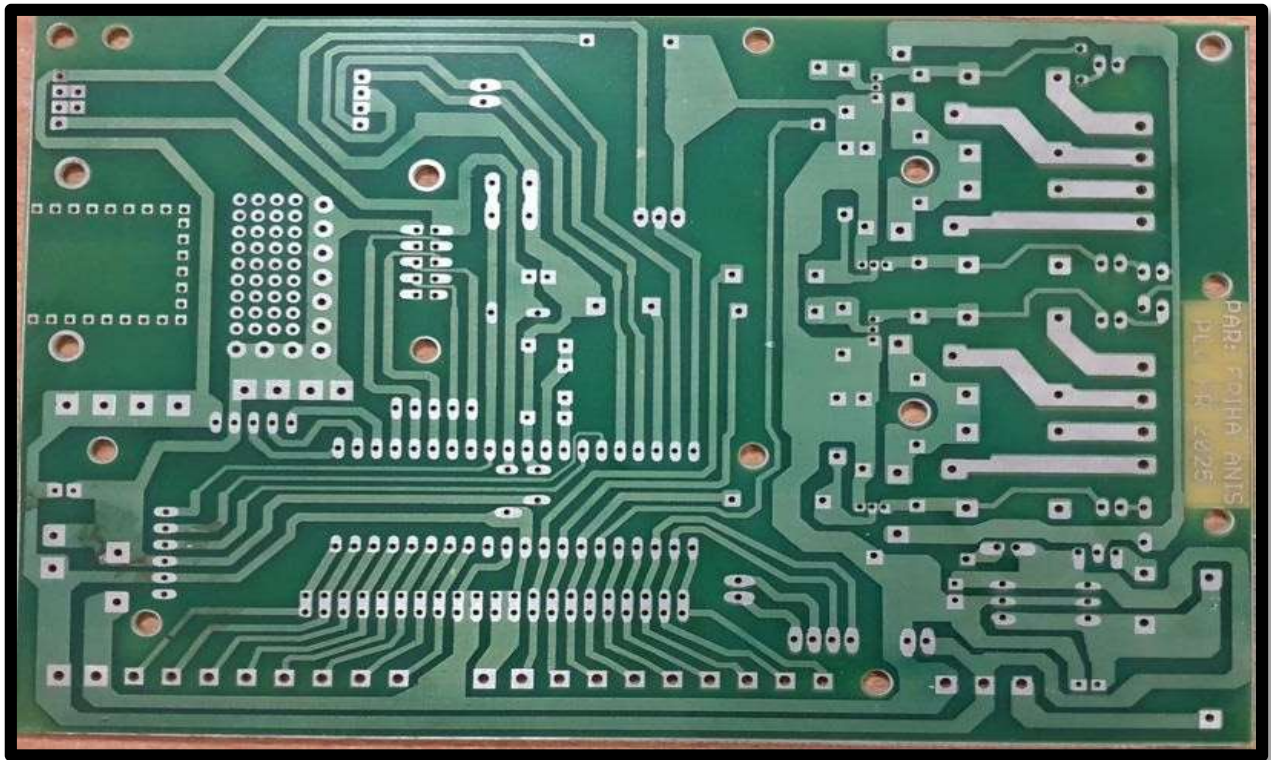


Figure III. 26:face de soudure de la carte

La figure III.27 représente la carte après soudage des différents composants.

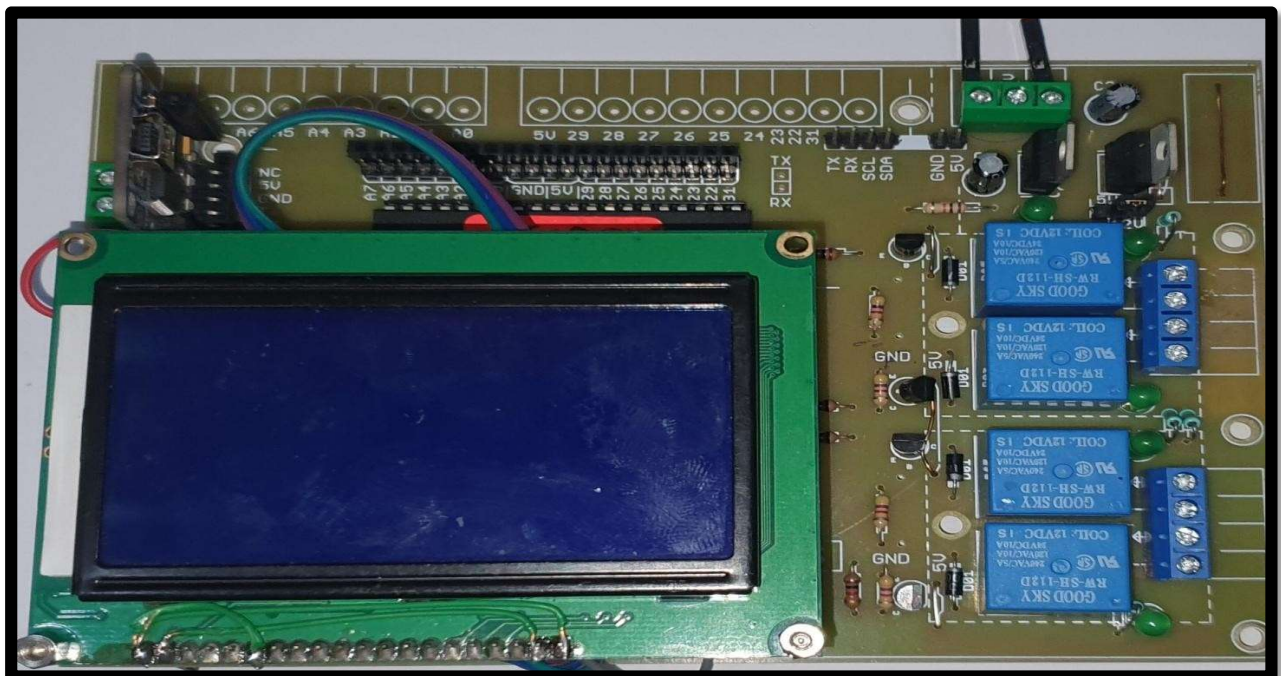


Figure III. 27:Carte Plc fr 2025 VO1 après le soudage des composants

III.4.4 La nomenclature

La nomenclature suivante, présentée sous forme de tableau (Tableau III.2), détaille l'ensemble des composants utilisés, avec leurs désignations, quantités et Fabricant / Marque principale.

Composants	Quantités	Fabricant / Marque principale
ATmega1284P	1	Microchip Technology
Module ENC28J60	1	Microchip Technology
Un convertisseur USB vers TTL	1	Silicon Labs CP2102 , WCH CH340 ...
Afficheur GLCD	1	Newhaven Display
DHT11	1	Aosong (Amphenol)
Transistor BC547	4	ON Semiconductor, Fairchild, NXP...
Relais 12V	4	Omron...
LED	5	Divers fabricants
Bornier 2T, 3T, 4T	1, 1, 2	WAGO
Régulateur LM7805	2	Texas Instruments
CAP22pF,100nF,100uF	2 ,1, 3	Nichicon
Quartz	1	Epson
buz	1	Divers fabricants
resistance	14	Vishay...
Support ATmega1284P, barette MM, barette MF	1, 2, 2	Divers fabricants

Tableau III. 2:La nomenclature

III.5 Programmation de la PLC FR 2025 V01

La programmation du PLC FR 2025 V 01 se réalise en plusieurs étapes essentielles, depuis l'installation des logiciels requis jusqu'à l'injection du programme dans le microcontrôleur. Voici les différentes phases à suivre :

III.5.1 Étapes de Programmation de la carte

a. Installation du Logiciel Arduino IDE

- **Définition** : L'Arduino IDE (Integrated Development Environment) est un logiciel open-source permettant d'écrire et de téléverser des programmes sur des microcontrôleurs compatibles avec les cartes Arduino.
- La première étape consiste à ouvrir le logiciel Arduino IDE (Figure III.28).



Figure III. 28:Logo de logiciel Arduino IDE [10]

b. Configuration de l'IDE pour ATmega 1284P

Il est indispensable d'ajouter le microcontrôleur ATmega1284P à l'Arduino IDE pour pouvoir injecter le programme dans la carte PLC FR 2025 V 01. Pour ce faire, il faut télécharger les fichiers spécifiques du cœur « Mighty 1284p » (qui inclut le bootloader Optiboot recommandé) et les copier dans le dossier « hardware » de l'installation Arduino, généralement situé à l'adresse « C:\Program Files (x86)\Arduino\hardware ». Après avoir redémarré l'IDE Arduino, il convient de sélectionner la carte correspondante : « Mighty 1284p 16MHz using Optiboot » dans le menu OUTILS > TYPE DE CARTE.

La figure ci dessous montre le type de carte qu'on doit choisir :

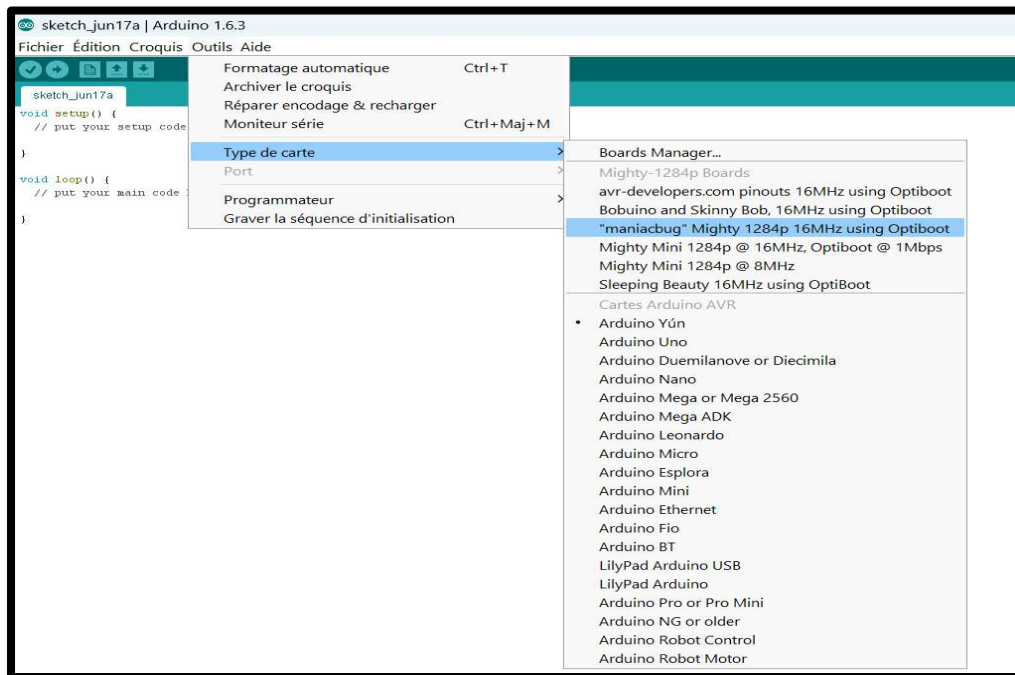


Figure III. 29: Configuration de l'IDE pour ATMega 1284P

c. Écriture du Programme

- L'éditeur de code d'Arduino IDE est utilisé pour écrire le programme souhaité, en incluant les bibliothèques nécessaires et en respectant la syntaxe Arduino.

d. Compilation et Vérification

- Après l'écriture du code, la compilation et la vérification se font en cliquant sur le bouton "Verify" pour s'assurer qu'il n'y a pas d'erreurs de syntaxe ou de compilation.

e. Injection du Programme

- Une fois le code compilé, le programme est injecté dans la carte PLC FR 2025 V 01 via le module TTL XBee en sélectionnant le bon port série dans Arduino IDE sous "Tools" > "Port" et en cliquant sur le bouton "Upload".

III.6 Spécifications de l'interface Homme-Machine (IHM)

III.6.1 Définition

Une Interface Homme-Machine (IHM) est un dispositif ou un logiciel qui facilite l'interaction entre les utilisateurs et une machine, un système ou un processus. Elle offre

une interface visuelle ainsi que des outils de contrôle permettant de superviser et de gérer les opérations.

III.6.2 Choix de l'IHM

Dans notre implémentation, l'IHM utilisée est le modèle Samkoon SK070QS (Figure III. 30), programmé à l'aide du logiciel SKTool7.1. Cette IHM a été sélectionnée sur la base de divers critères, notamment la fiabilité, l'interface conviviale et le coût abordable. Ces facteurs sont essentiels pour garantir que nos projets reçoivent des solutions efficaces et efficientes. Son logiciel SKTool 7.1 offre également une flexibilité de programmation importante, facilitant ainsi l'adaptation aux besoins spécifiques de notre système.[14]



Figure III. 30: IHM SAMKOON SK070QS [11]

III.6.3 Caractéristique de l'IHM samkoon

Les Caractéristiques de l'ihm samkoon sont données au tableau suivant :

Dimensions	203 × 145 × 35 (mm)
Poids	700g
Taille d'affichage	7" (16 :9)
Résolution (pixels)	800 × 480
Écran	Tactile haute precision
Couleurs d'affichage	16,77 millions
Module de rétroéclairage	DEL
Contraste	400 :1
Luminosité (cd/m²)	450
Mémoire	128 Mo FLASH + 128 Mo DDR3
Processeur	Cortex A7 1GHz. Double cœur
Classe de protection	IP65 (face avant)
Alimentation	DC12~24V) ±15%
Consommation électrique	4 W
Interface série	COM1: RS232 /COM2: RS485/COM3:485
Port de téléchargement USB	OUI
Port USB type C	OUI
Carte SD	NON
Port Ethernet (RJ45)	OUI
Wi-Fi	NON
3G/4G	NON
Température de l'environnement de travail	-20°C~55°C (pas de congélation)
Humidité de l'environnement de travail	5 à 95 % HR (sans condensation)
Résistance aux chocs	10 ~ 25 HZ (direction XYZ 2G/30 minutes)
Logiciel de programmation	SKTOOL7.1

Tableau III. 3:Caractéristiques de l'ihm samkoon

III.6.4 Logiciel SKTOOL 7.1[15]

Le logiciel SKTOOL 7.1 sert à configurer et développer les interfaces homme-machine (IHM) de la série Samkoon SK. Il offre une plateforme facile à utiliser pour que les ingénieurs puissent créer et gérer leurs projets. Ce logiciel est simple tout en proposant beaucoup de fonctions, ce qui aide à réaliser des projets d'automatisation (Figure III.31).

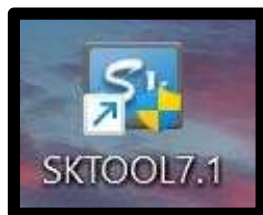


Figure III. 31:Logiciel SKTOOL 7.1

III.6.4.1 Parties Essentielles de SKTOOL 7.1 [15]

a. Partie Design

- **Interface de Conception** : La partie design du logiciel SKTOOL permet de créer toutes les images et écrans de l'IHM. Son interface est facile à utiliser, un peu comme Windows, ce qui facilite son apprentissage. On peut utiliser des formes simples, des couleurs, du texte, des animations, des images, des graphiques, et gérer les alarmes. Cela permet aux ingénieurs de faire des écrans clairs et interactifs.

