

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE
N°: ..18.. /INST/ 2020



DOMAINE: SCIENCES ET TECHNOLOGIE
FILIERE: ÉLECTRONIQUE
OPTION: INSTRUMENTATION

Mémoire présenté pour l'obtention
du diplôme de Master Académique

Par : Zohir BACHIR et Ahmed BEDDAR

Intitulé

Conception et réalisation d'une interface Homme-Machine pour l'observation du processus de refonte d'Aluminium à ALGAL-Plus à base de l'automate (ET200S) et du logiciel TIA portal.

Soutenu devant le jury composé de:

Dr. LADJAL Mohamed	Université M'sila	Président
Dr. KHENNOUF Salah	Université M'sila	Encadreur
Dr. DJERIOU Mohamed	Université M'sila	Examineur
Dr. BRIK Youcef	Université M'sila	Examineur

Année universitaire : 2019 /2020

Remerciements

*Notre profonde gratitude et remerciements à notre promoteur :
Dr Salah KHENNOUF, pour la confiance qu'il a placée en nous
proposant ce sujet, pour son aide et précieux conseils, dont il nous a
fait part et de ses expériences qui nous ont permis de mener ce projet
de fin d'études.*

*Nous exprimons notre sincère reconnaissance, à tous les
enseignants qui ont contribué à notre formation,*

*Nous tenons à remercier Messieurs les membres du jury, pour
avoir accepté d'examiner notre travail,*

Nos remerciements vont également à :

-Mrs les gérants de la société ALGAL PLUS :

Farid DEKAR, son partenaire et Mahmoud DEHIMI,

- Mrs les ingénieurs participants (ALGAL PLUS):

Ibrahim LHOUCHE, Ali SOKRI, Mohamed BELKHIER,

Abdelhak KADRI, Mustafa HADJI et Madjid REGUIG,...

- Cadres de service refonte:

Adel TOUAMA, Firas BENMOUSA.

*Nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à
la contribution de notre travail.*

Dédicace

Il m'est difficile d'exprimer tout ce que je dois à ma famille. Je pense particulièrement à ma Mère, ma Femme et mes enfants ZAKARIA et AMIR pour l'incalculable soutien moral et logistique et les nombreux encouragements que j'ai toujours reçus de leur part.

Et à tous ceux qui m'ont donné leur aide et leur soutien moral, de loin ou de près, tout au long de mes années d'études.

Zohir BACHIR

Dédicace

A mes très chers parents, source de vie, d'amour et
d'affection

A mes chers frères e leurs enfants, source de joie et de
bonheur

A toute ma famille, source d'espoir et de motivation

A tous mes amis

A vous chers lecteurs

Ahmed BEDDAR

Liste des abréviations

FFC :	Four de Fusion et de Coulée.
MCC :	Machine de Coulée Continue.
DC :	Direct Casting
PID :	Proportionnel Intégral Dérivé
API :	Automate Programmable Industriel
CPU	Central Processing Unit
PROFINET :	Process Field Net
PN :	PROFINET
DP :	Dedicated Protocols (PROFIBUS DP)
PROFIBUS :	Process Field bus
IEEE :	the Institute of Electrical and Electronics Engineers
HW :	Hardware
IO :	Input/output
TOR :	Tout Ou Rien
DI :	Digital Input
AI :	Analog Input
TC :	Thermocouple
FM :	Function Module
RTD :	Resistance Temperature Detector
LED :	Light-Emitting Diode
TTL :	Transistor-Transistor Logic
NC :	Normally-Closed
NO :	Normally-Open
TIA :	Totally Integrated Automation
HMI :	Human Machine Interface
IHM :	Interface Homme Machine
OB :	Organization Bloc
SCADA :	Supervisory Control and Data Acquisition
RT:	Runtime

Liste des figures

Figure 1.1: Cartographie des processus ALGAL PLUS.....	06
Figure 1.2: Cartographie de la chaîne de valeurs ALGAL PLUS.....	07
Figure 1.3: Description de processus de la refonte d'aluminium (recyclage).....	08
Figure 1.4: Opérations principales dans la refonte d'Aluminium.....	10
Figure 1.5: Fours de fusion et maintien 5 Tonnes.....	12
Figure 1.6: Armoire de commande de fours de fusion.....	13
Figure 1.7: Principe de fonctionnement de la machine à couler continu (MCC).....	14
Figure 1.8 : Machine vertical à couler continu (<i>ALGAL PLUS – Année 2020</i>).....	15
Figure 1.9: Forme circulaire de cascade d'eau de refroidissement.....	15
Figure 1.10 : Image réel de l'opération de la coulée à ALGAL PLUS – <i>Année 2020</i> ...	16
Figure 1.11 : Armoire de commande classique de la MCC.....	16
Figure 1.12 : Diagramme de chauffage du four d'homogénéisation.....	17
Figure 1.13 : Fours d'homogénéisation (H) à ALGAL PLUS.....	18
Figure 1.14 : Armoire électrique de commande classique du four H.....	18
Figure 1.15 : Chambre de refroidissement de billettes.....	19
Figure 1.16 : Mode de cisaillement de billettes.....	20
Figure 1.17 : Préréglage de la course de scie à billettes.....	20
Figure 1.18 : Scie à billettes (à ALGAL Plus).....	21
Figure 1.19 : Produit final en stock (billettes) de l'atelier refonte.....	21
Figure 2.1 : Système de périphérie décentralisée ET 200S avec CPU IM 151-8F PN/DP.....	25
Figure 2.2 : Descriptions de Module d'interface IM 151-8F PN/DP.....	25
Figure 2.3 : Affectation des emplacements de l'ET200S.....	26
Figure 2.4 : Structure typique d'un réseau PROFINET IO.....	27
Figure 2.5 : Configuration matérielle de l'automate ET200S.....	28
Figure 2.6: Module d'alimentation PM-E DC24V/8A.....	29
Figure 2.7 : Module d'entrée électronique TOR de la référence 8xDI DC24V.....	29
Figure 2.8 : Module électronique analogique 4AI TC ST.....	30
Figure 2.9: Raccordement de thermocouples aux borniers du module 4AI TC ST.....	31

Figure 2.10 : Affectation des bornes pour un encodeur incrémental.....	32
Figure 2.11 : Comptage continu avec fonction de validation.....	33
Figure 2.12 : Constitution d'un capteur.....	34
Figure 2.13 : Constitution d'un thermocouple.....	35
Figure 2.14 : Double thermocouple type R.....	36
Figure 2.15 : Double thermocouple type K.....	36
Figure 2.16 : Emplacement de thermocouple du métal liquide dans le four de fusion..	37
Figure 2.17 : Sonde de mesure de température PT100 à trois fils.....	37
Figure 2.18 : Emplacement de PT100 à la canalisation d'eau de refroidissement.....	38
Figure 2.19 : Principe et diagramme des impulsions de l'encodeur incrémental.....	39
Figure 2.20 : Fin de cours à deux contacts (NO/NC).....	39
Figure 2.21 : Mesure de débit par organe déprimogène.....	40
Figure 2.22 : Principe d'un débitmètre à diaphragme.....	41
Figure 2.23 : Raccordement du débitmètre sur le circuit d'eau de refroidissement.....	42
Figure 2.24 : Interface de démarrage TIA en vue du portail.....	43
Figure 2.25 : Interface de démarrage TIA en vue du projet.....	44
Figure 2.26 : Configuration matériel de l'automate ET200S.....	45
Figure 2.27 : Programme structuré en STEP 7.....	46
Figure 2.28 : Editeur de programmation STEP7 professionnel V13.0.....	47
Figure 2.29 : Choix de l'application WinCC RT Advanced.....	48
Figure 2.30 : Configuration matériel de l'interface de visualisations.....	49
Figure 2.31 : Fenêtre de programmation des vues de visualisation.....	49
Figure 3.1 : Pupitre classique de la table à couler.....	52
Figure 3.2 : Raccordement des thermocouples plafond et métal du four A et B.....	54
Figure 3.3 : Mise en place de l'encodeur rotatif en accouplement avec le moteur hydraulique.....	55
Figure 3.4 : Câblage de débitmètre d'eau de refroidissement avec la carte 2AIxU HS..	55
Figure 3.5 : Emplacement de débitmètre sur les conduits de refroidissement.....	56
Figure 3.6 : Raccordement et acquisition de signal de vitesse de coulée.....	56
Figure 3.7 : Raccordement de thermocouple de la table à couler.....	57
Figure 3.8 : Transmetteurs électroniques classiques [28].....	58
Figure 3.9 : Contacte de présence auxiliaire de basculement du four.....	59
Figure 3.10 : Assemblage et configuration matérielles de l'automate ET200S.....	59