La figure ci-dessous représente la Partie design de logiciel SKTOOL

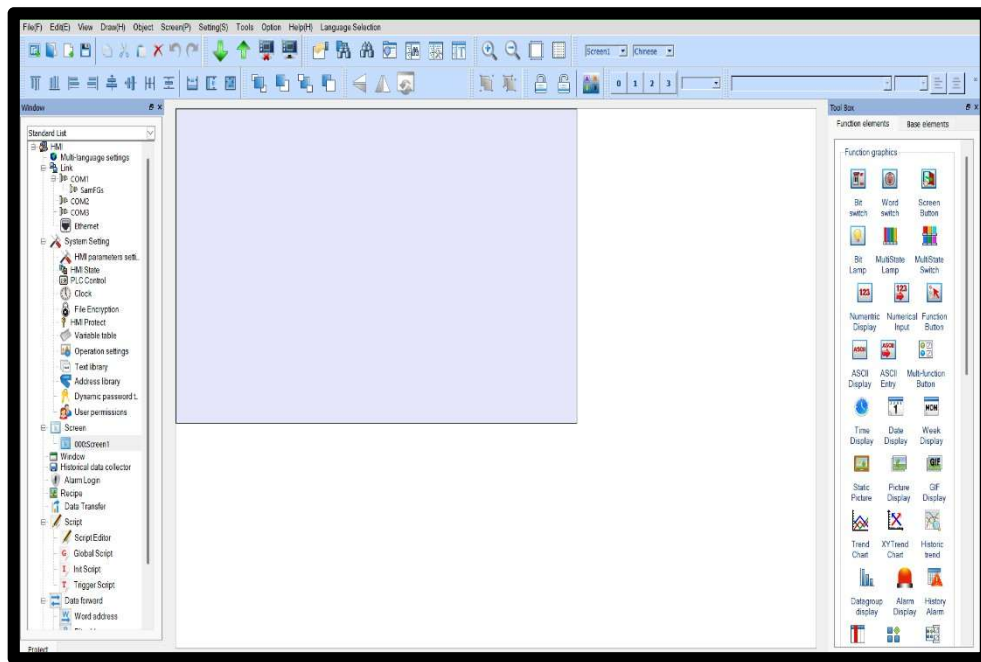


Figure III. 32:Partie design de SKTOOL

- Galerie et Ressources** : SKTOOL propose une grande collection d'éléments graphiques comme des voyants lumineux en 3D, des boutons, des moteurs, des réservoirs, des tuyaux, des graphiques en barres, et bien d'autres, souvent animés pour rendre les écrans plus vivants. Il est aussi possible d'ajouter des galeries personnalisées et d'importer des images depuis Windows.



Figure III. 33:Galerie et ressources de logiciel SKTOOL

b. Partie script

- **Programmation (Script) :** La partie script de SKTOOL (Figure III.34) sert à programmer le comportement de l'IHM avec le langage C. Les ingénieurs peuvent écrire des scripts pour contrôler précisément les actions de l'IHM, comme la communication, les réglages, la gestion des images, les alarmes, les formules et la collecte des données historiques.

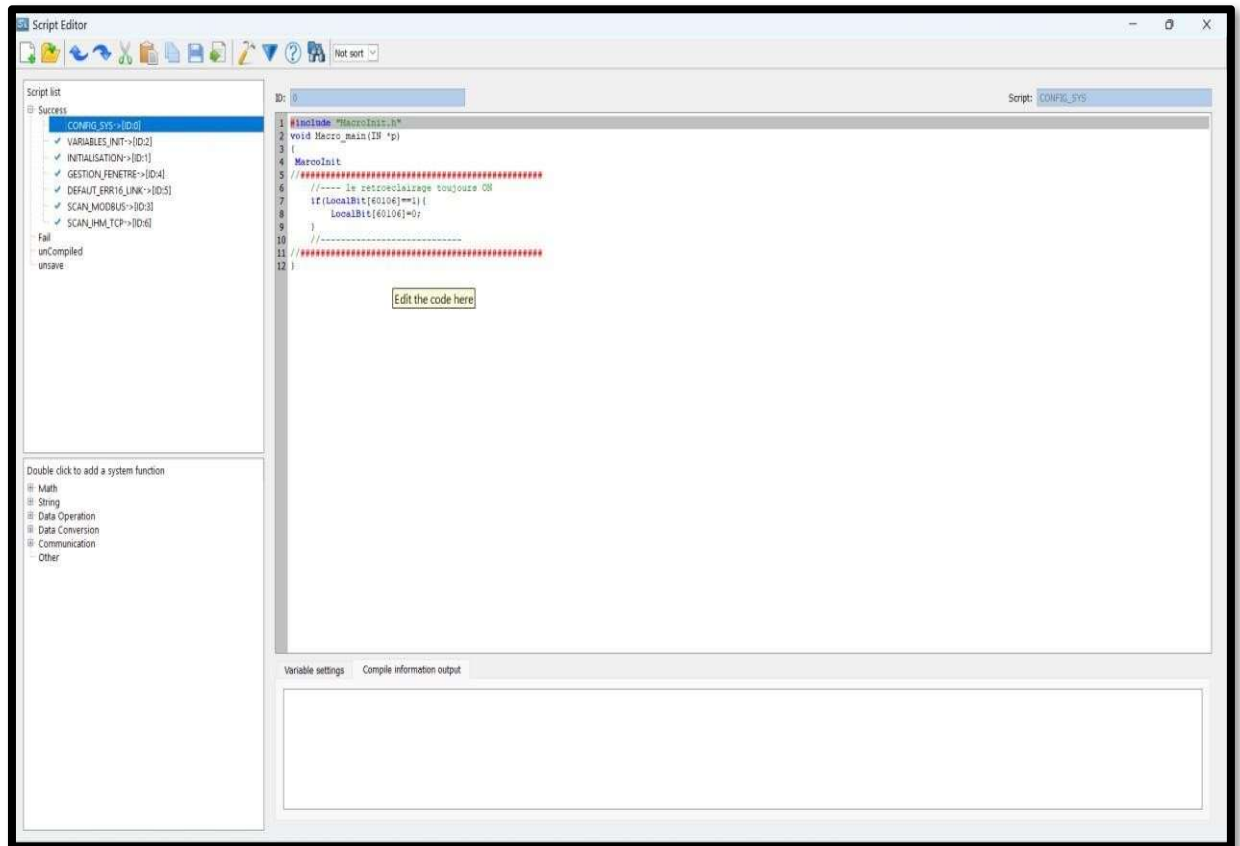


Figure III. 34:La partie script sur le logiciel SKTOOL

- **Setting Table** : Cette partie permet de définir des variables (Figure III. 35), en précisant leur nom, type, taille, mode lecture/écriture, adresse et type de connexion. Cela aide à organiser les données utilisées par l'IHM et à assurer une bonne communication avec les appareils connectés, comme notre carte PLC FR 2025 V 01.

	Name	Data type	Bytes	R/W	Register	Address	Connect Type	Station
1	READ_VOLT	16-Bit Unsign...	2	R/W	4x	10	0:RS485:5	0
2	READ_AMPER	16-Bit Unsign...	2	R/W	4x	11	0:RS485:5	0
3	SYS_ON_OFF	16-Bit Unsign...	2	R/W	4x	60	0:RS485:5	0
4	SYS_AUTO_M...	16-Bit Unsign...	2	R/W	4x	61	0:RS485:5	0
5	REDRESSEUR_...	16-Bit Unsign...	2	R/W	4x	14	0:RS485:5	0
6	REDRESSEUR_...	16-Bit Unsign...	2	R/W	4x	15	0:RS485:5	0

Figure III. 35:Setting table de logiciel SKTOOL

III.6.4.2 Configuration pour l'IHM SAMKOON SK-070QS

Avant de commencer la programmation ou la conception de l'interface de l'IHM SAMKOON SK-070QS avec Samkoon 7.1, il est essentiel de réaliser une configuration initiale. Cette étape permet de s'assurer que tous les paramètres nécessaires sont bien définis pour garantir un fonctionnement optimal de l'IHM. Les configurations requises sont illustrées dans les deux figures suivantes :

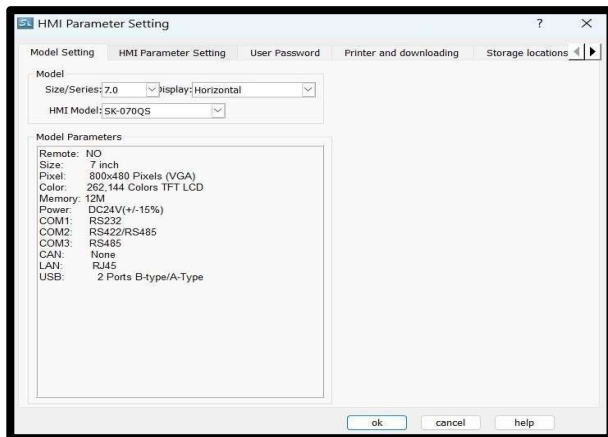


Figure III. 36:Setting table de logiciel SKTOOL

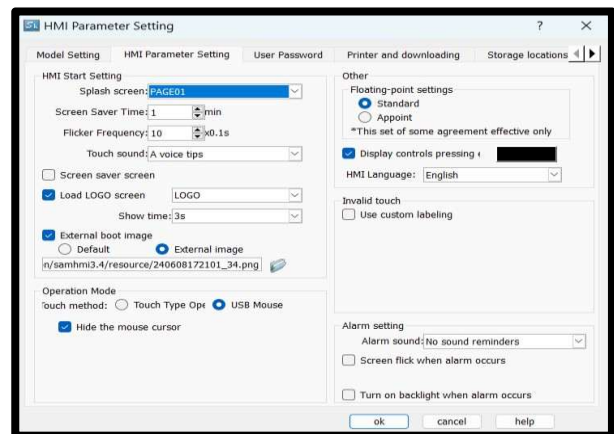


Figure III. 37:paramétrage logiciel

III.6.5 Communication entre l'IHM et le PLC via Ethernet

La communication Ethernet entre l'IHM et le PLC permet une transmission rapide et fiable des données. Voici les étapes pour configurer cette communication :

III.6.5.1 Configuration matérielle

La connexion : Pour connecter notre carte PLC FR 2025 V 01 à une IHM Samkoon SK070QS, il est généralement recommandé d'utiliser un câble Ethernet RJ 45 croisé (câble crossover) , Ce type de câble permet la communication directe entre les deux appareils en croisant les fils de transmission et de réception (Figure III.38).

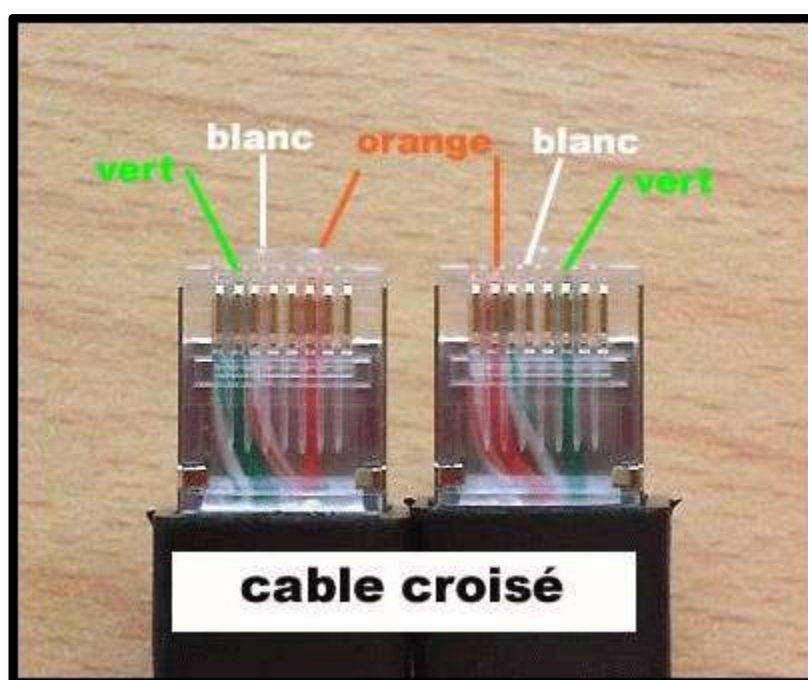


Figure III. 38:un câble Ethernet RJ 45 croisé

III.6.5.2 Configuration logicielle

a. Paramétrage de l'IHM :

- Pour accéder aux propriétés du port de communication de l'IHM, il faut choisir « Port Ethernet » dans les paramètres.
- Pour configurer les paramètres IP, les adresses IP du PLC et de l'IHM doivent être dans le même sous-réseau (par exemple 192.168.1.200) avec un masque de sous-réseau de 255.255.255.0.

III.6.7.1 Interface 1 : Redresseur

Il s'agit de la première interface (Figure III. 40) et de la fenêtre principale de l'IHM. Elle affiche les principaux paramètres de fonctionnement du redresseur, notamment son état, un bouton marche/arrêt, ainsi que le courant et la tension alimentant l'électrolyseur. Un bouton permet également de basculer entre les modes de fonctionnement de la station, manuel ou automatique.

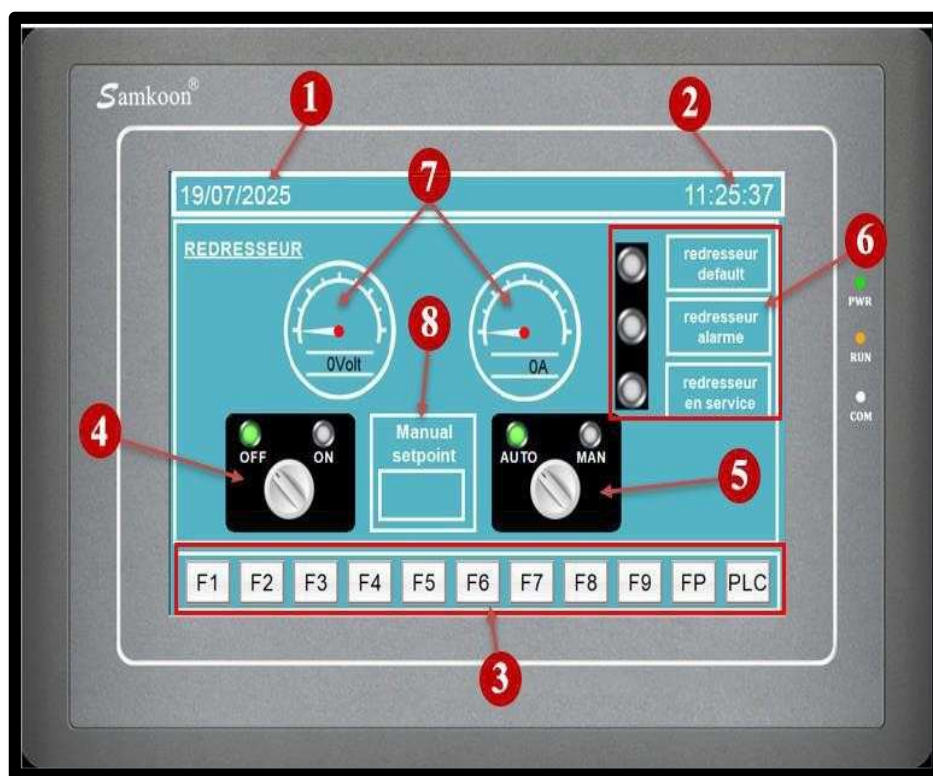


Figure III. 40:Interface 1

Le tableau ci-dessous représente le Guide des Composants de l'interface 1 de l'IHM

Numéro	Signification
1	Date
2	Heure
3	<p>Bouton pour changer d'interface :</p> <ul style="list-style-type: none"> • FP : Interface du redresseur (fenêtre principale). • F1 : Interface de l'électrolyseur. • F2 : Interface du laveur H2. • F3 : Interface du gazomètre. • F4 : Interface du compresseur. • F5 : Interface du sécheur H2. • F6 : Interface du cadre H2. • F7 : Interface des alarmes. • F8 : Interface du tableau des variables. • F9 : Interface vide • PLC : Laisser le choix du contrôle des interfaces à la PLC
4	Bouton pour démarrer ou arrêter le système
5	Bouton pour activer le mode manuelle ou automatique du Système
6	Led qui définit l'état du redresseur
7	Compteur du courant et voltage qui alimente l'électrolyseur
8	Manuel setpoint : pour définir le courant qui alimentera L'électrolyse. Marche en mode manuelle seulement

Tableau III. 4:Guide des Composants de l'interface 1 de l'ihm

Les boutons pour changer d'interface sont disponibles dans toutes les interfaces, facilitant ainsi la navigation entre ces derniers. La même chose pour la date et heure.

Pour configurer la date et l'heure dans l'IHM il suffit de se rendre dans l'interface principale et d'appuyer sur la date ou l'heure.



Figure III. 41: Configuration de l'heure et date

III.6.7.2 Interface 2 : Électrolyseur

Cette interface est dédiée à l'électrolyseur (Figure III. 42) et les deux séparateurs H2/O2. Elle affiche les variables clés comme l'état de l'électrolyseur, l'état et le débit de la pompe qui alimente le circuit avec de la lessive, la température et le niveau de la lessive dans les séparateurs.

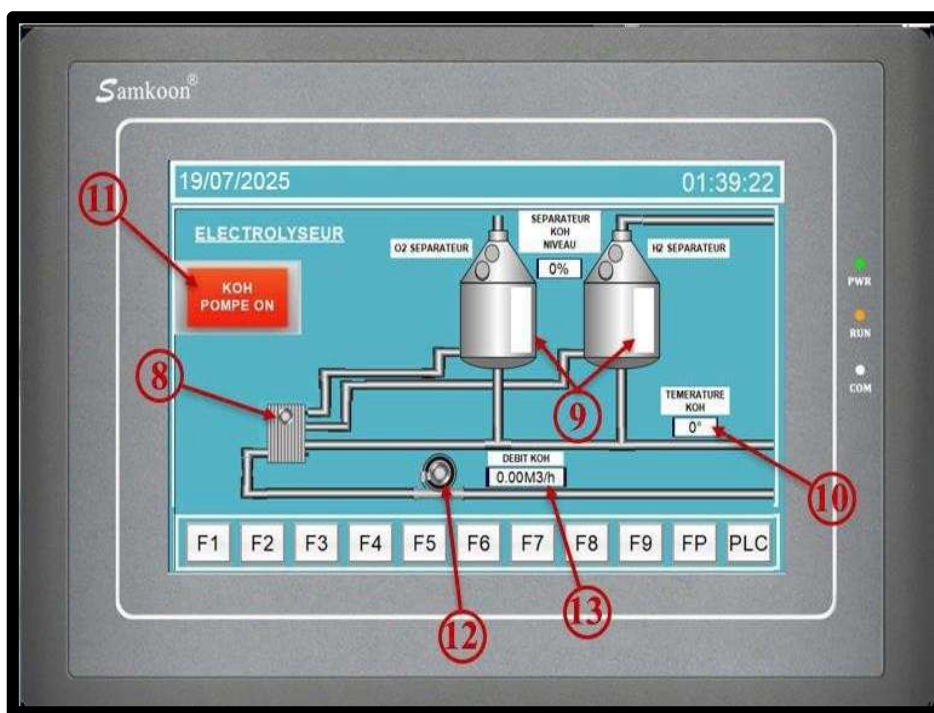


Figure III. 42: Interface 2

Le guide des Composants de l'interface 2 de l'IHM est illustré au tableau ci-dessous :

Numéro	Signification
8	Electrolyseur avec une led qui définit son états (marche ou arrêt).
9	Diagramme en barres qui indique le niveau de lessive dans les séparateurs.
10	Température de la lessive dans le circuit.
11	Bouton pour démarrer ou arrêter la pompe du circuit de lessive.
12	Pompe du circuit de lessive avec une led qui indique son état.
13	Débit de la pompe

Tableau III. 5:Guide des Composants de l'interface 2 de l'ihm

III.6.7.3 Interface 3 : Laveur H2

Les utilisateurs peuvent surveiller et contrôler le laveur d'hydrogène, allumer ou éteindre la pompe de circulation de l'eau du laveur, connaître le niveau d'eau dans le laveur et faire la vidange d'eau en ouvrant la vanne (Figure III.43).

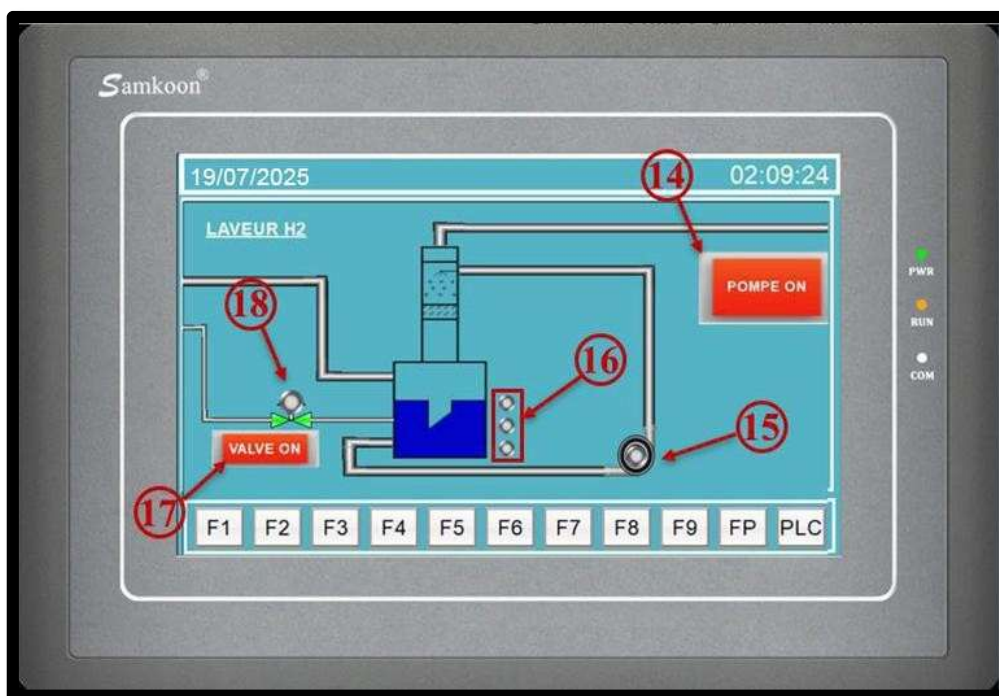


Figure III. 43:Interface 3

Le guide des Composants de l'interface 3 de l'IHM est illustré au tableau suivant :

Numéro	Signification
14	Bouton pour démarrer ou arrêter la pompe du circuit du laveur.
15	Pompe du circuit de lessive avec une led qui indique son état.
16	3 leds qui indiquent le niveau d'eau dans le laveur.
17	Bouton pour ouvrir ou fermer la vanne de vidange.
18	Vanne de vidange avec une led qui montre son état (vanne ouverte/fermer).

Tableau III. 6:Guide des Composants de l'interface 3 de l'IHM

III.6.7.4 Interface 4 : Gazomètre

L'interface du gazomètre (Figure III. 44) permet de suivre la quantité de gaz stockée.

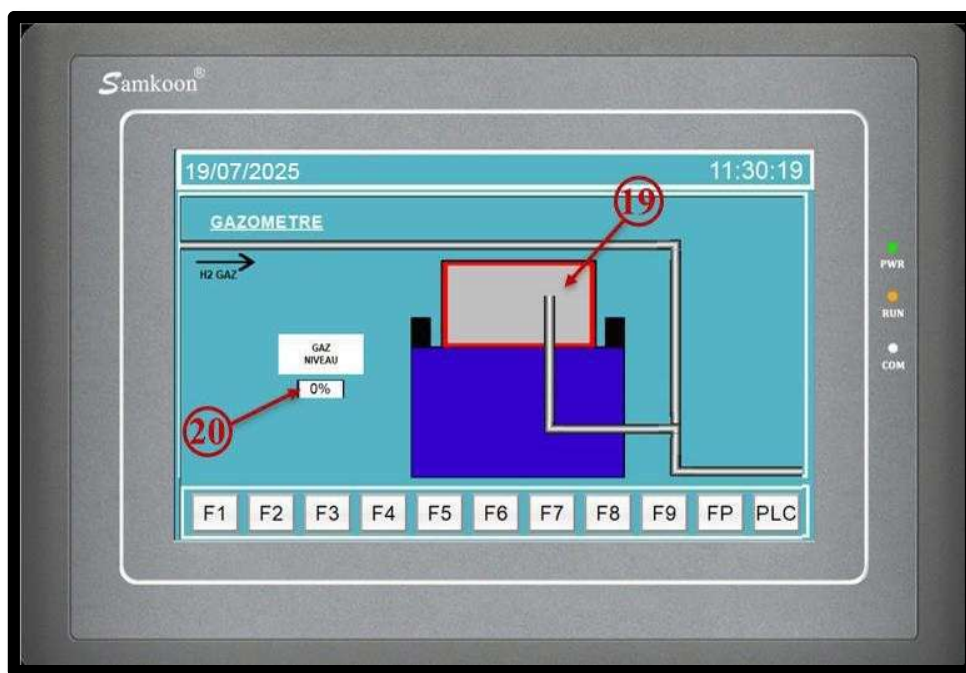


Figure III. 44:Interface 4

Le guide des Composants de l'interface 4 de l'IHM est illustre dans tableau ci-dessous :

Numéro	Signification
19	Diagramme en barres qui indique le niveau du gaz h2 stocké dans le gazomètre
20	Niveau du gaz h2 stocké dans le gazomètre en %

Tableau III. 7:Guide des Composants de l'interface 4 de l'IHM

III.6.7.5 Interface 5 : Compresseur

Cette interface (Figure III.45) est dédiée au compresseur. Elle affiche l'état du compresseur ainsi que les pressions à l'entrée et à la sortie.

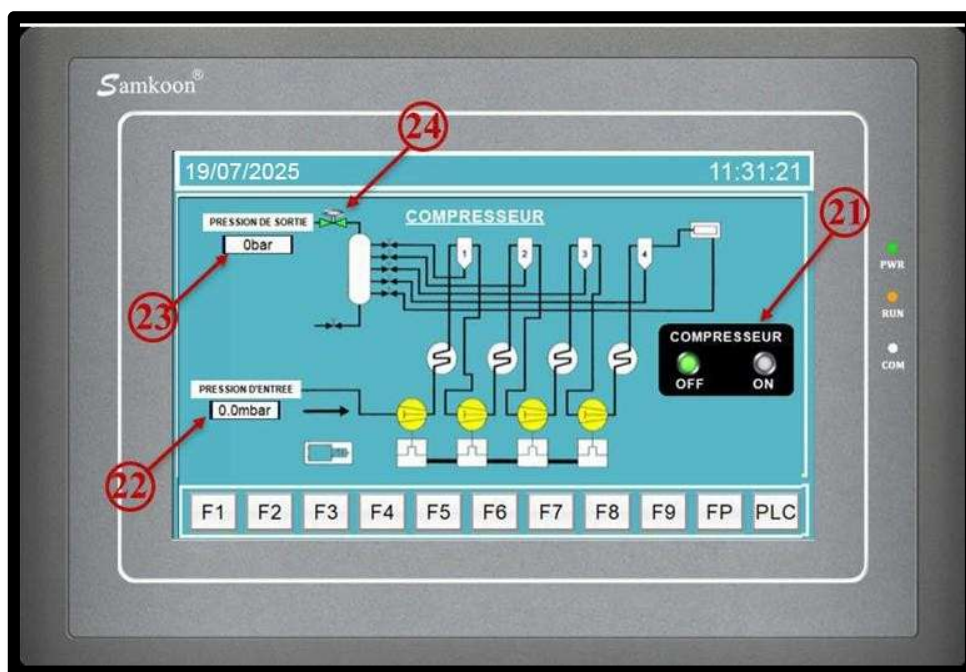


Figure III. 45:Interface 5

Le Guide des Composants de l'interface 5 de l'IHM est illustré au tableau suivant :

Numéro	Signification
21	Deux led qui représentent l'état du compresseur.
22	Pression d'entrée du gaz H2 en mbar.
23	Pression de sortie du gaz H2 en bar.
24	Vanne du compresseur avec une led qui indique son état

Tableau III. 8:Le Guide des Composants de l'interface 5 de l'IHM

III.6.7.6 Interface 6 : Sécheur H2

Sur cette interface, les paramètres de séchage de l'hydrogène sont affichés. Les utilisateurs peuvent visualiser le temps de séchage du gaz h2 et l'état des différentes vannes (Figure III.46)

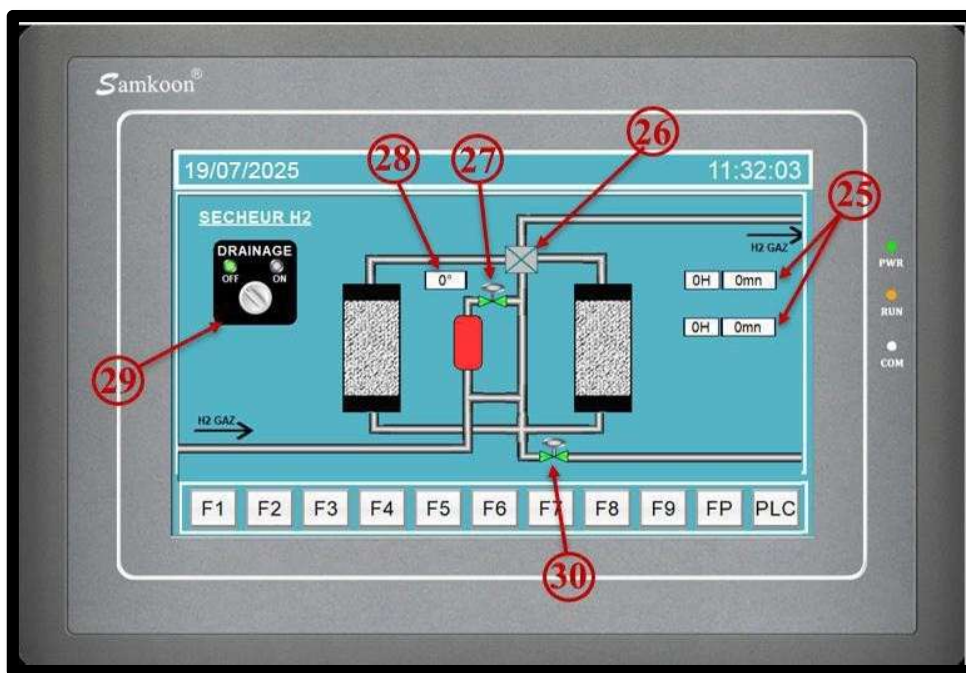


Figure III. 46:Interface 6

Le Guide des Composants de l'interface 6 de l'IHM est illustré au tableau suivant :

Numéro	Signification
25	Temps du cycle et temps de régénération
26	Vanne
27	Vanne avec led qui indique son état
28	Température
29	Bouton pour ouvrir ou fermer la vanne de drainage
30	Vanne de drainage avec led qui indique son état

Tableau III. 9:Guide des Composants de l'interface 6 de l'IHM

III.6.7.7 Interface 7 : Cadre H2

Cette interface permet de visualiser et de surveiller le cadre d'hydrogène. La pression du cadre est affichée (Figure III.47).