Figure 3.11 : Mise en échelle des valeurs de bloc « NORM ».....	60
Figure 3.12 : Présentation de bloque « NORM » au programme STEP7.....	51
Figure 3.13 : Fonction FC pour convertir un nombre entier à un nombre réel.....	51
Figure 3.14 : Blocs de conversion de la valeur de longueur des billettes (en millimètres).....	63
Figure 3.15 : Vue principale des indicateurs processus (home).....	64
Figure 3.16 : Affectation des variables pour l'effet visuel dans l'interface (exemple : clignotement en couleur jaune pendant le basculement du four).....	65
Figure 3.17 : Création des courbes de visualisation des variables de processus.....	65
Figure 3.18 : Archivage des variables de processus refonte.....	66
Figure 3.19 : Présentation de table et indicateurs d'alarme de processus refonte.....	66
Figure 3.20 : Liste de textes pour les alarmes IHM.....	67
Figure 3.21 : Configuration de réseau PROFINET (TIA portal V13).....	67
Figure 4.1 : Position de l'interface de visualisation.....	70
Figure 4.2 . Vue initial de l'interface non active.....	71
Figure 4.3 . Lecture des données de processus par l'interface réalisé (vue active).....	72
Figure 4.4 . Vue en temps réel de l'opération de la coulée continu en 3D.....	72
Figure 4.5 : Vue en temps réel du cycle d'homogénéisation de billettes.....	73
Figure 4.6 : Température de plafond et métal liquide de fours de fusion.....	73
Figure 4.7 : Allure de vitesse de coulée en (mm/min).....	74
Figure 4.8 : Courbe de débit d'eau de refroidissement en (m ³ /h).....	74
Figure 4.9 : Température de métal liquide au niveau de la table de coulée.....	75
Figure 4.10 : Enregistrement des longueurs de billettes coulées.....	75
Figure 4.11 : Courbe de température de zone1 et zone 2 de four d'homogénéisation...	76
Figure 4.12 : Cycle de chauffage de four de fusion après un arrêt de maintenance programmé.....	76
Figure 4.13 : Cycle temporel de phase d'homogénéisation et de refroidissement en heures (H).....	77
Figure 4.14 : Supervision d'une interface de four 20TN (au voisinage de la refonte 150m).....	77

Liste des tableaux

Tableau 2.1: Eléments du module d'interface IM 151-8F PN/DP.....	26
Tableau 2.2: Eléments de la configuration matériel de la station ET200S.....	28
Tableau 2.3: Les signaux standards de transmetteurs.....	42
Tableau 3.1: Adresses des capteurs et cartes d'Automate ET200S.....	53

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE	01
-----------------------------	----

CHAPITRE-1 : DESCRIPTION DU PROCESSUS DE REFONTE D'ALUMINIUM

1.1. Introduction	05
1.2. Présentation de la société ALGAL PLUS	05
1.2.1. Cartographie des processus ALGAL PLUS	06
1.2.2. Chaîne de valeurs à ALGAL PLUS	07
1.3. Processus de refonte d'Aluminium	07
1.3.1. Description du processus de refonte	08
1.3.2. Eléments du processus de refonte	10
1.3.3. Fusion et maintien des matériaux	11
1.3.4. Coulée Continu des billettes	13
1.3.5. Homogénéisation et refroidissement des billettes	17
1.3.6. Sciage et stockage des billettes	19
1.4. Conclusion	22

CHAPITRE-2 : OUTILS MATERIELS ET LOGICIELS

2.1. Introduction	24
2.2. Outils matériels	24
2.2.1. Choix d'un automate programmable	24
2.2.2. Configuration matériels de l'automate ET200S	28
2.2.2.1. Carte d'alimentation.....	29
2.2.2.2. Module d'entrée électronique (TOR)	29
2.2.2.3. Cartes d'entrée analogique (AI)	30
2.2.2.4. Module fonctions technologiques (FM)	31
2.2.3. Capteurs utilisés	33
2.2.3.1. Thermocouples utilisés	34
2.2.3.2. Sonde de température PT100	37
2.2.3.3. Encodeur incrémental	38

2.2.3.4. Les capteurs de présence (fin de courses)	39
2.2.3.5. Mesures de débit par pression différentielle	39
2.2.4. Technologies de normalisation des mesures	42
2.3. Outils logiciels	43
2.3.1. Description de logiciel TIA portal	43
2.3.2. Le STEP 7 professionnels	45
2.3.2.1. Introduction	45
2.3.2.2. Configuration matériels	45
2.3.2.3. Structure d'un programme en STEP 7	45
2.3.2.4. Présentation des types de blocs et données	46
2.3.2.5. Présentation de l'éditeur de programmation	47
2.3.2.6. Choix du langage de programmation	47
2.3.3. Le WinCC Advanced	48
2.3.3.1. Introduction	48
2.3.3.2. Création de visualisations par WinCC Advanced	48
2.3.3.3. Archives des variables	49
2.4. Conclusion	50

CHAPITRE-3 : INSTALLATION ET PROGRAMMATION DE L'INTERFACE

3.1. Introduction	52
3.2. Présentation du pupitre classique	53
3.3. Câblage et installation électrique	52
3.3.1. Câblage de thermocouples des fours de fusion	54
3.3.2. Mise en place de l'encodeur incrémentale	54
3.3.3. Raccordement de débitmètre	55
3.3.4. Raccordement de la carte du calcul de vitesse	56
3.3.5. Raccordement de thermocouple de température métal	57
3.3.6. Câblage des fins de courses limites de basculement fours	58
3.4. Programmation de l'Automate ET200S par le logiciel STEP7	59
3.4.1. Instructions et blocs utilisés	60
3.4.1.1. Description du bloc « NORM »	60

3.4.1.2. Bloc de fonction FC pour conversion nombres entier/réel	61
3.4.1.3. Bloc fonction FC pour limitation	64
3.5. Développement de l'interface par le logiciel WinCC Advanced	64
3.5.1. Création des indicateurs de processus	64
3.5.2. Création des animations et affects visuels	65
3.5.3. Création des fenêtres d'affichage des courbes	65
3.5.4. Mise en archive des variables	66
3.5.5. Alarmes et table d'anomalies	66
3.6. Communication Automate – interface	67
3.7. Conclusion	68

CHAPITRE-4 : MISE EN ŒUVRE DE L'INSTALLATION – APPLICATION A UN PROCESSUS REEL

4.1. Introduction	70
4.2. Mise en place de l'interface IHM dans la refonte d'aluminium	70
4.3. Tests et analyses des différentes phases	73
4.4. Conclusion	78
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	81

RERERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Grâce aux progrès remarquables réalisés au cours des dernières années dans le domaine d'automatisme et l'électronique numérique, qui ont permis de concevoir des dispositifs d'acquisition modernes de données des processus industriels. Le but de ces dispositifs est d'observer les phénomènes physiques et de convertir en signaux standards pour faciliter le calcul, la comparaison et la visualisation de grandeur physique de façon maniable.

Vu le manque de contribution en ce qui concerne la réalisation pratique des systèmes de visualisations modernes dans l'industrie classique, nous avons constaté modestement qu'il est nécessaire de réaliser une interface homme-machine particulière, et qui est très utilisée par les producteurs actuels. Cette interface qui sera détaillée ultérieurement est basée sur l'Automate industriel siemens (ET200S).

Par ailleurs notre manuscrit est constitué des chapitres suivants : Le premier chapitre donne un aperçu général sur la société de transformation d'aluminium ALGAL PLUS à M'sila, tout en développant la caractérisation d'un processus particulier dit « Processus de fonte d'aluminium ».

Dans le deuxième chapitre, on focalise notre attention sur les équipements matériels et logiciels utilisés dans la réalisation de notre projet et plus précisément les différents capteurs utilisés, le logiciel « TIA portal » ainsi que l'automate programmable ET200S de la marque siemens.

Le troisième chapitre est consacré aux raccordements et branchements électriques de tous les composants qui forment notre système et les étapes de la programmation de l'interface par l'outil présenté dans le chapitre précédent.

Le quatrième et dernier chapitre est consacré à la mise en œuvre pratique de l'interface avec tous les composants qui le constituent et qui sont présentés dans les trois chapitres précédents contenant les détails sur le processus de la refonte d'aluminium cas ALGAL PLUS.

Finalement, notre modeste travail est couronné par une conclusion générale récapitulant les résultats obtenus et des discussions de ces résultats et les futurs travaux de recherche.

CHAPITRE-1

DESCRIPTION DU PROCESSUS DE REFONTE D'ALUMINIUM

CHAPITRE-1

DESCRIPTION DU PROCESSUS DE REFONTE D'ALUMINIUM

1.1 Introduction

L'aluminium est le métal le plus répandu dans la croûte terrestre, dont il constitue environ 7,3%. Cependant il ne s'y trouve pas à l'état métallique, mais sous forme de combinaisons, le plus souvent avec l'oxygène et le silicium, cette pierre s'appelle "bauxite" [1]. Le recyclage de l'aluminium présente un certain nombre d'avantages environnementaux et économiques clés.

Compte tenu de ces économies d'énergie et de coûts, de nombreux producteurs ont désormais pour objectif d'augmenter leur utilisation de matières secondaires de deuxième fusion ou plus [11]. Avant la refonte, les programmes de recyclage des déchets doivent être soigneusement planifiés et exécutés pour assurer un haut degré de séparation des déchets en catégories sélectionnées lors de la collecte [9].

Ce chapitre comporte présentation de la société ALGAL PLUS, étudie les outils et phases de fabrication de billettes d'aluminium, sujet de recherche, pour numériser une procédure particulier (refonte d'aluminium) et la fabrication des billettes d'aluminium utilisées par autre atelier au sien de cette société.

1.2 Présentation de la société ALGAL PLUS

La société ALGAL+ est installée à M'sila (250km à l'est d'Alger) spécialisée à la transformation de l'aluminium. La fonction principale est la production des profilés d'aluminium de toutes les formes selon l'exigence du client en utilisant la technique de l'extrusion. Cette entreprise est un complexe industriel qui a été installée dans l'année 1985 par la société japonaise qu'est appelée **UBE**, il y a deux presses d'extrusion UBE à une commande Automatique, une chaîne verticale de thermo laquage et faux bois, une chaîne d'anodisation et de coloration chimique, deux ateliers de fonderie (refonte), un atelier de tri/traitement de déchets et plus des ateliers en cours de constructions.

1.2.1. Cartographie des processus ALGAL PLUS

Avec une progression de 3000 tonnes/an sur les huit prochaines années, pour atteindre une capacité de production de l'ordre de 40000 tonnes/an aux dix années prochaines.

Le complexe d'aluminium de M'SILA maintiendra son leadership en termes de réponse à la demande croissante du marché. En effet, les utilités déjà installées sur une superficie de 123.000 m², à savoir station électrique à haute tension de 63KV, une station électrique à moyenne tension de 30KV, une station de Gaz, une station de traitement des eaux, sont dimensionnées pour recevoir quatre autres presses en plus de presses en services.

La **figure 1.1** montre le processus de la production de profiles d'aluminium et dévers processus de support.

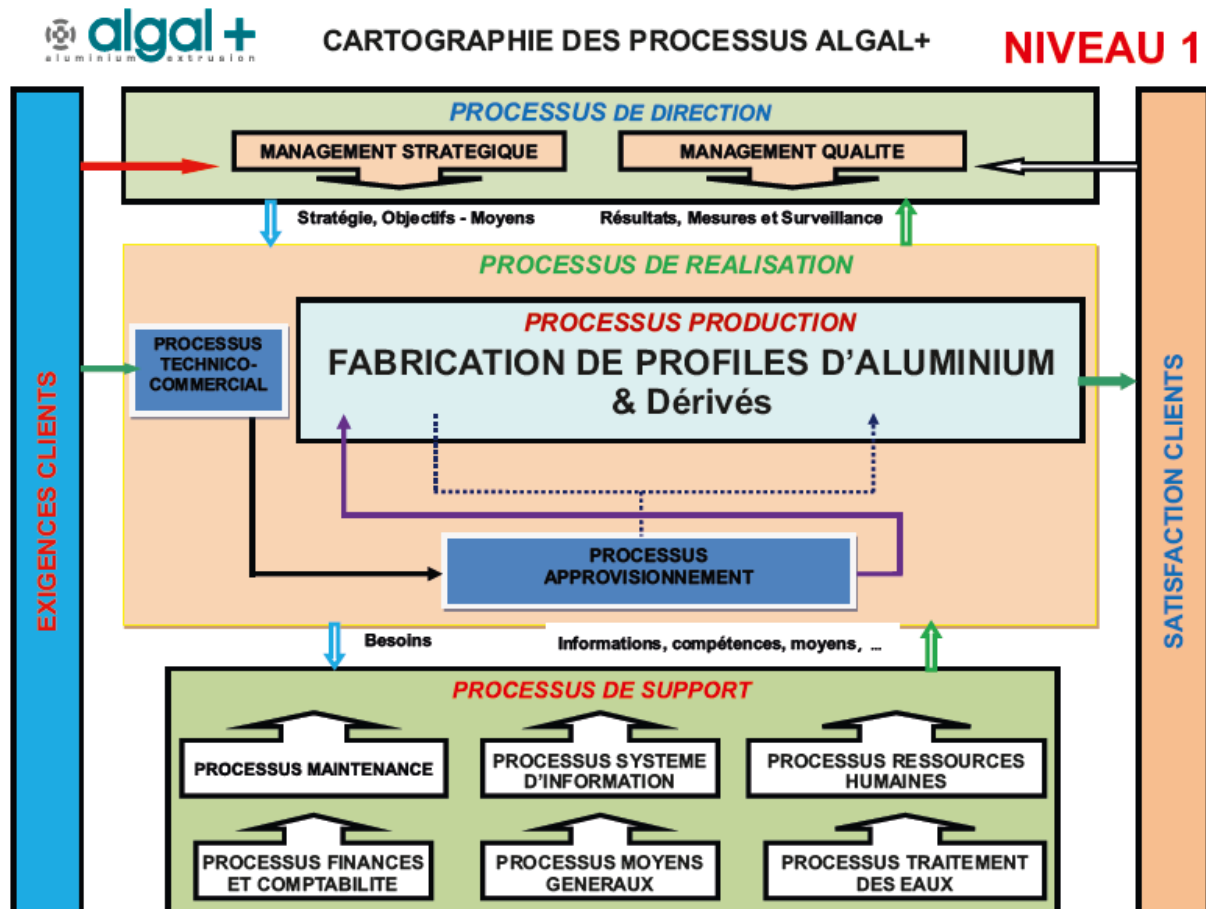


Figure 1.1 : Cartographie des processus ALGAL PLUS.

1.2.2. Chaîne de valeurs à ALGAL PLUS

On résume la chaîne de valorisation de produit de la société Algal plus dans la figure suivante :

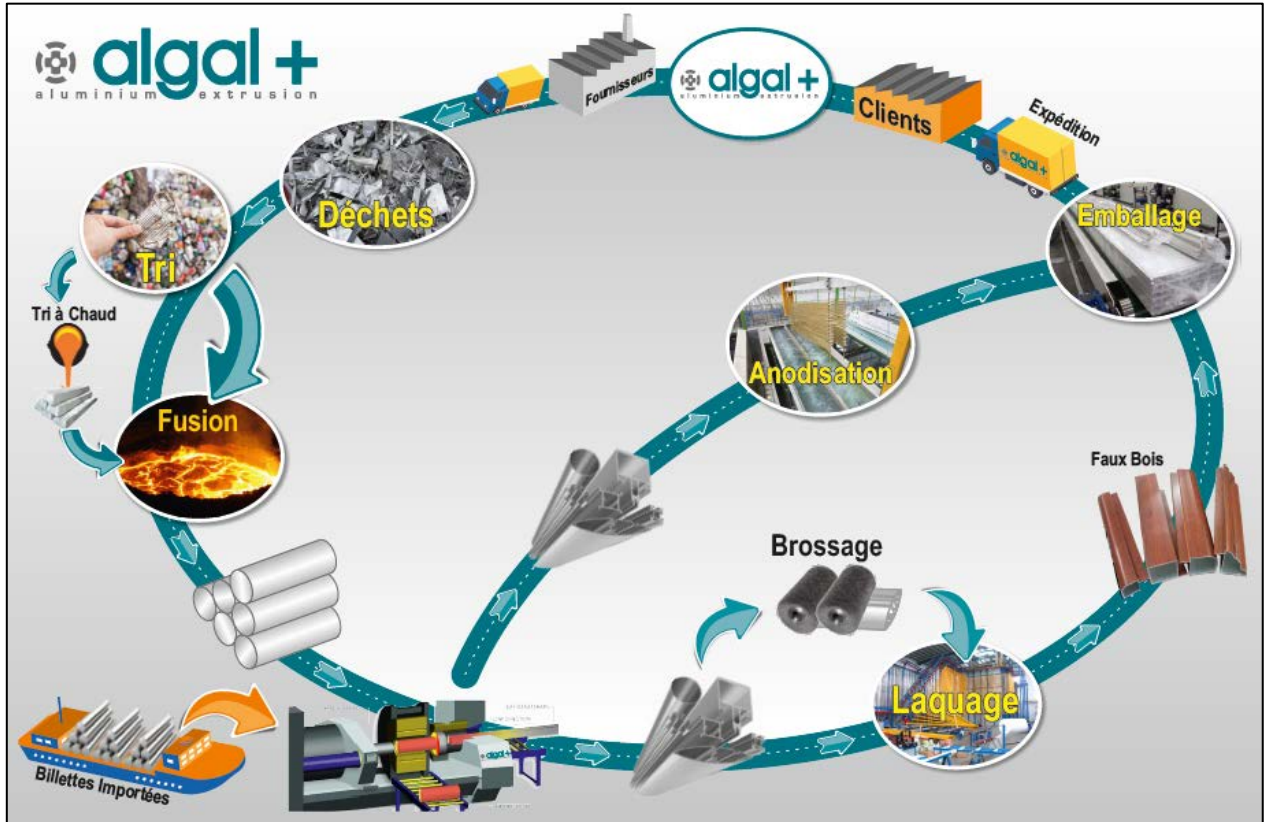


Figure 1.2 : Cartographie de la chaîne de valeurs ALGAL PLUS.

1.3 Processus de refonte d'Aluminium

Les équipements de refonte ont pour objectif de refondre les chutes et produits défectueux apparus dans le processus de fabrication des profilés en aluminium pour obtenir les billettes (barres plein). Pour cette raison, le terme "Refonte" est employé conventionnellement, mais en réalité la refonte est constituée par le même processus de traitement que la fonderie. Par conséquent, nous décrivons dans ce chapitre les processus relatifs à la refonte.

La production des profilés en aluminium destinés au châssis de fenêtre, etc. débute par la coulée visant à fabriquer les billettes d'extrusion. Le processus de coulée consiste en: fusion de l'aluminium, versement du métal fondu dans la coquille et solidification du métal liquide grâce à une série de ces opérations, les billettes sont fabriquées.