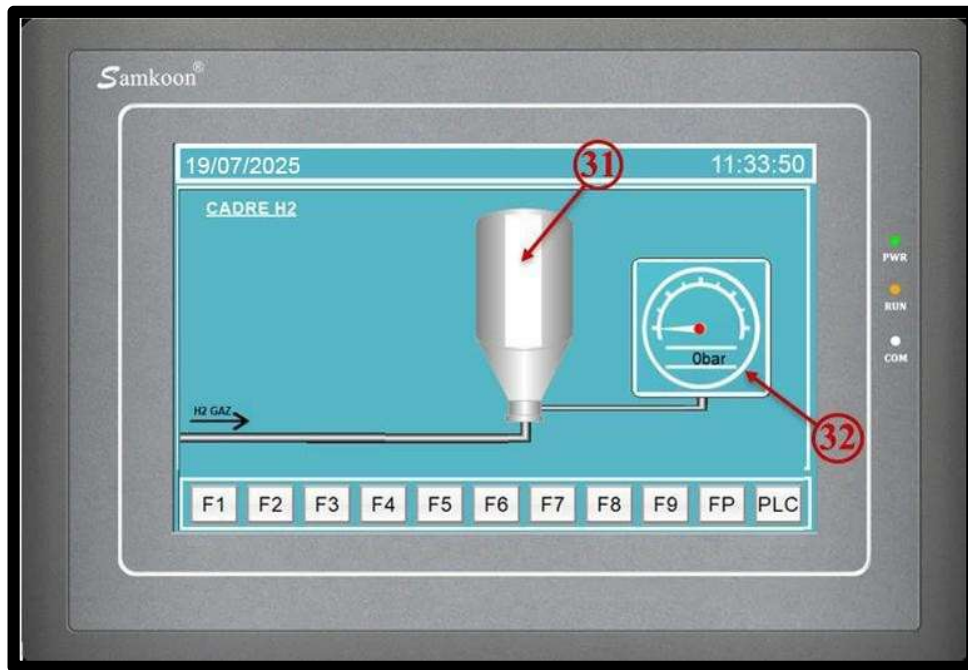


Figure III. 47:Interface 7

Le guide des composants de l’interface 7 de l’ihm est illustré au tableau suivant :

Numéro	Signification
31	Diagram de bar indiquant le remplissage des cadres H2
32	Compteur indique la pression en bar du gaz H2 dans le cadre

Tableau III. 10:Guide des Composants de l'interface 7 de l'ihm

III.6.7.8 Interface 8 : Alarmes

L'interface des alarmes affiche toutes les alarmes et les alarmes d'urgence (default) du système. Les utilisateurs peuvent voir les descriptions pour prendre des actions correctives (Figure III.48).

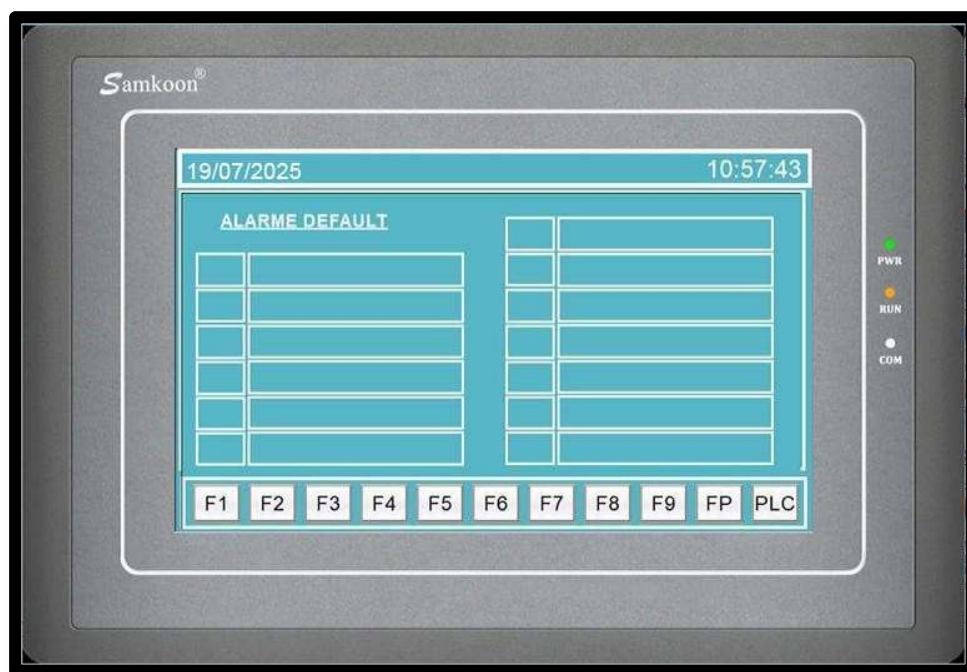


Figure III. 48:Interface 8

Lorsqu'une alarme ou un défaut est détecté, il sera affiché dans un cas sur cette interface. Les alarmes sont affichées en noir, tandis que les défauts sont affichés en rouge.

La figure ci-après représente Les alarmes (noir) et les défauts (rouge) dans l'interfaces 8

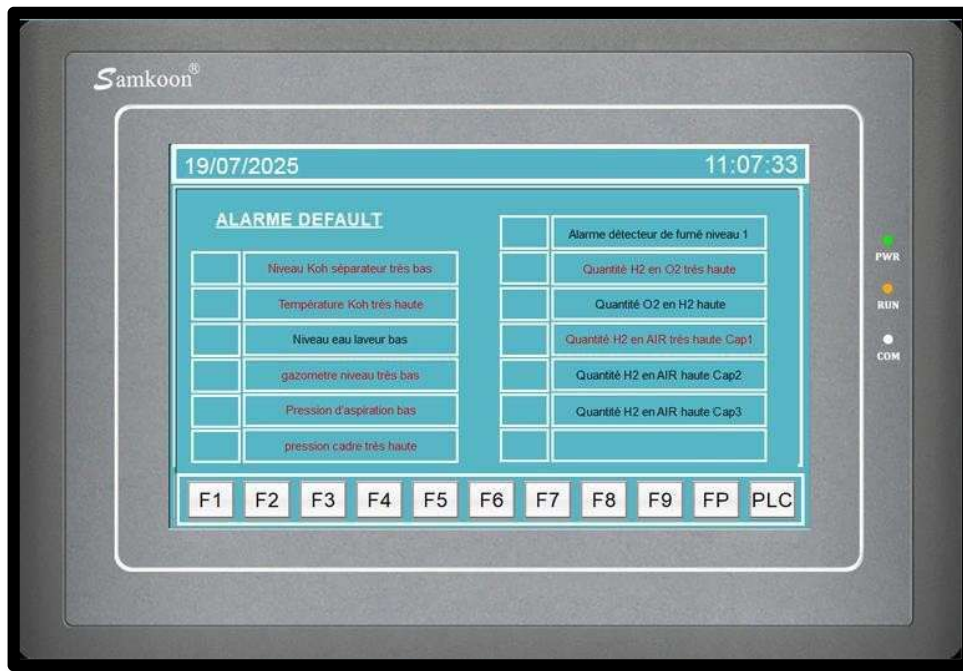


Figure III. 49:affichages des alarmes et defaults dans l'interfaces 8

III.6.7.9 Interface 9 : Tableau des Variables

Cette interface montre un tableau récapitulatif regroupant toutes les variables de la station à hydrogène (Figure III.50).



Figure III. 50:Interfaces 9

III.6.7.10 Interface 10 : Fenêtre à Exploiter

Cette interface, actuellement vide, est réservée pour des utilisations futures. Elle pourra être utilisée pour ajouter des fonctionnalités ou des affichages supplémentaires (Figure III.51).

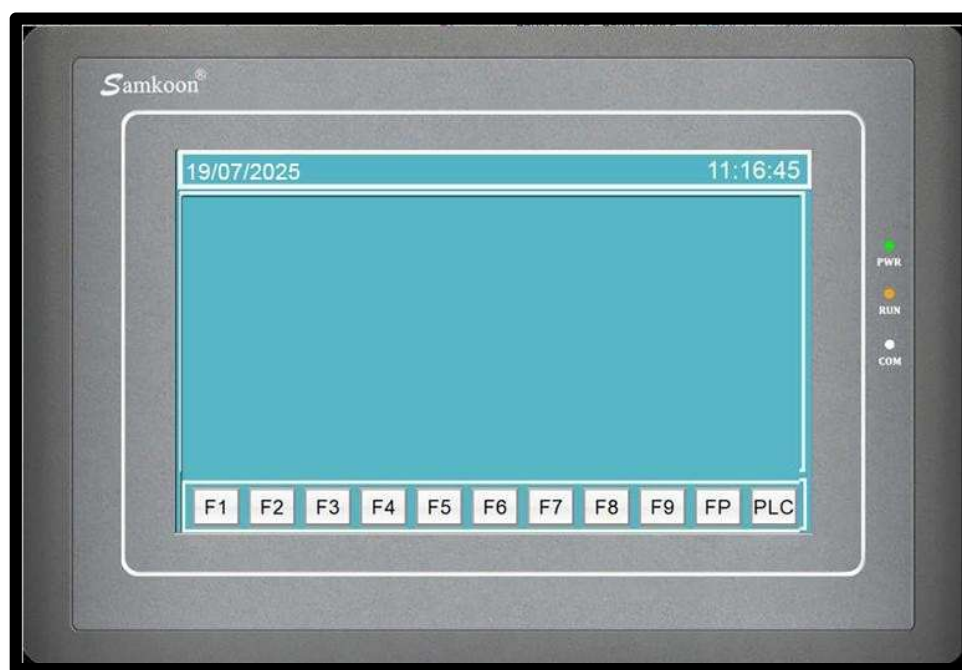


Figure III. 51:Interface 10

III.7 Intégration de la PLC FR 2025 V01 avec l'Interface Homme-Machine (IHM)

Le schéma des figures ci-dessous représente le branchement de la PLC FR 2025 V01 avec l'interface homme-machine (IHM).

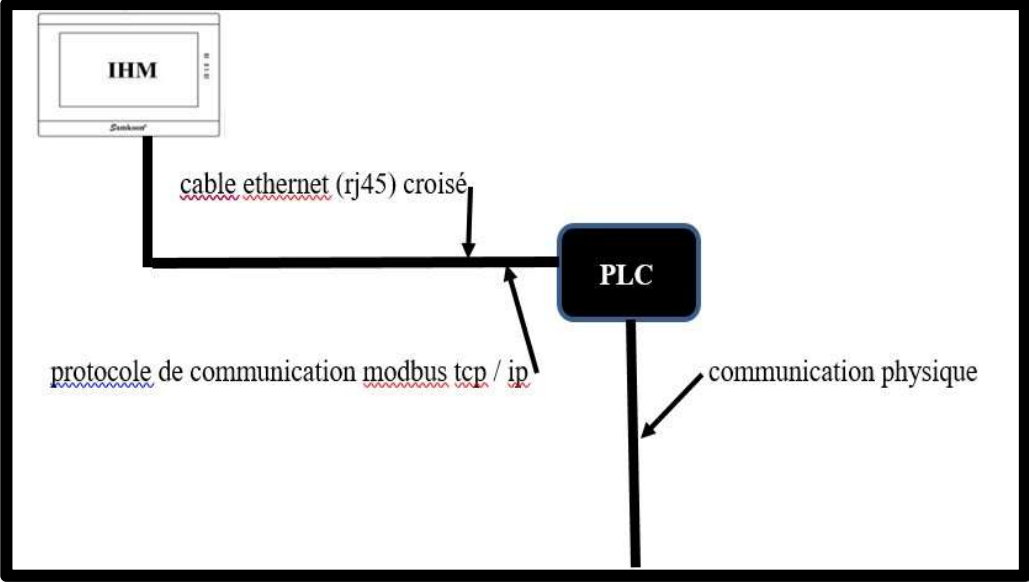


Figure III. 52:Schéma de branchement de la Plc FR 2025 V01 avec l'Ihm

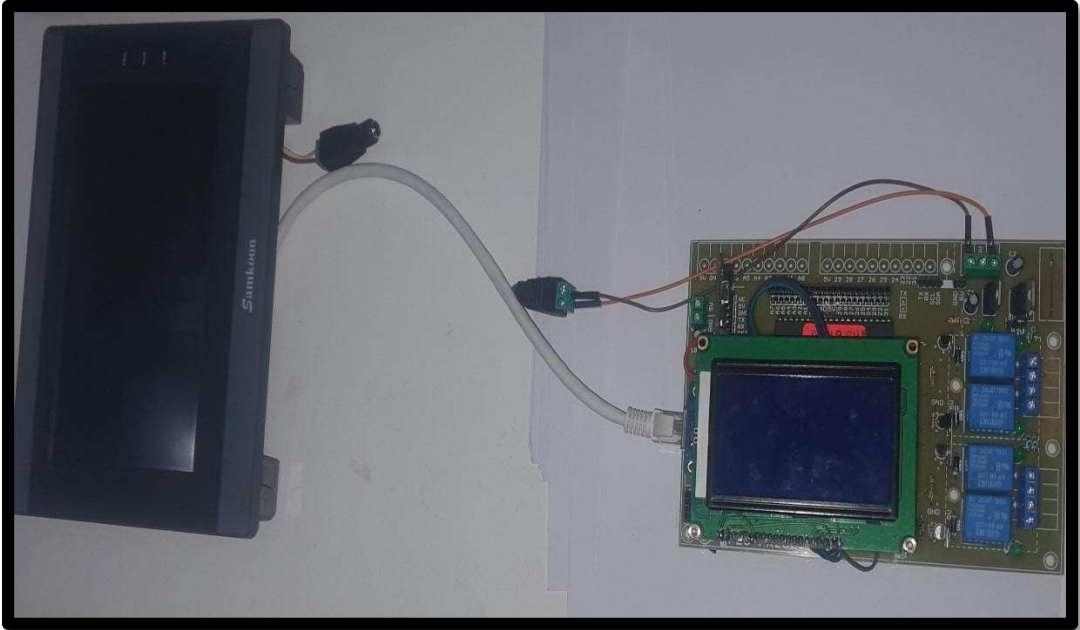


Figure III. 53:Réalisation

III.8 Organigramme du fonctionnement de la PLC FR 2025 avec L'IHM

La figure ci-dessous représente Organigramme du fonctionnement de notre carte PLC 2025 V01 avec l'ihm samkoon.