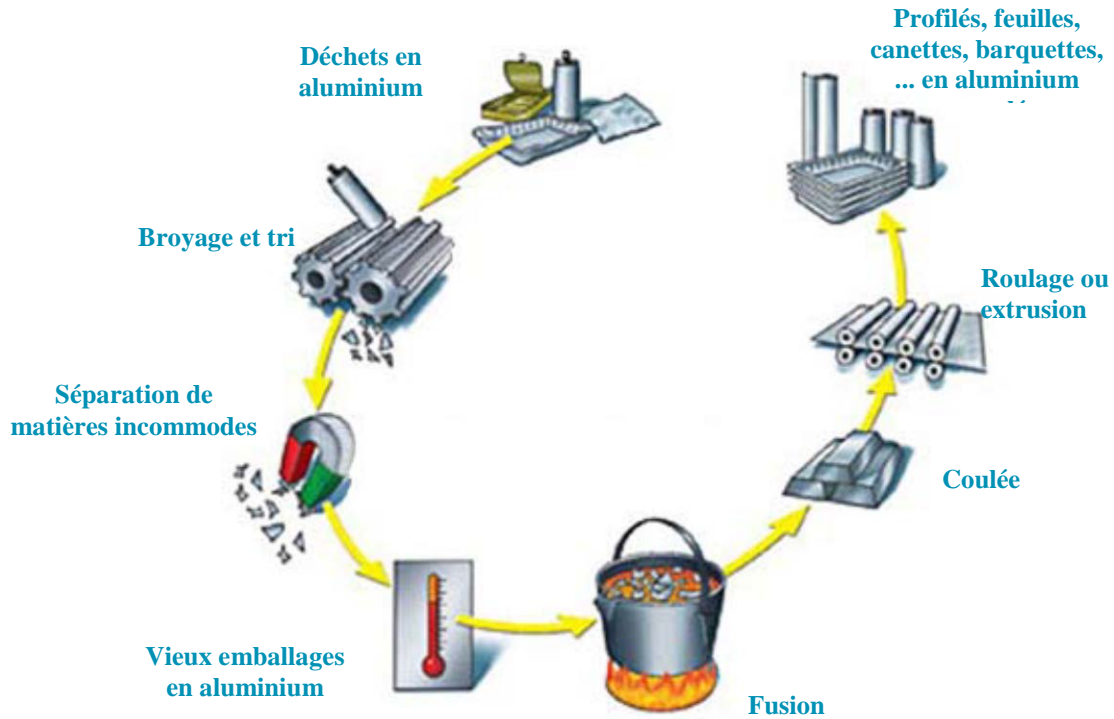


Figure 1.3 : Description de processus de la refonte d'aluminium (recyclage).

1.3.1 Description du processus de refonte

Le processus de refonte consiste à fondre les déchets de profilés et les chutes de billettes découlant de la production des profilés d'aluminium ainsi que le métal vierge acheté à l'extérieur, à couler et à homogénéiser les billettes à utiliser pour l'extrusion. Les billettes sont coupées à leurs deux extrémités de façon qu'elles soient appropriées au filage (extrusion). Les déchets de profilés et les chutes de billettes sont amenés avec le chariot élévateur à fourche, le chariot à déchets, etc. depuis les provenances des déchets (telles que l'atelier d'extrusion, l'atelier d'anodisation, atelier laquage, etc.) à l'atelier de refonte. Les déchets cerclés sous forme déterminée ou gerbés en groupe sont pesés avec la balance pour déchets avant d'être introduits dans le four de fusion et de coulée (FFC).

Les différents déchets regroupés sont introduits, en quantité nécessaire à la coulée, dans le four de fusion et de coulée (A et B) à l'aide de la machine de chargement de déchet. Le four de fusion et de coulée est du type basculant à chauffage au gaz naturel. La contenance unitaire est de 5 tonnes et la capacité de fusion de 1,8 tonnes/h. Le four est pourvu de grande porte de chargement sur sa face frontale, permettant l'introduction du métal solide au moyen du chariot

élévateur à fourche. Les déchets, une fois introduits, sont chauffés à 750 °C environ et soumis à la fusion.

Le métal fondu sortant du four traverse la goulotte puis le filtre à tissu de verre, s'accumule dans le répartiteur situé à la partie supérieure de la machine de coulée continue (MCC) équipée de table de coulée actionnée hydrauliquement et de chariot à coquilles et est réparti uniformément entre les coquilles placées sur le chariot à coquilles de la machine de coulée continue. En même temps, la table de coulée descend sous l'action du cylindre hydraulique. Au moment de la descente, il y a l'arrosage par l'eau de refroidissement primaire. Le métal se solidifie sous cette action refroidissante et s'immerge dans l'eau pour former les billettes en longueurs prédéterminées.

Une fois la coulée terminée, la goulotte sur le répartiteur bascule vers le haut et pivote. Après, le chariot à coquilles se déplace du dessus de la machine de coulée continue. Les billettes coulées sont soulevées par le pont roulant et transférées au poste de stockage de billettes situé à côté de la machine de coulée continue.

Ensuite, les billettes sont transportées, par le pont roulant, sur le châssis, où elles sont disposées sous forme déterminée en utilisant les traverses. Les billettes entassées sont amenées par la machine de chargement depuis le châssis jusqu'au four d'homogénéisation (F-H), où elles sont soumises à l'homogénéisation pour parachever la structure métallographique.

Après homogénéisation, les billettes sont transportées par la machine de chargement vers la chambre de refroidissement, où elles sont refroidies par air. Après refroidissement, les billettes sont transportées par la machine de chargement vers le châssis aux fins de stockage.

Les billettes homogénéisées sont transférées par le chariot élévateur depuis le châssis jusqu'au parc de stockage de billettes ou amenées à la table de stockage de la scie à billettes. Les billettes déposées sur la table de stockage roulent sous l'action de la pesanteur vers le côté de la table de chargement. Elles sont coupées à leurs deux extrémités par la scie et marquées puis transférées vers la table d'évacuation.

Lorsque les billettes sont amassées en nombre déterminé, on les déplace sur les traverses de bois de la table à produits. Les billettes sont attachées manuellement avec les

traverses de bois ensemble au moyen de bande métallique, puis transportées vers le parc de stockage de billettes par le chariot élévateur.

1.3.2 Eléments du processus de refonte

Les opérations principales dans l'atelier de fonderie sont illustrées dans la **Figure 1.4** suivante :

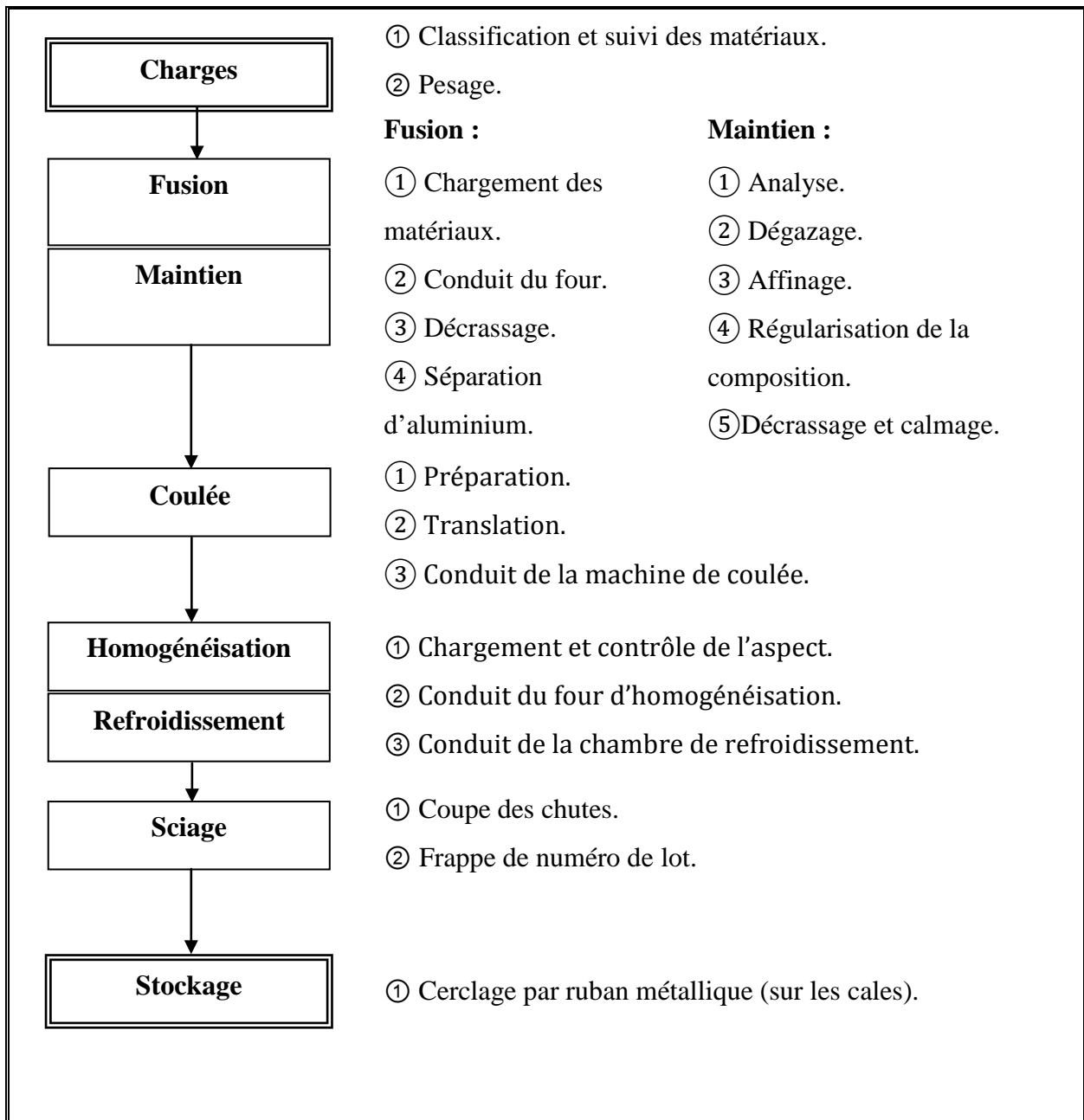


Figure 1.4 : Opérations principales dans la refonte d'Aluminium [7].

La coulée des billettes d'extrusion dans l'atelier de la refonte comprend les étapes suivantes :

- Charge des déchets et des chutes dans les fours,
- Fusion et maintien des matériaux,
- Coulée Continue,
- Homogénéisation et refroidissement des billettes,
- Sciage (coupage) et stockage des billettes,

1.3.3 Fusion et maintien des matériaux

Après le chargement des déchets et des chutes de profilés dans le four on démarre la fusion. La fusion est un processus métallurgique et est donc régie par les lois de la thermodynamique [11]. Le corps du four comporte la porte de chargement à la face frontale et le support de brûleur à l'arrière. Le support de vérin monté en bas du four et le support d'arbre de basculement au côté opposé aux portes de regard permettent le basculement du four à un angle maximal de 32° par la course du vérin [7].

Le type de fours à adopter est choisi en tenant compte de la nature des charges, de la capacité de fusion requise, de la situation géographique de la fonderie et des problèmes de pollution [4], nos fours (**figure 1.5**) est de type four à réverbère à 5 tonnes de métal liquide [7]. Le four est généralement porté à une température de l'atmosphère de 900 à 1 100 °C et à une température du métal fondu de 720 à 750 °C. Ces température sont affichées et réglées par des régulateurs de température type ON/ OFF et par deux servomoteurs qu'ils commandent l'ouverture et la fermeture du air/gaz.

L'équipement de chauffage prévu sur le four est composé des éléments principaux suivants :

- Deux (2) jeux de brûleurs capacité 113 x 10⁴ Kcal/h maxi.
- Deux (2) jeux de veilleuses capacité 20 000 Kcal/h.
- Une (1) soufflerie de combustion de débit 50 m³ /mn.
- Deux (2) régulateurs de rapport air/gaz par servomoteurs.

- Système de basculement : La vitesse de basculement est de 0 à 200 mm/mn pour le mouvement de montée et de 0 à 600 mm/mn pour le mouvement de descente. Ces vitesses sont réglables en fonction de la capacité de coulée déterminée du four.
- Armoire de logique câblé pour la commande de combustion et auxiliaires de chaque four (régulateurs, transducteurs, relais de commandes et relais de sécurité).
- Armoire de puissance (alimentations, disjoncteurs, contacteurs et protections).



Figure 1.5: Fours de fusions et de maintien 5 Tonnes.



Figure 1.6: Armoire de commande des fours de fusion.

Pour le brûleur principal, le réglage de volume de combustion est fait sur la soupape à orifice à gaz et le régulateur de rapport air-gaz. La veilleuse est préréglée. Ainsi, l'entretien préventif sera limité à la vérification des réglages.

1.3.4 Coulée Continue des billettes

Au début des années 1930, la coulée continue (DC casting) a été inventée indépendamment par « VAW » en Allemagne et Alcoa-USA [10]. Pour la coulée des billettes d'aluminium, la machine de coulée continue verticale est adoptée [3].

Du point de vue de la construction de la machine de coulée, on peut la classer en deux catégories : l'une, à flotteur ; l'autre, à masselotte chaude. Celle à flotteur est d'usage plus courant en raison de sa facilité de coulée. Dans cette version, le métal fondu se solidifie dans la coquille à eau, comme l'indique la **figure 1.7**. Le métal fondu amené de la goulotte est filtré doucement par le tissu de verre, puis versé dans le répartiteur spécialement conçu et enfin entre dans la coquille après avoir traversé la busette. La coquille est composée d'un corps de coquille et d'un fond de coquille. Tous ces deux éléments sont placés dans la coquille qui est refroidie par eau industrielle.

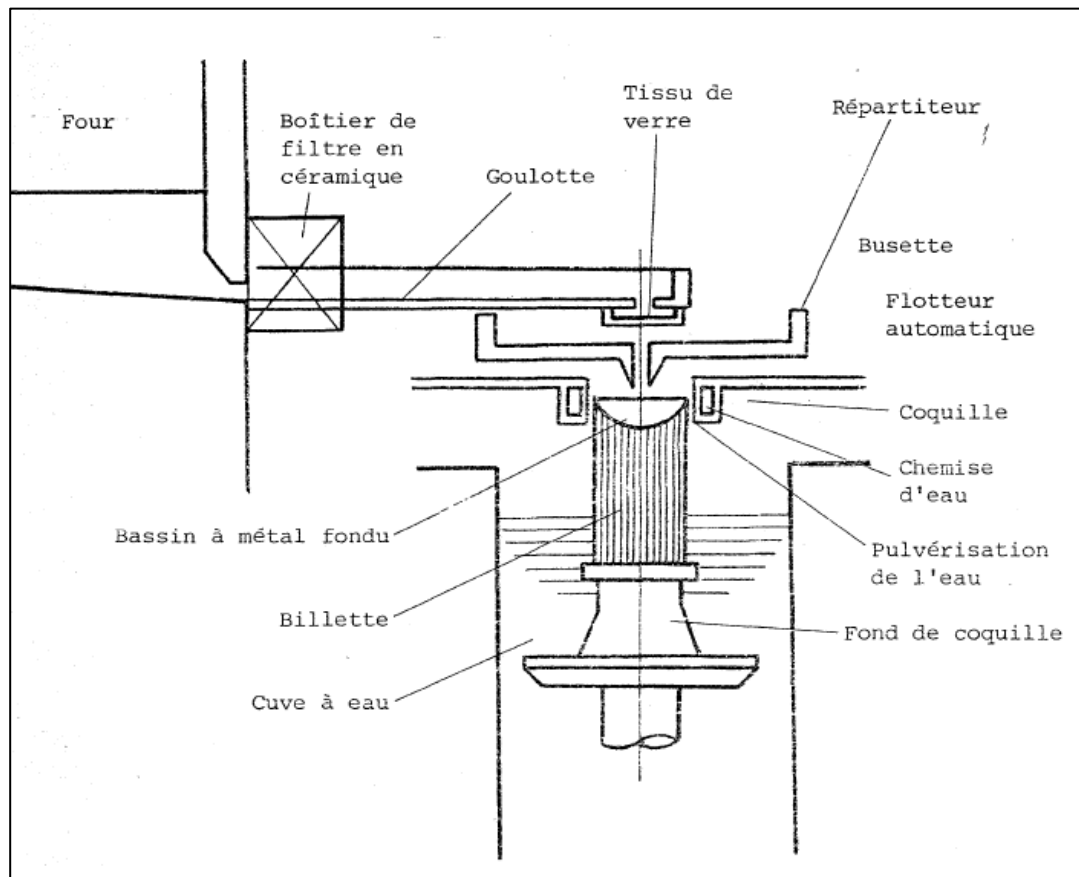


Figure 1.7 : Principe de fonctionnement de la machine de coulée continu (MCC).

Les spécifications techniques de la machine de coulée continue sont :

- Longueur des billettes : 3 700 mm max.
- Vitesse de coulée : 0 à 200 mm/min (Précision de réglage +/- 5 %).
- Vitesse de levage de la table de coulée : 2 000 mm/min.

- Quantité d'eau de refroidissement : 1 1000 l/min max et à 30 °C ou moins).
- Température de fonctionnement : 690°C (nominal).

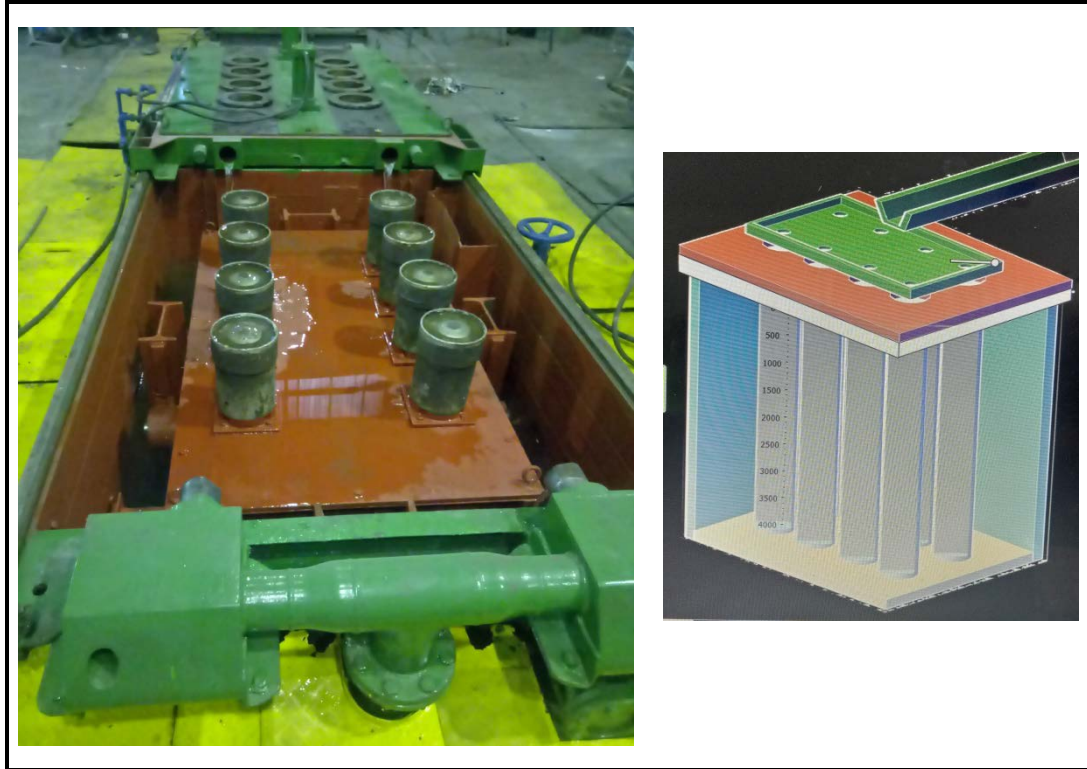


Figure 1.8 : Machine verticale de coulée continue (ALGAL PLUS – Année 2020)



Figure 1.9: Forme circulaire de cascade d'eau de refroidissement.



Figure 1.10 : Image réelle de l'opération de la coulée à ALGAL PLUS – Année 2020.



Figure 1.11 : Armoire de commande classique de MCC.