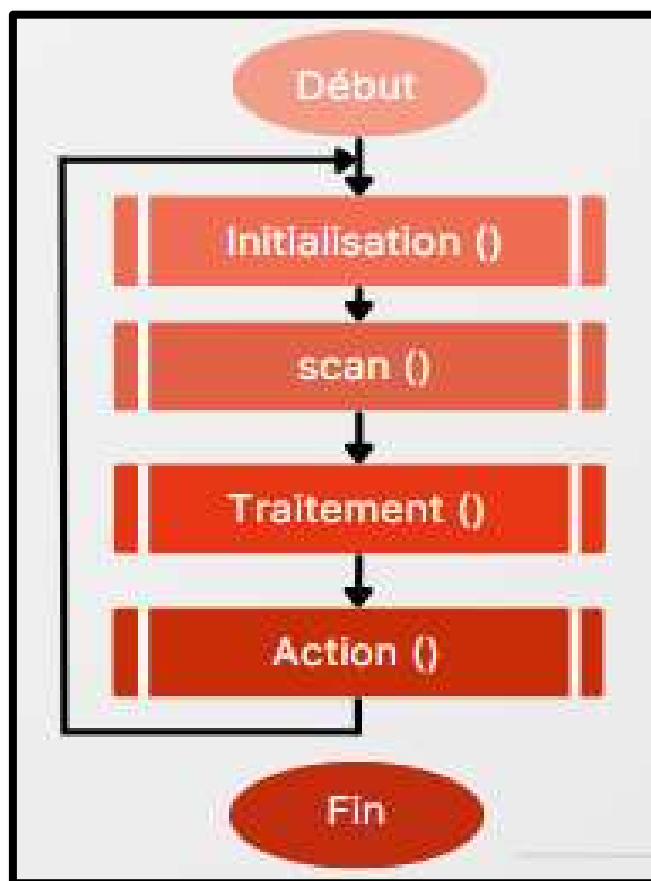


Figure III. 54: Organigramme du fonctionnement

III.9 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons expliqué les étapes de la création de la carte électronique PLC FR 2025 V01, en soulignant ses principales caractéristiques et composants. Nous avons également mis en avant l'importance de connecter cette carte à une interface Homme-Machine (IHM) pour améliorer la connectivité et rendre le système de production plus fiables et faciles à utiliser. La solution proposée inclut l'utilisation d'un PLC moderne et d'une IHM avancée. Cette méthode aide à résoudre les problèmes de connexion et de fiabilité, tout en rendant les systèmes automatisés plus performants. Dans le chapitre suivant, nous ferons une simulation de notre système dans une station d'hydrogène pour montrer comment cette nouvelle configuration améliore son fonctionnement.

CHAPITRE IV

Simulation et Résultats

IV.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous expliquons comment nous avons simulé le fonctionnement de la station de production d'hydrogène avec notre système de contrôle. Comme il n'était pas possible de faire des tests réels sur place, nous avons choisi de faire une simulation virtuelle pour montrer que notre solution fonctionne bien et améliore le système dans des conditions simulées.

IV.2 Contrôle de la commande de la Station de Production d'Hydrogène

Le contrôle de la station de production d'hydrogène se fait en plusieurs étapes importantes : l'initialisation, le scan, le traitement et l'action. Chaque étape est nécessaire pour que la station fonctionne bien et en toute sécurité. Nous allons expliquer comment un contrôleur logique programmable (PLC) et une interface homme-machine (IHM), travaillent ensemble pour suivre et gérer la production d'hydrogène. Pour chaque étape, on montrera des captures d'écran de l'IHM pour illustrer les changements et les actions requises.

IV.2.1 Connexion, synchronisation et transmission de données

IV.2.1.1 Connexion et Synchronisation

La PLC (Contrôleur Logique Programmable) est connectée à la station de production d'hydrogène. Il se synchronise avec les capteurs de la station pour recevoir en temps réel toutes les données relatives à la production d'hydrogène (pression, température, niveau de liquide, etc.).

IV.2.1.2 Transmission des Données

Le PLC envoie en même temps les données reçues à l'interface homme-machine (IHM) pour que l'on puisse voir ces informations en direct (en temps réel).

Les figures ci-dessous représentent les différentes interfaces de l'ihm relia à la Plc avant le démarrage du système.