1.3.5 Homogénéisation et refroidissement des billettes

En vue d'assurer l'homogénéisation, les fours chauffés au gaz, au mazout, au kérosène, etc. sont couramment utilisés en raison de leur possibilité de traitement en grande série et de leur avantage économique. Les fours d'homogénéisation peuvent être classés en deux catégories, suivant leur construction : four à deux chambres (celle de chauffe et celle d'égalisation) et four à une chambre. La chambre de chauffe ainsi que celle d'égalisation est de construction en panneaux revêtus de calorifuge avec la tôle intérieure en acier inox, et l'enveloppe en acier laminé pour constructions générales (acier SS). Les caractéristiques principales du four sont :

- Capacité de traitement 12 000 kg Al/charge,
- Température de traitement de four : 560 à 580 °C (max = 650°C),
- Cycle de régulation de préchauffage est de type PID,
- Diagramme de chauffage (base de conception),
- Enregistreur de température à papier classique,

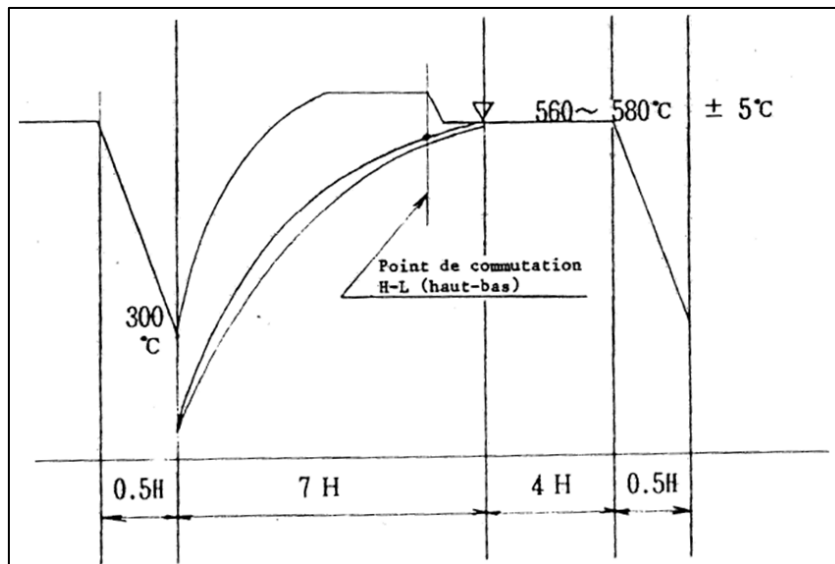


Figure 1.12 : Diagramme de chauffage du four d'homogénéisation.



Figure I.13 : Fours d'homogénéisation (H) à ALGAL PLUS.



Figure 1.14 : Armoire électrique de commande classique du four H.

Le processus de refroidissement est assuré à l'aide d'une chambre de refroidissement à air forcé à une seule porte où l'air aspiré de l'extérieur est diffusé et réparti pour refroidir les billettes directement et forcément, et l'air d'échappement est évacué du plafond par intermédiaire de la conduite. La détection de température est assurée par les thermocouples, et la température détectée est prise en note par l'enregistreur à papier. De plus, la puissance de refroidissement (estimation) des billettes prend les phases suivantes :

- De 500°C jusqu'à 250°C (Vitesse de refroidissement: 170°C/h).
- Et de 250°C jusqu'à 200°C (Vitesse de refroidissement: 100°C/h).
- Et de 200°C jusqu'à 60°C (Vitesse de refroidissement: 56°C/h).



Figure 1.15 : Chambre de refroidissement de billettes.

1.3.6 Sciage et stockage des billettes

Le sciage des billettes est exécuté en utilisant une scie circulaire destinée au découpage de billettes d'aluminium, munie en amont et en aval des tables. Le détail du mode débitage (cisaillement) ci-dessus est indiqué dans la figure suivante :

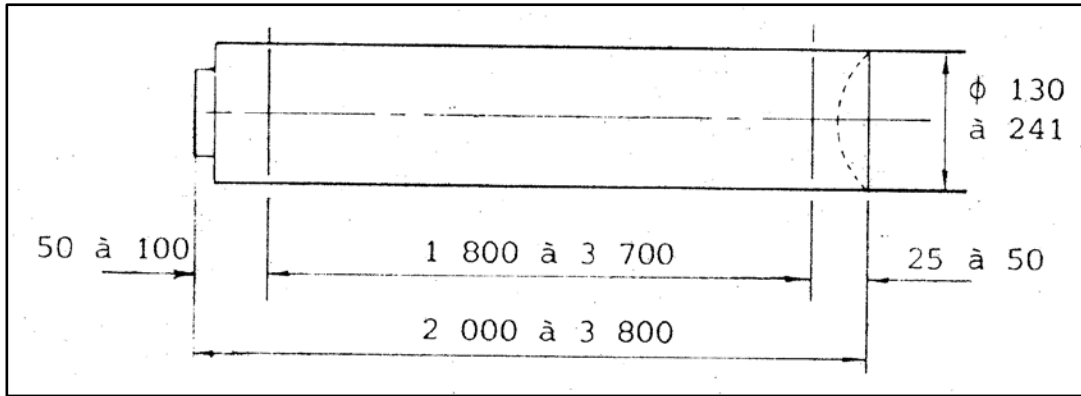


Figure 1.16 : Mode de cisaillement de billettes.

Les deux bouts des billettes coulées par la machine de coulée ne sont pas lisses et possèdent une crique et un dépôt d'oxyde. Par conséquent, il y a lieu de couper leurs deux bouts. La machine à couper réservée à cet usage est généralement une scie circulaire. Pour le débitage du métal doux tel que l'aluminium, il faut que l'opération soit effectuée avec les dents plus espacées et à une grande vitesse de coupe.

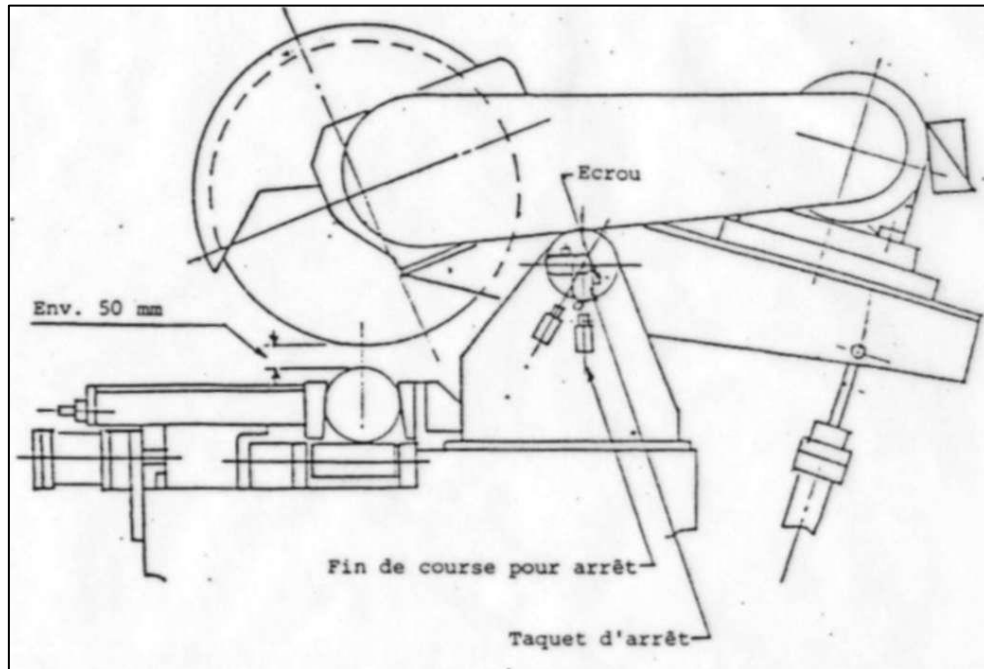


Figure 1.17 : Préréglage de la course de scie à billettes.

La scie circulaire couramment utilisée est une scie à segments qui offre une facilité de maintenance lorsque la lame de scie est ébréchée. Pour éviter une élévation de température, la lame est refroidie par le liquide aqueux en circulation. La commande automatique de la scie à billette à l'aide par Automate Fuji μ H classique [12].



Figure 1.18 : Scie à billettes (à ALGAL Plus).

Les billettes longues en provenance de l'installation d'homogénéisation sont chargées sur la table de stockage au moyen d'un chariot élévateur à fourche, le centre de la table étant tenu comme position de base pour ce chargement. En vue de faciliter le chargement, des montants de guidage sont prévus des deux côtés de la table.



Figure 1.19 : Produit final en stock (billettes) de l'atelier refonte.

1.4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la société ALGAL PLUS et sa cartographie des processus existant. En plus, la description du processus de la refonte d'aluminium et ses phases de production (fusion, maintien, coulée continue, homogénéisation, refroidissement, sciage des billettes et stockage de produit fini).

Ce dernier processus est le plus important dans la fabrication des billettes d'aluminium et le contrôle de la qualité est basé sur plusieurs données reliées aux matérielles/paramètres de production.

CHAPITRE-2

OUTILS MATERIELS ET LOGICIELS

CHAPITRE-2

OUTILS MATERIELS ET LOGICIELS

2.1. Introduction

La théorie du contrôle industriel englobe de nombreux domaines, mais utilise les mêmes principes de base, qu'il s'agisse de contrôler la position d'un objet, la vitesse d'un moteur ou la température et la pression d'un processus de fabrication [13]. L'automatisation consiste à rendre automatique les opérations qui exigeaient auparavant l'intervention humaine, l'automate est destiné à remplacer l'action de l'être humain dans des tâches en générale simples et répétitives, réclamant précision et rigueur [14].

Ce chapitre comporte étude des différents outils et solutions logiciels utilisés pour la réalisation du projet, les détails du protocole de communication et les capteurs utilisés dans ce dernier, ses caractéristiques et la configuration matérielle avec un automate programmable industriel (API).

2.2. Outils matériels

Les fours, la machine de coulée continue et autres machines contient plusieurs capteurs avec différentes méthodologies d'acquérir les données à visualiser, pour cela, on doit détailler les caractéristiques de chaque capteur utilisé et l'automate industrielle choisie dans notre processus.

2.2.1. Choix de l'automate programmable

L'automate programmable est un système de traitement logique d'informations dont le programme de fonctionnement est effectué à partir d'instructions établies en fonction du processus à réaliser. Il revient à l'utilisateur d'établir le cahier des charges de son système et de chercher sur le marché l'automate le mieux adapté aux besoins, en considérant un certain nombre de critères importants:

- Le nombre et la nature des entrées/sorties (numérique, analogique, etc....),
- Vitesse de traitement des données et de transfères et nature du traitement (temporisation, comptage, etc....),
- Le dialogue (la console détermine le langage de programmation).

- La communication avec les autres systèmes,
- Les moyens de sauvegarde du programme (Disquette, carte mémoire, etc...),
- Fiabilité, robustesse et disponibilité sur le marché,
- Choix de la marque ou d'un fournisseur d'automate et leur disponibilité de pièces de rechange.

En tenant compte des points soulignés précédemment, nous avons choisi comme système de traitement des informations de l'atelier refonte l'automate SIEMENS ET200S de la gamme de CPU IM 151-8F PN/DP comme un intermédiaire entre l'installation classique et la nouvelle interface de visualisation réalisé.

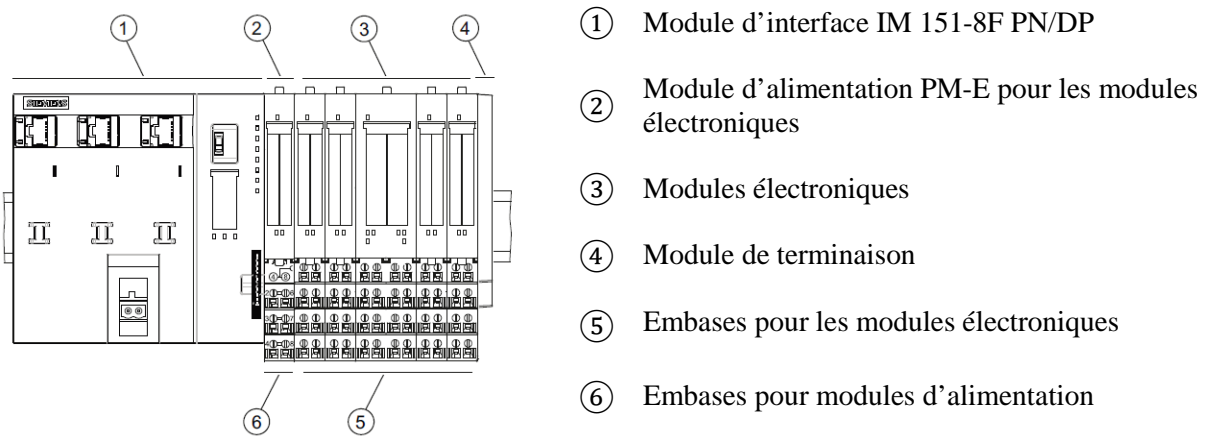


Figure 2.1 : Système de périphérie décentralisée ET 200S avec CPU IM 151-8F PN/DP.

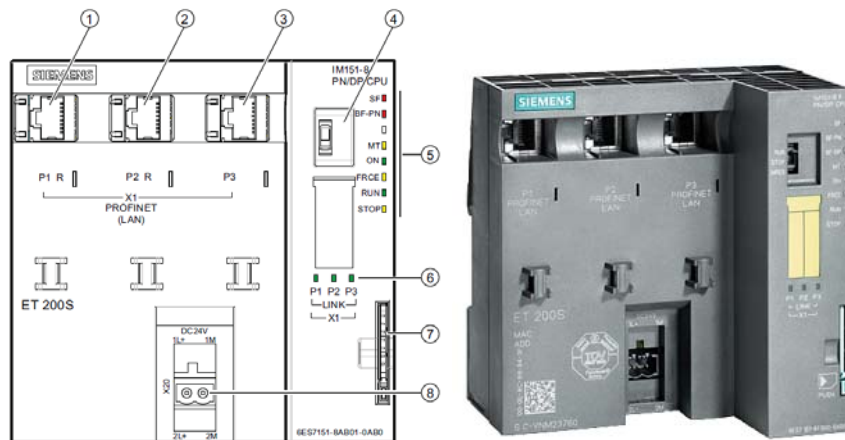


Figure 2.2 : Descriptions de Module d'interface IM 151-8F PN/DP.

Tableau 2.1 : Eléments du module d'interface IM 151-8F PN/DP

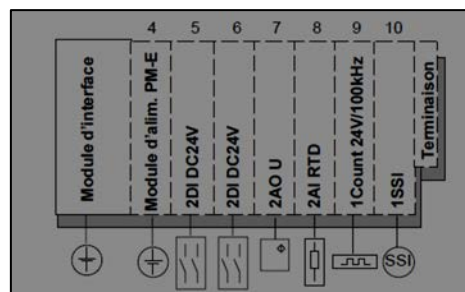
Numéro	description
①, ② et ③	Connecteurs RJ45 (ports de l'interface PROFINET)
④	Sélecteur de mode de fonctionnement
⑤	Affichages de l'état et d'erreur d'unité centrale CPU IM 151-8F PN/DP
⑥	Affichages de l'état de l'interface PROFINET
⑦	Slot pour la carte de mémoire micro de SIMATIC
⑧	Raccordement pour la tension d'alimentation (24V DC)

a) Domaine d'utilisation :

Juste à côté du module d'interface qui transmet les données à la commande centralisée, nous pouvons connecter les modules de périphérie selon un ordre et dans une quantité pratiquement quelconque. Nous pouvons ainsi adapter avec précision l'extension aux besoins réels. Selon le module d'interface, un ET200S peut comporter jusqu'à 63 modules. Grâce à la possibilité d'intégrer des départs-moteurs (commutation et protection de capteurs quelconques à courants triphasé, jusqu'à 7,5 kW), une adaptation rapide et optimale de l'ET200S à pratiquement toute application technologique de machine est garantie. Avec les modules à haute disponibilité et sécurité de l'ET200S, vous pouvez lire et sortir des données avec un haut niveau de fiabilité, jusqu'à la catégorie de sécurité 4 (EN 954-1).

b) Affectation d'emplacement :

La figure suivante représente la structure simplifiée d'une station ET200S avec modules électroniques TOR, modules électroniques analogiques, modules technologiques et avec l'affectation des emplacements.

**Figure 2.3** : Affectation des emplacements de l'ET200S.

c) Interfaces PROFINET (PN) :

Dans le cadre de la 'Totally Integrated Automation', PROFINET IO est le regroupement logique de PROFIBUS DP, le bus de terrain établi et l'Ethernet industriel. PROFINET IO mise sur une expérience de 20 ans acquise avec le PROFIBUS DP et allie le maniement habituel et l'utilisation simultanée de concepts innovants de la technologie Ethernet [26]. PROFINET IO est un système de transmission ouvert selon la norme IEEE61158 avec fonctionnalité temps réel défini selon la norme PROFINET et vitesse de transmission s'élève à 100 Mbit/s. Le standard définit un modèle de communication, d'automatisation et d'ingénierie non propriétaire. Les limites de paramètres ne sont pas dépassées lors de la configuration de l'unité ET200S :

- Le module d'interface de l'unité centrale IM151-8F PN/DP a une interface PROFINET avec le commutateur réseau intégrée à trois ports (connecteurs RJ45).
- À ces ports, le réseau peut être configuré avec une ligne structure sans commutateur (Switch) externe additionnel.
- Quand les ports 1 et 2 sont indiqués comme anneau met en communication (P1 R, P2 R), ils peuvent être employés pour créer une topologie superflue d'anneau.
- Vous pouvez également relier un dispositif additionnel de PROFINET, tel qu'un PC ou automate pour l'opération et la surveillance.

La figure suivante présente la structure typique d'un réseau PROFINET IO. Les esclaves PROFIBUS peuvent être intégrés via un convertisseur « IE/PB Link » [25].