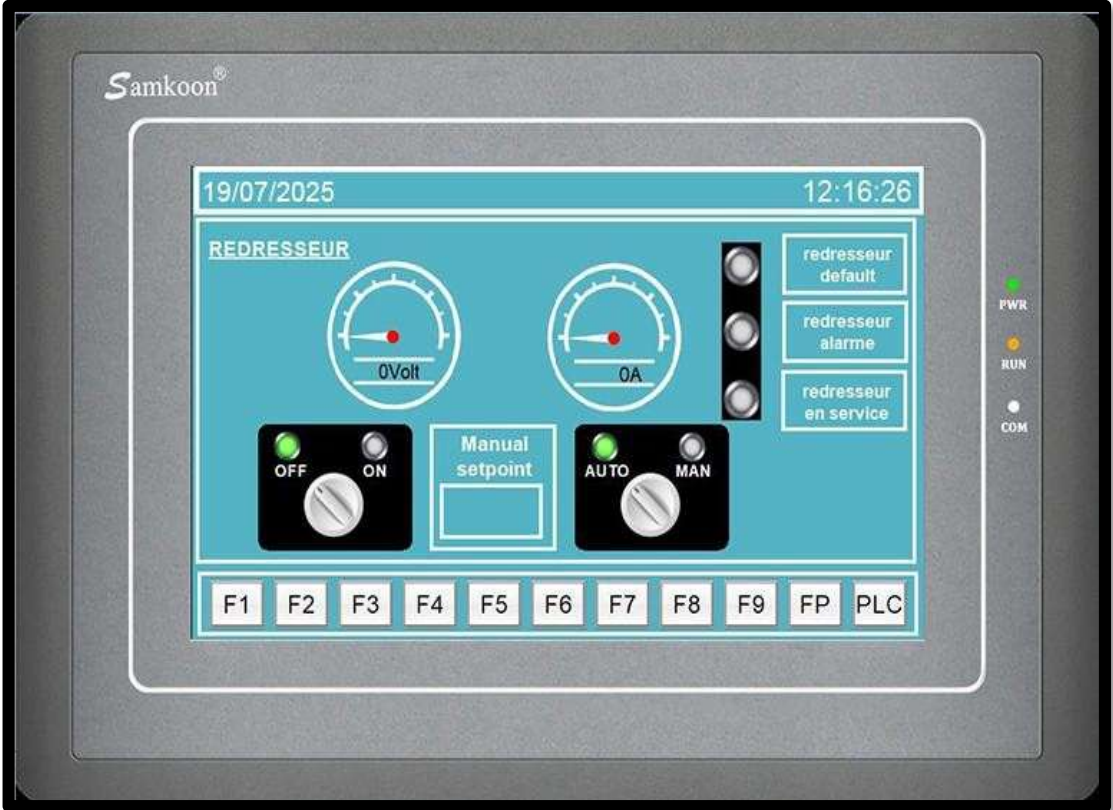


Figure IV. 1:Interface 1 avant le démarrage

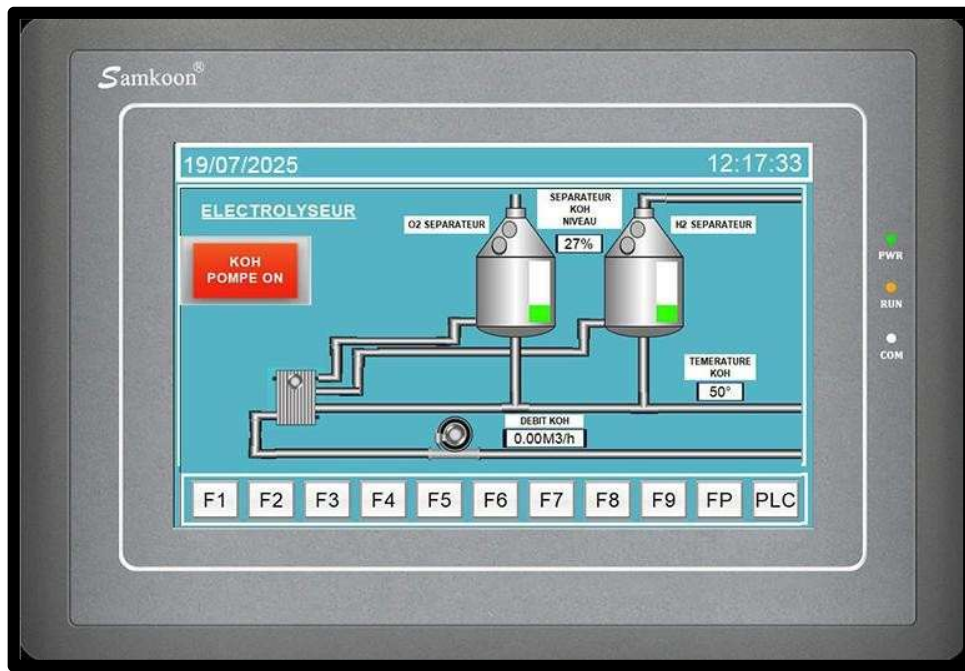


Figure IV. 2:Interface 2 avant le démarrage

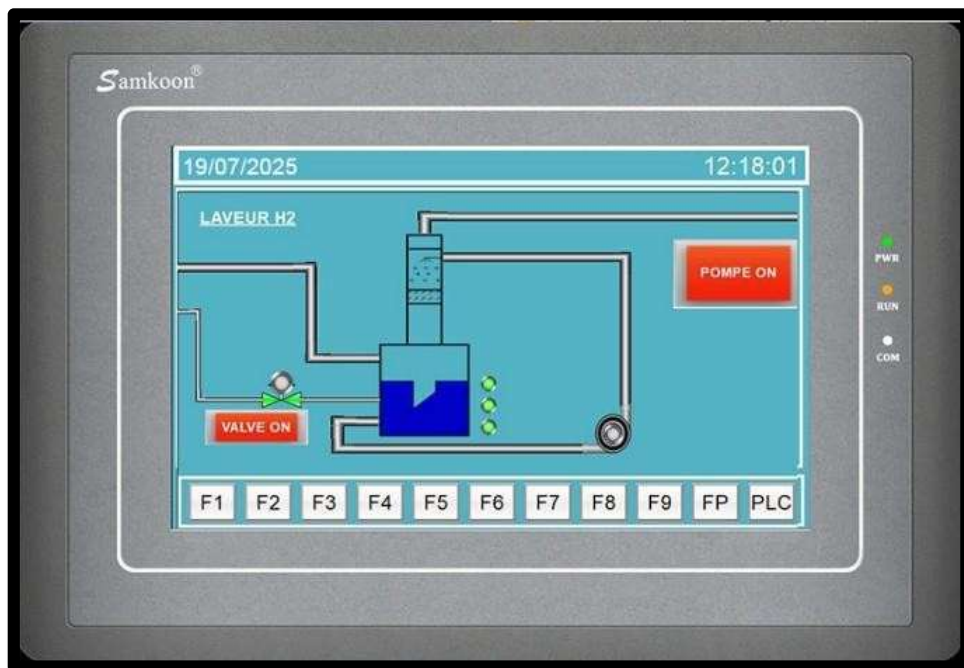


Figure IV. 3:Interface 3 avant le démarrage

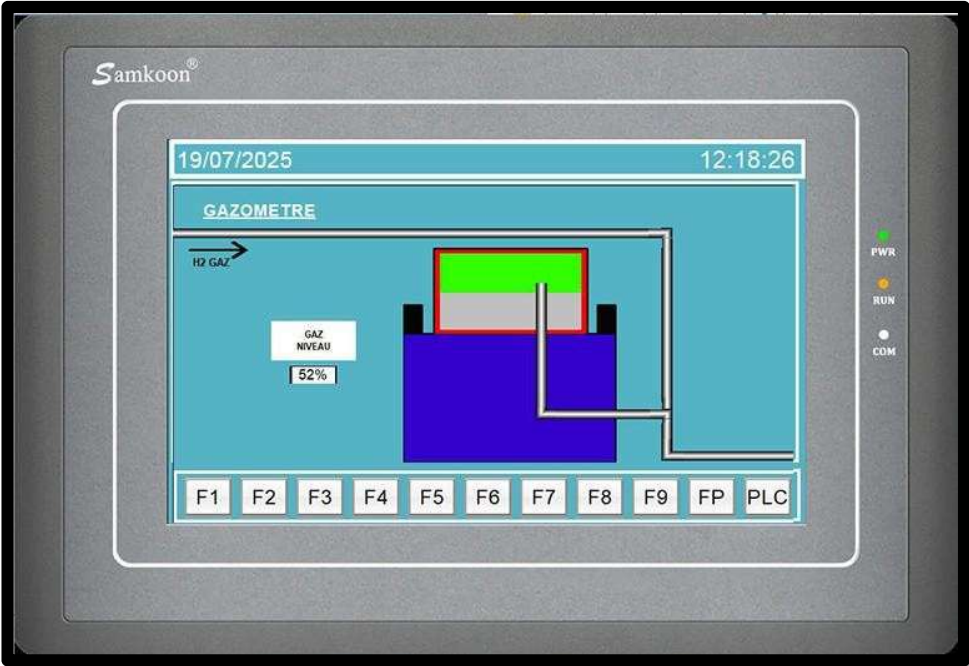


Figure IV. 4:Interface 4 avant le démarrage

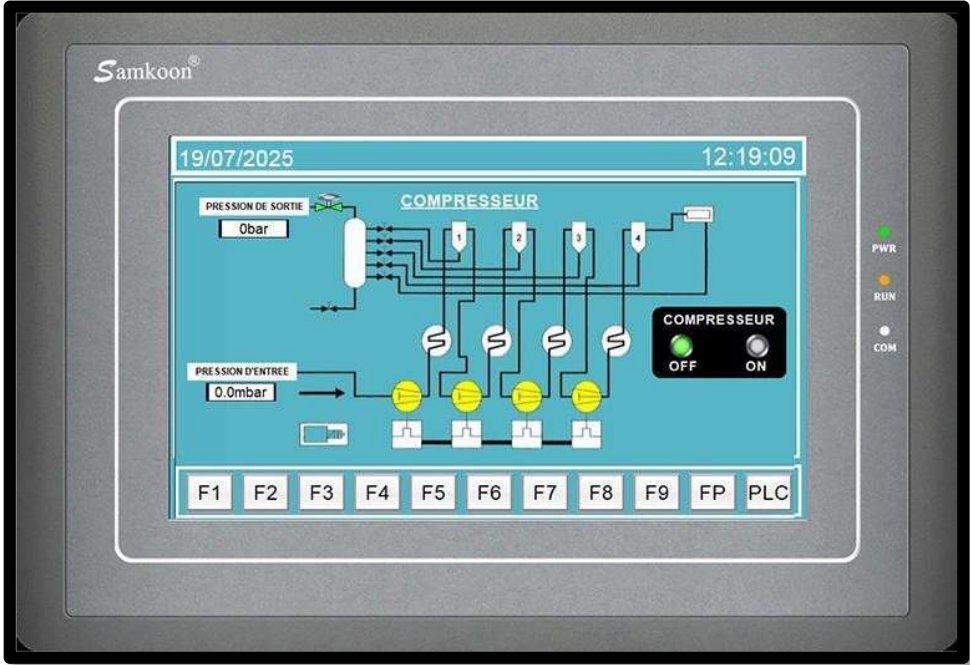


Figure IV. 5:Interface 5 avant le démarrage

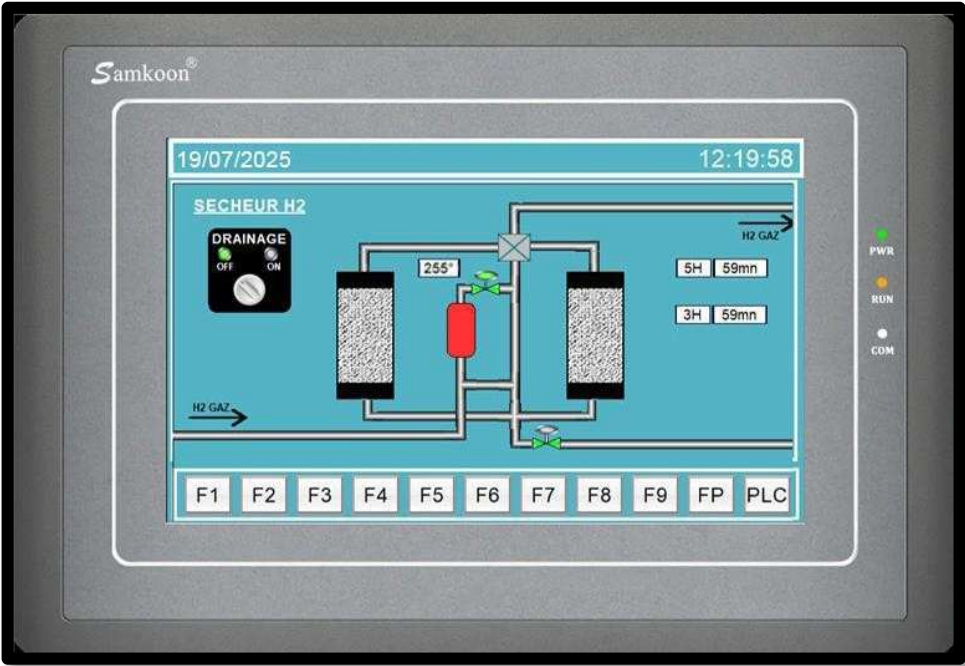


Figure IV. 6:Interface 6 avant le démarrage

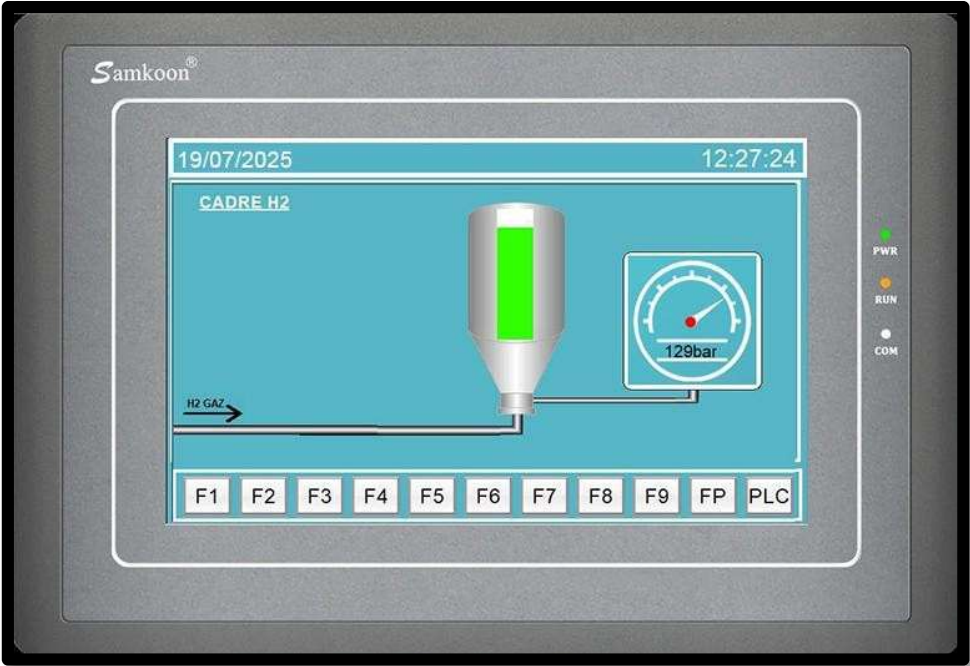


Figure IV. 7:Interface 7 avant le démarrage

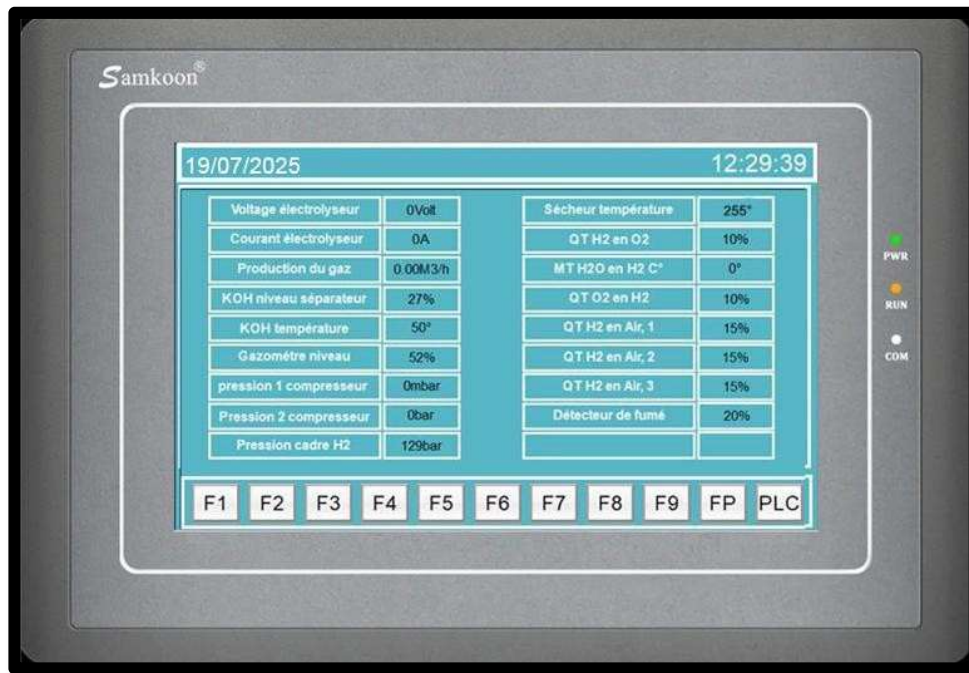


Figure IV. 8:Interface 8 avant le démarrage

IV.2.2 Scan

IV.2.2.1 Vérification des alarmes

La PLC vérifie l'état des alarmes de la station en surveillant tous les capteurs et les dispositifs de sécurité.

Si une alarme d'urgence est détectée, la PLC empêche la station de démarrer et affiche un message d'avertissement sur l'écran de l'IHM.

IV.2.2.2 Interface Utilisateur

L'opérateur peut s'assurer que tout est sécurisé avant de procéder.

IV.2.3 Instruction pour démarrage de production

IV.2.3.1 Instruction du démarrage du système

L'opérateur choisit le mode manuel sur l'écran pour démarrer la machine lui-même et prendre le contrôle direct des opérations de démarrage.

L'opérateur met en marche la pompe qui alimente la lessive en appuyant sur le bouton correspondant sur l'interface homme-machine (IHM).

Ensuite, il démarre le laveur H2 en activant la pompe d'alimentation d'eau depuis l'IHM. Si l'une des deux pompes ne fonctionne pas au démarrage, le système se bloque et une alarme d'urgence se déclenche.

IV.2.3.2 Réglage du Courant

L'opérateur saisit une valeur de courant initiale de 750 A dans le champ « manual setpoint » de l'IHM.

La PLC prépare l'électrolyseur pour le démarrage en adaptant les paramètres selon la valeur de courant initiale défini.

IV.2.4 Action

IV.2.4.1 Démarrage du Système

- L'opérateur appuie sur le bouton « ON » sur l'IHM pour démarrer le système.
- La PLC active l'électrolyseur, ainsi que le compresseur et le sécheur H2.

Les processus de production d'hydrogène commencent.

IV.2.4.2 Montée en Puissance

Toutes les cinq minutes, l'opérateur augmente le courant de 500 A via l'IHM

La PLC ajuste le courant de l'électrolyseur en conséquence, en vérifiant que tous les paramètres de sécurité et de fonctionnement sont respectés.

IV.2.4.3 Surveillance Continue

La PLC surveille en permanence l'ensemble des paramètres de la station et transmet régulièrement des mises à jour à l'IHM. L'opérateur peut ainsi consulter en temps réel les données de performance et de sécurité via l'interface.

Les figures ci-dessous montrent les interfaces de l'IHM pendant la production

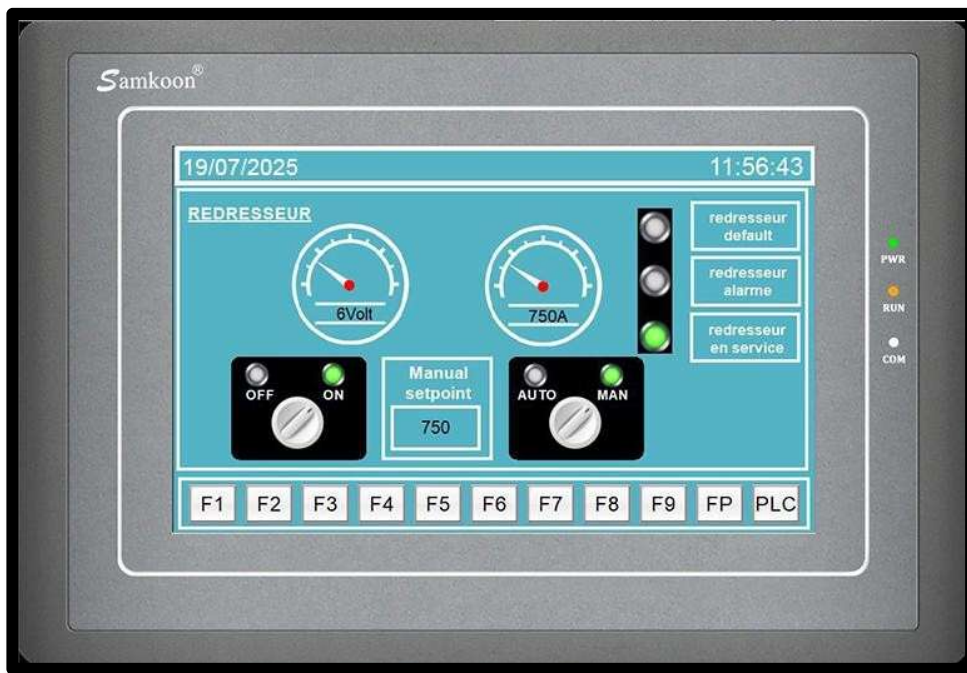


Figure IV. 9:Interface 1 après démarrage

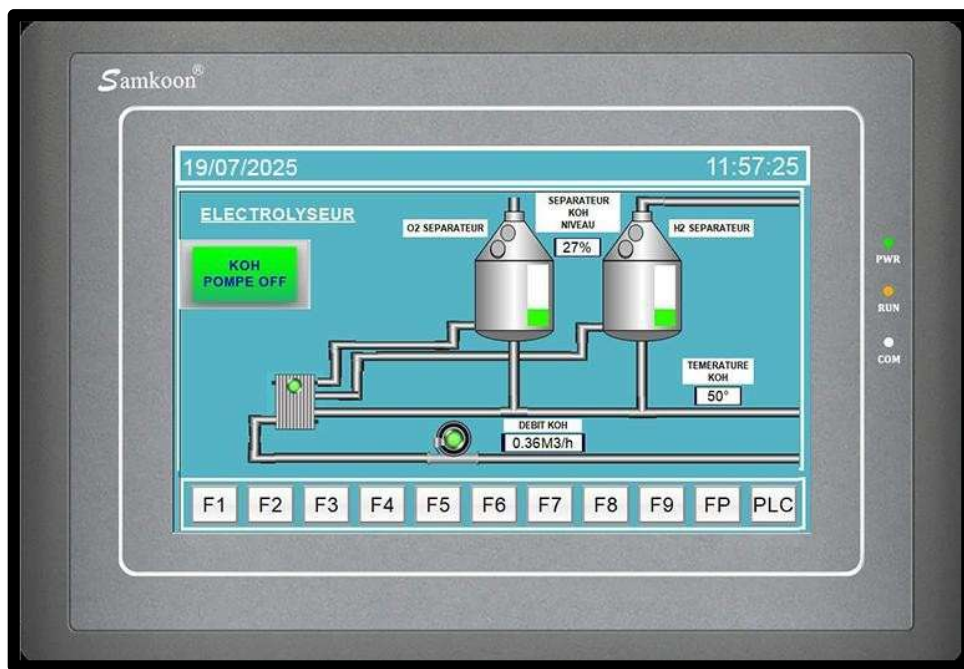


Figure IV. 10:Interface 2 après démarrage

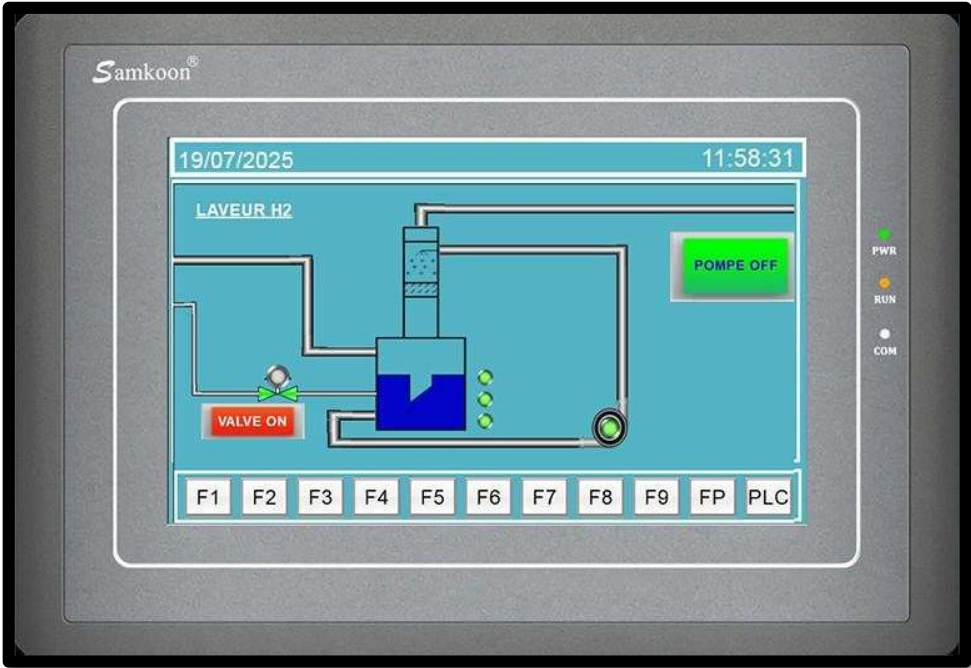


Figure IV. 11:Interface 3 après démarrage

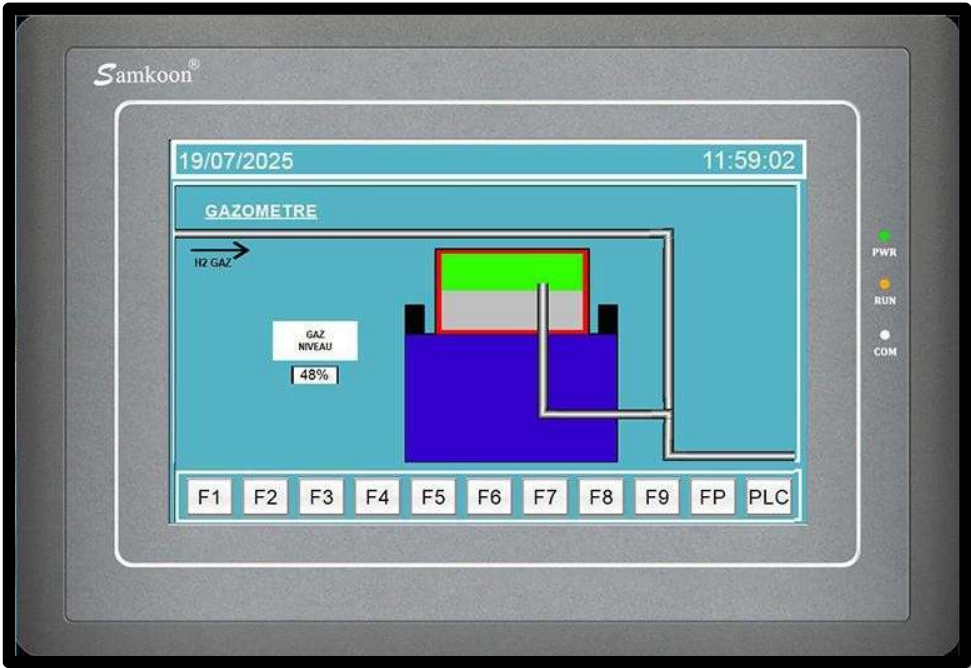


Figure IV. 12:Interface 4 après démarrage

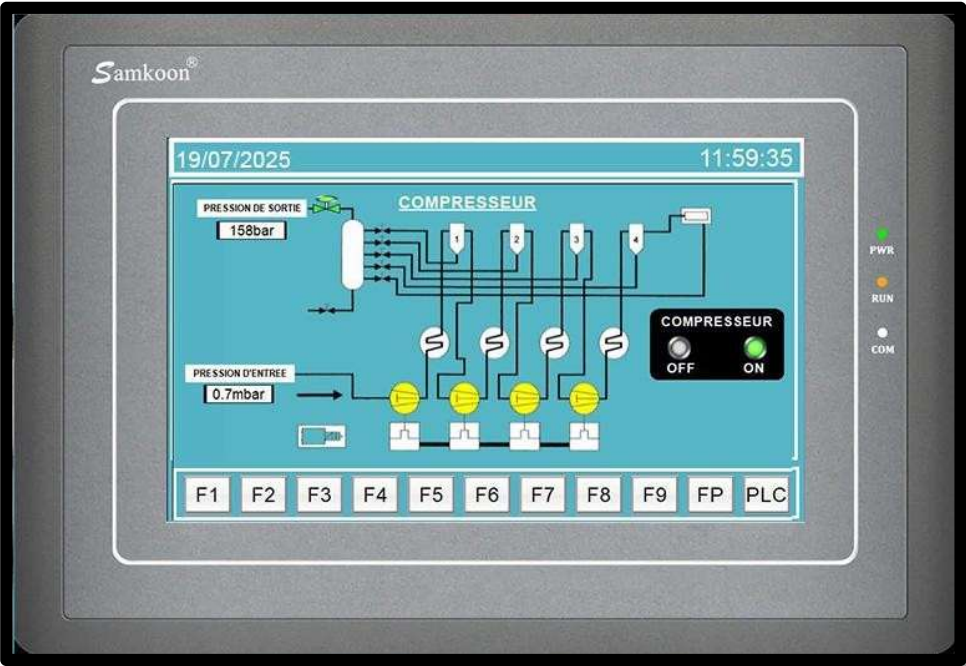


Figure IV. 13:Interface 5 après démarrage

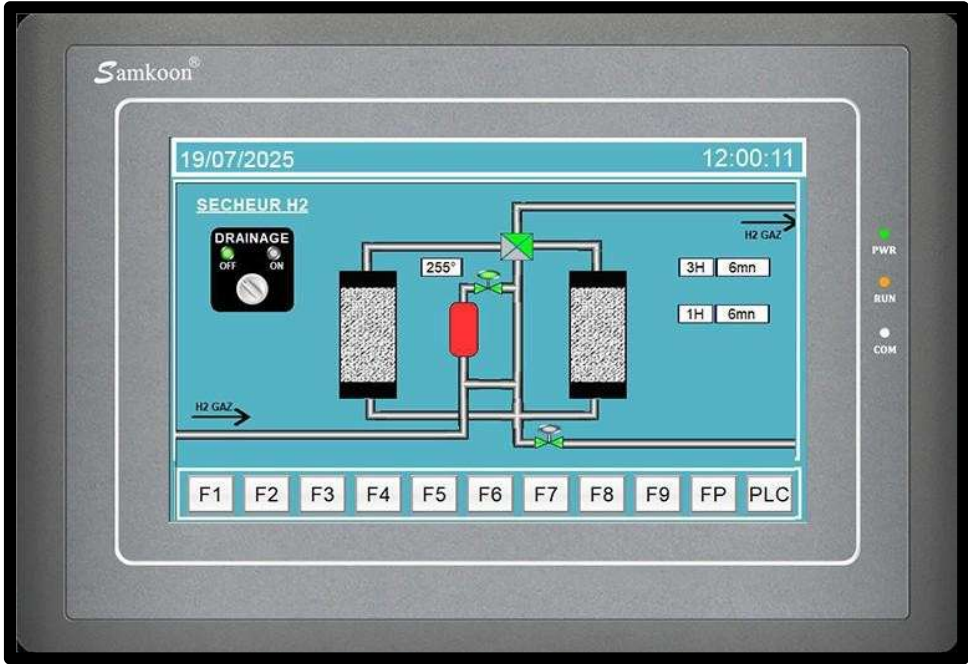


Figure IV. 14:Interface 6 après démarrage

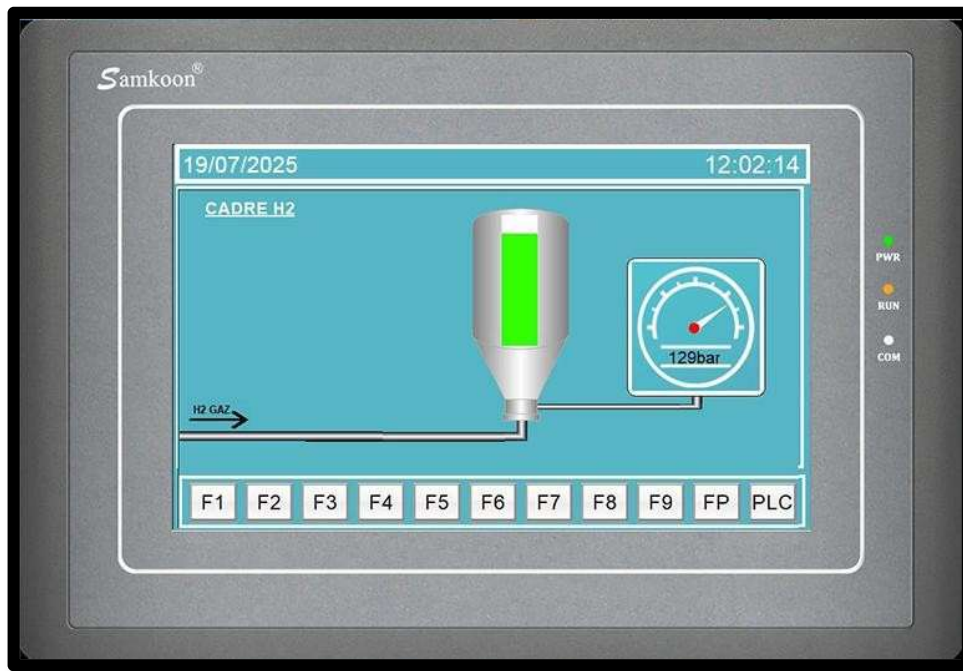


Figure IV. 15:Interface 7 après démarrage



Figure IV. 16:Interface 8 après démarrage

IV.2.4.4 Atteinte de la Capacité Maximale

L'opérateur poursuit l'augmentation du courant jusqu'à atteindre la valeur maximale de 3500 A.

La figure ci-dessous montre l'interface en Régime Permanent.

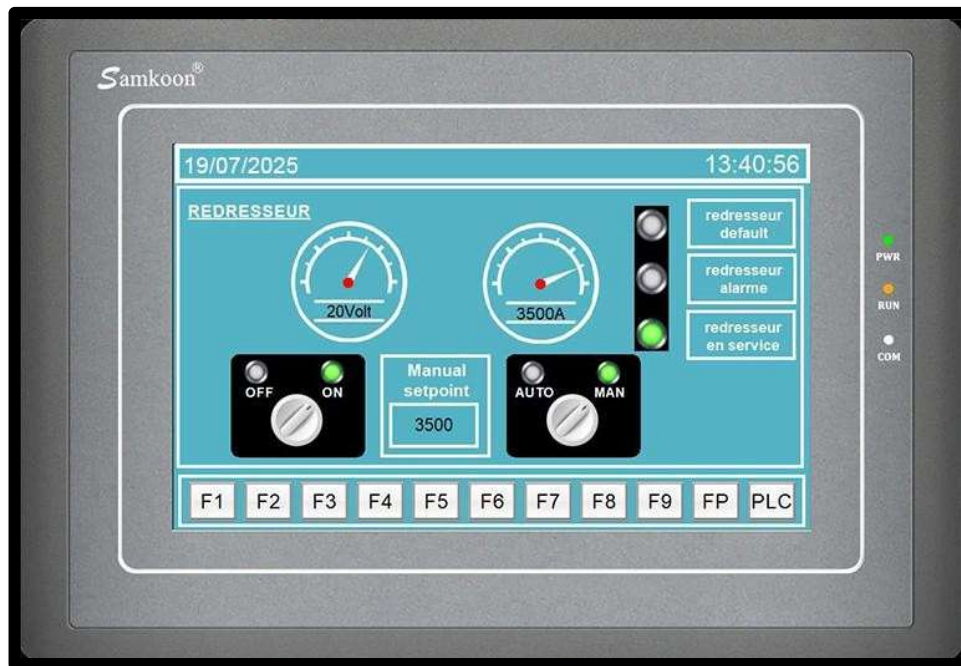


Figure IV. 17:Interface 1 en Régime Permanent

IV.2.4.5 Production en Régime Permanent

Lorsque la capacité maximale est atteinte, la station fonctionne en régime stable. La PLC poursuit la surveillance et le contrôle des données fonctionnement.

IV.3 Simulation des Alarmes et Défauts pour la Station de Production d'Hydrogène

La station de production d'hydrogène intègre un système de surveillance capable de détecter différentes anomalies et de déclencher des alarmes de service ou d'urgence en réponse. Pour simuler ces alarmes et défauts, nous utilisons le moniteur série de l'Arduino, qui permet d'activer ou de désactiver chaque alarme en voyant des codes spécifiques.

Les figures ci-dessous représentent quelques Alarmes et Défauts de La station de production d'hydrogène :

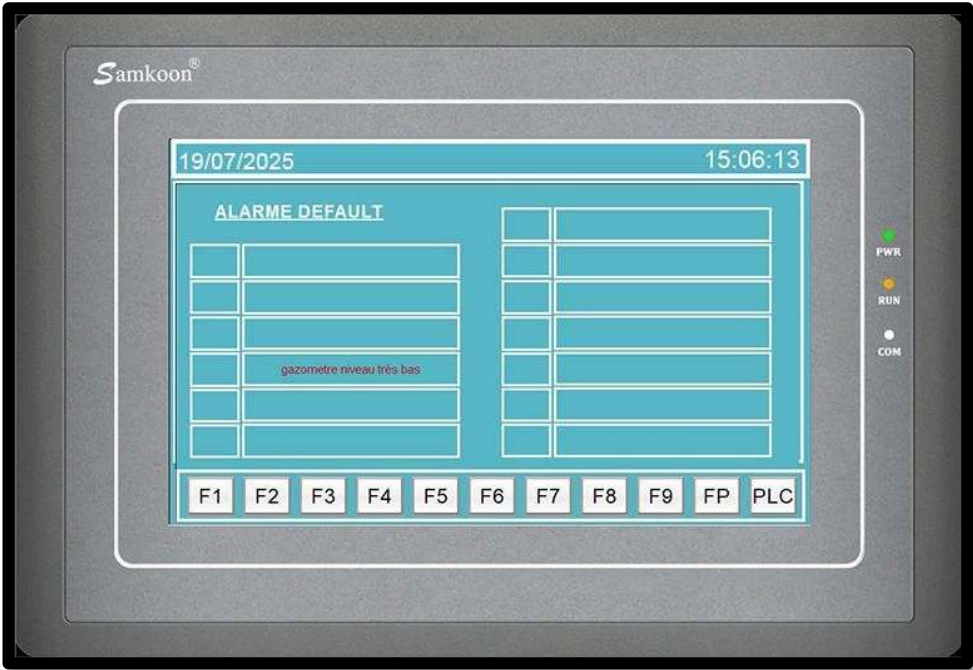


Figure IV. 18:Affichage d'un default (alarme d'urgence)

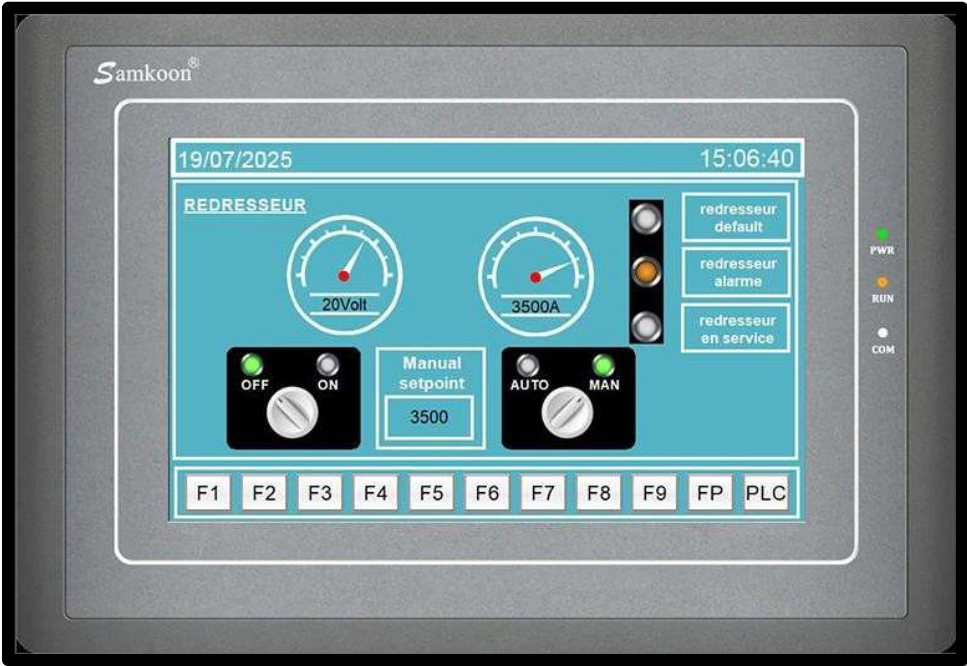


Figure IV. 19:Interface 1 après le déclenchement de l’alarme d’urgence

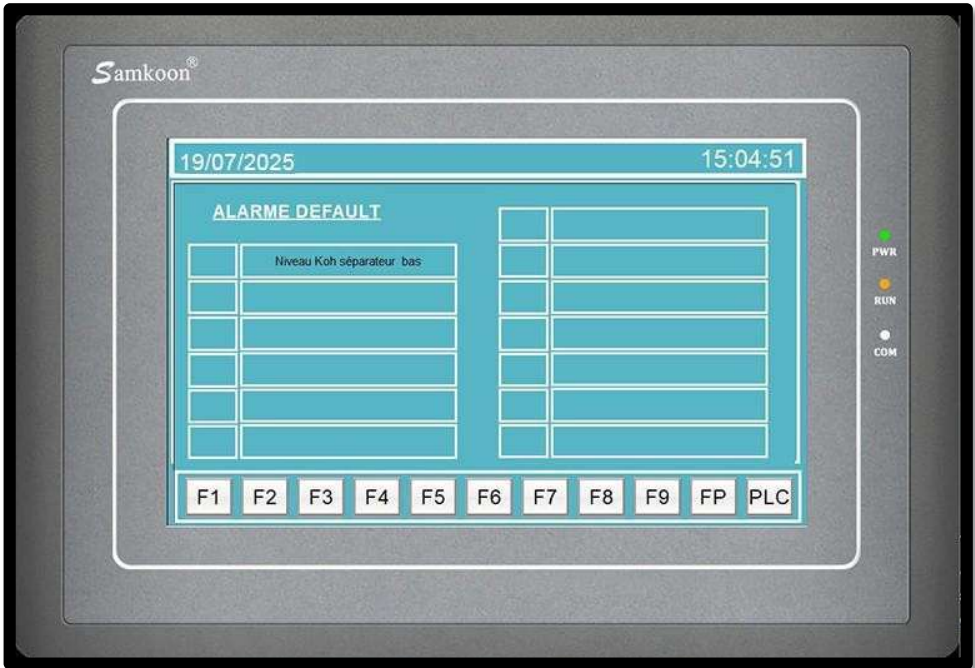


Figure IV. 20:Interface 9 affichant une alarme de service

IV.3.1 Alarmes et Défauts

Ce tableau ci-dessous représente la simulation de toutes les alarmes et les défauts de la station d'hydrogène, leurs conditions de déclenchement, les actions associées, les messages affichés sur l'IHM, ainsi que leurs codes d'activation et de désactivation dans le moniteur série de l'Arduino.

Le tableau suivant représente les codes de la Simulation des Alarmes et Défauts de la Station d'Hydrogène

CODE	TYPE	CONDITION	MESSAGE AFFICHEE	ACTION
CD01	DEFAULT	Koh niveau ≤ 2	Niveau KOH séparateur très bas	-Déclencher l'alarme d'urgence -Arrêt de production
CA01	ALARME	$2 < \text{KOH niveau} \leq 25$	Niveau KOH séparateur bas	-Déclencher l'alarme de service
CA02	ALARME	$30 \leq \text{KOH niveau} < 80$	Niveau KOH séparateur haut	-Déclencher l'alarme de service
CD02	DEFAULT	Koh niveau ≥ 80	Niveau KOH séparateur très haut	Déclencher l'alarme d'urgence -Arrêt de production
CA03	ALARME	$81 \leq \text{température KOH} < 83$	Température KOH séparateur haut	-Déclencher l'alarme de service
CD03	DEFAULT	Température KOH ≥ 83	Température KOH séparateur très haut	-Déclencher l'alarme d'urgence -Arrêt de production
CD04	DEFAULT	Led_niv_01 == 1 Led_niv_02 == 0 Led_niv_03 == 0	Niveau eau laveur très bas	-Déclencher l'alarme d'urgence -Arrêt de production

////	////	////	////	////
CA05	ALARME	Led_niv_01 == 1 Led_niv_02 == 1 Led_niv_03 == 0	Niveau eau laveur bas	-Déclencher l'alarme de service
CD05	DEFAULT	Gazomètre	Niveau gazomètre	-Déclencher
		niveau ≤ 5	très bas	L'alarme d'urgence -Arrêt du compresseur
CA06	ALARME	5 < gazomètre niveau ≤ 20	Niveau gazomètre bas	-Déclencher l'alarme de service
CA07	ALARME	90 ≤ gazomètre niveau < 95	Niveau gazomètre haut	-Déclencher l'alarme de service
CD06	DEFAULT	Gazomètre niveau ≥ 95	Niveau gazomètre très haut	-Déclencher l'alarme d'urgence -Arrêt de l'électrolyseur
CA08	ALARME	Electrolyse en marche Compresseur en marche Pression d'entrée < 5	Pression d'aspiration compresseur bas	-Déclencher l'alarme de service
CD07	DEFAULT	Pression cadre h2 > 155	Pression cadre h2 très haut	-Déclencher l'alarme d'urgence. -Arrêt du compresseur

CA09	ALARME	150 ≤ cadreh2 < 155	Pression cadre h2haut	-Déclencher l'alarme de service
CD08	DEFAULT	Détecteur d efumé ≥ 80	DETECTION DE FUME ETRES HAUT	-Déclencher l'alarme d'urgence -Arrêt de production
CA10	ALARME	60 ≤ détecteur efumé < 80	Détection de fumée haut	-Déclencher l'alarme de service
CA11	ALARME	15 ≤ quantité h2 en o2 dans les séparateur s < 17	Quantité h2 en o2 haut	-Déclencher l'alarme de service
CD09	DEFAULT	Quantité h2 en o2 dans les séparateur s ≥ 17	Quantité h2 en o2 très haut	-Déclencher l'alarme d'urgence -Arrêt de production
CA12	ALARME	15 ≤ quantité o2 en h2 < 17	Quantité o2 en h2 haut	-Déclencher l'alarme de service
CD10	DEFAULT	Quantité o2 en h2 dans les séparateur s ≥ 17	QUANTITE O2 EN H2 TRES HAUT	-Déclencher l'alarme d'urgence -Arrêt de production
CD11	DEFAULT	Quantité h2 en air 1 ≥ 25	Quantité h2 en air 1 très haut	-Déclencher l'alarme d'urgence -Arrêt de production

CA13	ALARME	20 ≤ quantité h2 en air 1< 25	Quantité h2 en air 1 haut	-Déclencher l'alarme de service
CD12	DEFAULT	Quantité h2 en air 2 ≥ 25	Quantité h2 en air 2 très haut	-Déclencher l'alarme d'urgence -Arrêt de production
CA14	ALARME	20 ≤ quantité h2 en air 2< 25	Quantité h2 en air 2 haut	-Déclencher l'alarme de service
CD13	DEFAULT	Quantité h2 en air 3 ≥ 25	Quantité h2 en air 3 très haut	-Déclencher l'alarme d'urgence -Arrêt de production
////	////	////	////	////
////	////	////	////	////
CA15	ALARME	20 ≤ quantité h2 en air 3< 25	Quantité h2 en air 3 haut	-Déclencher l'alarme de service

Tableau IV. 1:Tableau de Simulation des Alarmes et Défauts de la Station d'Hydrogène

IV.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la simulation du fonctionnement de la station de production d'hydrogène avec notre solution de contrôle-commande. Nous avons détaillé le processus en quatre étapes clés : initialisation, scan, traitement et action, mettant en avant la collaboration entre la PLC et l'IHM. La simulation a permis de démontrer l'efficacité de notre solution pour assurer une production d'hydrogène sécurisée et fiable.

CONCLUSION

GENERALE

CONCLUSION GENERALE

A travers ce projet nous avons visé de régler des problèmes importants à la centrale thermique de Cap Djinet, surtout au niveau de la station qui produit de l'hydrogène. L'API actuelle présente souvent des erreurs et il faut remettre le programme à chaque coupure de courant. De plus, l'interface utilisée (IHM) est vieille et ne correspond plus aux besoins actuels. Ces problèmes causaient des arrêts coûteux et rendaient la centrale moins fiable.

Pour remédier ces défis, nous avons proposé une solution qui consiste à remplacer l'API défaillante par un nouvel automate programmable (PLC) personnalisé et à introduire un IHM moderne et programmable.

Nous avons suivi une démarche structurée pour la réalisation de notre travail. Commenant par l'étude de la station de production d'hydrogène, l'analyse approfondie des systèmes et principaux équipements impliqués dans la production d'hydrogène, afin de cerner la problématique pour plus d'efficacité.

Lors de la réalisation de notre système beaucoup de contraintes ont été prises en considération notamment les spécifications techniques lors des choix des composants. La réalisation d'une IHM qui facilite la tâche à l'opérateur avec beaucoup de performance pour plus de fiabilité, efficacité et de sécurité. Incluant transmission des données rapide, prise de décision en temps réel pour assurer une production continue et sécurisée.

Notre stage pratique qui s'est déroulé au sein de l'entreprise ainsi que l'accueil, l'encadrement, et les moyens qui ont été mis à notre disposition nous ont permis d'atteindre les objectifs visés amplement, avec une grande satisfaction.

Ce projet ne se limite pas à résoudre les problèmes spécifiques de la centrale de Cap Djinet, mais offre également une solution adaptable à d'autres sites industriels faisant face à des défis comparables. Pour l'avenir, il est envisagé d'intégrer des systèmes de contrôle plus avancés et d'optimiser la gestion de l'énergie afin d'améliorer encore la performance et la compétitivité des processus industriels.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] L. Goumiri, W. Charef « Simulation de la centrale de Cap Djenet Par le logiciel TRNSYS » MEMOIRE DE FIN D'ETUDE En vue de l'obtention du diplôme de Master en génie mécanique, option : Energétique et environnement, umbb, 2015.
- [2] Document interne de SONEGGAZ : Documentation interne de la centrale Thermique de Ras-Djinet. »
- [3] S. CHAIB RASSOU SABRINA « Calcul thermique d'une installation cryogénique de Liquéfaction de l'hydrogène » MEMOIRE DE FIN D'ETUDE En vue de l'obtention du diplôme de Master en génie mécanique, option : Energétique et environnement, umba, 2017
- [4] Document interne de SONEGGAZ : Documentation interne de la station d'hydrogène de Ras-Djinet
- [5] Site Web : <https://www.utmel.com>, consulté le :13/04/2025
- [6] Site Web : <https://hub360.com.ng>, consulté le :13/04/2025
- [7] Site Web : <https://www.dzduino.com>, consulté le :13/04/2025
- [8] Site Web : <https://sensorkit.joy-it.net>, consulté le :13/04/2025
- [9] Site Web : <https://www.mouser.com/>, consulté le : 13/04/2025
- [10] Site Web : <https://support.arduino.cc/>, consulté le : 15/05/2025
- [11] Site Web : www.samkoon.com/, consulté le : 23/07/2025
- [12] Manuel : d'initiation à la famille MELSEC FX », Transmission Aquitaine, 2011.
Disponible en PDF : <https://www.transmission-aquitaine.com/wp-content/uploads/2015/06/fx-manuel-d-initiation.pdf>
- [13] Manuel : Datasheet de Atmega 1284p. : <https://Atmel-42719-ATmega1284P>
- [14] Manuel: IHM samkoon, : https://SK-SERIEINSTRUCTION_2022_.pdf
- [15] Manuel : Guide de logiciel SKTOOL 7.1, : <https://www.eliwell.eu/pdf/6/SoftwareHelp.pdf>

[16] Manuel :Technologie des composants électronique,: <https://fac.umc.edu.dz/st/cours>

[%20de%20technologie.pdf](#)