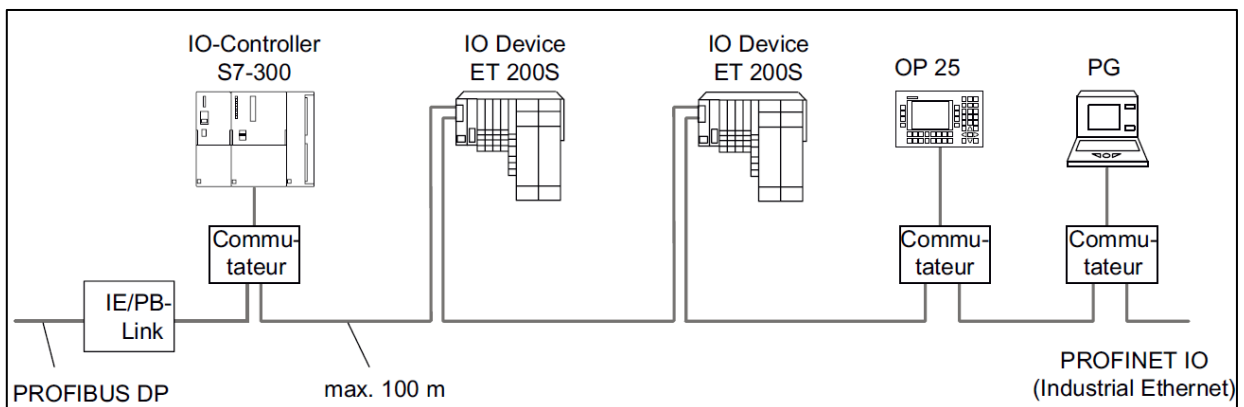


Figure 2.4 : Structure typique d'un réseau PROFINET IO

Pour le câblage des composants PROFINET, vous disposez d'une connexion aux normes industrielles [26]:

- PROFINET n'utilise plus le principe hiérarchique esclave/maître de PROFIBUS. Il s'appuie sur le principe Provider/Consumer (fournisseur/client). Les modules d'un périphérique IO qui doivent être abonnés par un IO Controller (contrôleur E/S).
- Les capacités fonctionnelles sont élargies en fonction des possibilités sur PROFINET IO.
- La vue utilisateur lors de la configuration est pratiquement semblable à celle de PROFIBUS DP (la configuration s'effectue avec STEP 7 > HW Config).

2.2.2. Configuration matériels de l'automate ET200S

Les éléments de la configuration matérielle de la station ET200S utilisée sont présentés dans le tableau suivant:

Tableau 2.2: Eléments de la configuration matérielle de la station ET200S.

N°	Description du module (carte)	Quantité	Référence module
01	Module d'interface IM 151-8F PN CPU V3.2	01	6ES7 151-8FB01-0AB0
02	Module d'alimentation PM-E 24V/8A	01	6ES7 138-4CA01-0AA0
03	Module d'entrées analogiques 2AI x U HS / 14bits	03	6ES7 134-4FB52-0AB0
04	Module d'entrées analogiques 4AI TC ST	02	6ES7 134-4JD00-0AB0
05	Module d'entrées analogiques 2/4AI x RTD ST	01	6ES7 134-4JB51-0AB0
06	Module fonction 1 Count 24V	01	6ES7 138-4DA04-0AB0
07	Module d'entrées TOR 8DI x DC24V	03	6ES7 131-4BF00-0AA0

Sur la vue matérielle du projet STEP7 on peut configurer la station ET200S comme la **figure 2.5** montre :

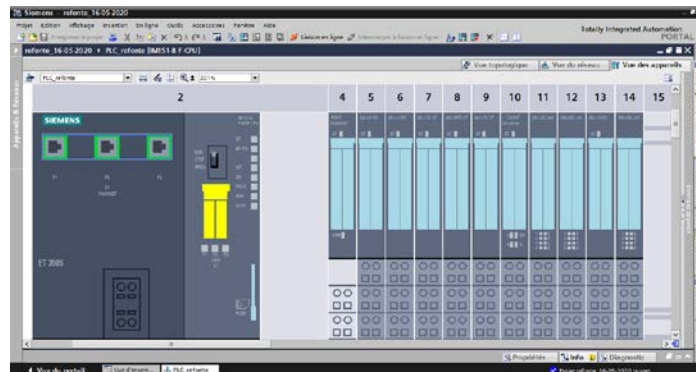


Figure 2.5 : Configuration matérielle de l'automate ET200S.

2.2.2.1. Carte d'alimentation

La **figure 2.6** présente le module d'alimentation de la référence PM-E DC24V/8A RO (6ES7138-4CA80-0AB0) utilisé et monté sur l'embase TM-P numéro 4 de l'automate ET200S.

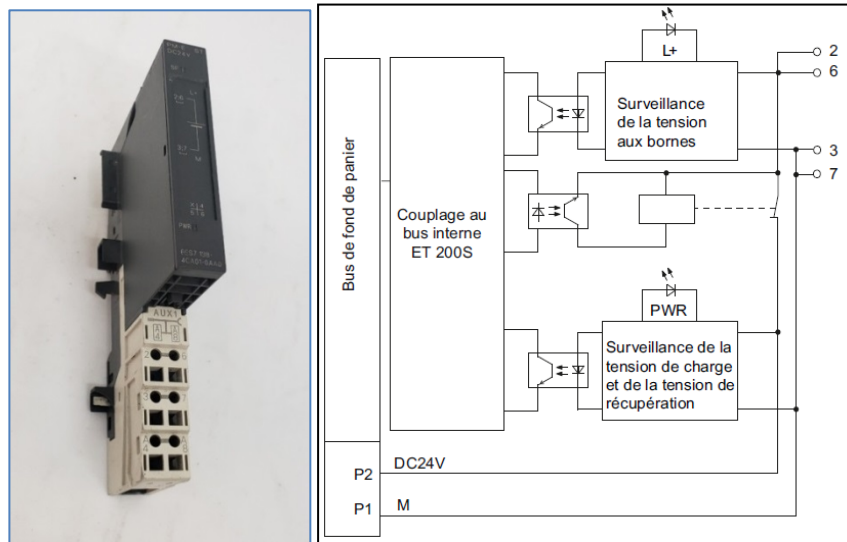


Figure 2.6: Module d'alimentation PM-E DC24V/8A.

2.2.2.2. Module d'entrée électronique (TOR)

La **Figure 2.7** montre le Module d'entrée électronique TOR de la référence 8DI DC24V (6ES7131-4BF00-0AA0), utilisé pour lire les signaux de natures toutes-ou-rien.

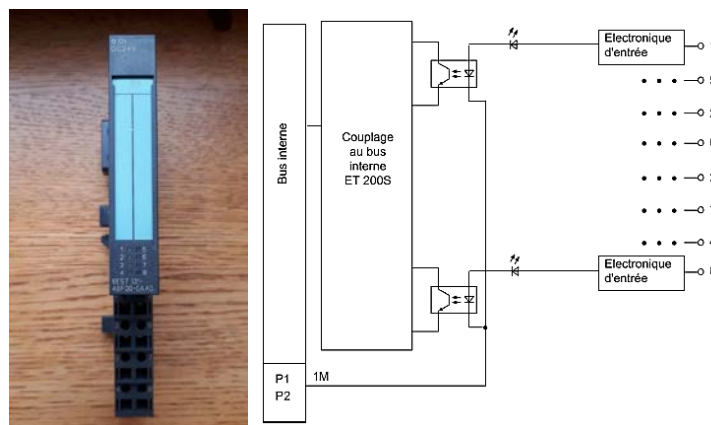


Figure 2.7 : Module d'entrée électronique TOR de la référence 8xDI DC24V.

2.2.2.3. Cartes d'entrée analogique (AI)

Les modules électroniques à entrées analogiques permettent d'acquérir, d'analyser et de convertir en valeurs numériques, pour traitement, les signaux à variation continue, tels qu'ils peuvent se produire lors de l'acquisition de température et de la mesure de la résistance. Nous avons utilisé trois types de modules d'entrée analogique :

a) Module analogique de thermocouples :

Module électronique analogique de quatre entrées configurables de la référence : 4AI TC ST (6ES7134-4JD00-0AB0).

Propriétés :

- Quatre entrées pour thermocouples ou mesure de la tension,
- Plage d'entrée :
 - Mesure de la tension : ± 80 mV, résolution 15 bits + signe,
 - Thermocouples : type E, N, J, K, L, S, R, B, T, résolution 15 bits + signe,
- Séparation galvanique par rapport à la tension de charge L+,
- Linéarisation des courbes caractéristiques de capteurs,
- Tension admissible en mode commun 5 VDC,
- Plage de températures étendue de 0°C à 50°C en cas de montage vertical,
- Prend en charge les fonctions I&M (Identification and Maintenance),

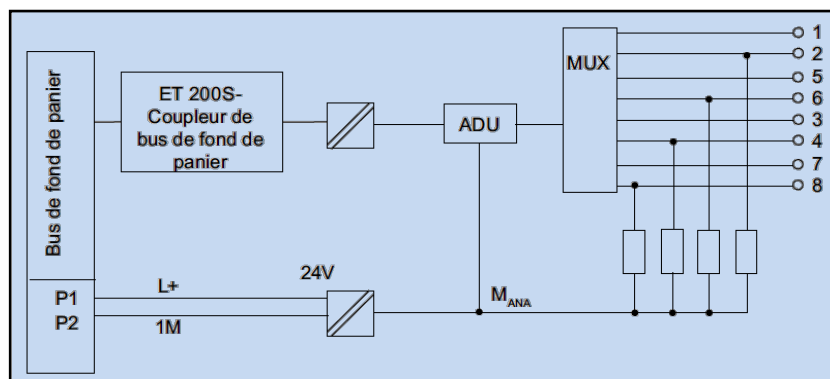


Figure 2.8 : Module électronique analogique 4AI TC ST.

Le raccordement des thermocouples à l'Automate ET200S est comme suite :

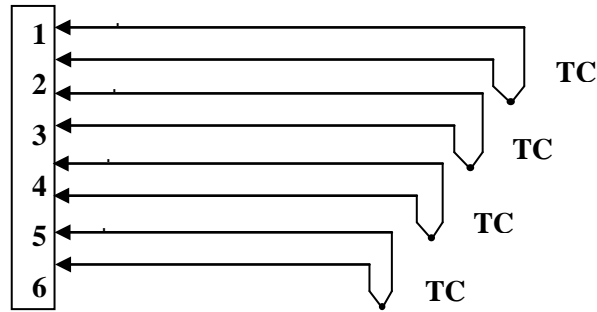


Figure 2.9: Raccordement de thermocouples aux borniers du module 4AI TC ST.

b) Module analogique d'entrée tension :

Le module électronique analogique 2AI U HS (6ES7134-4FB51-0AB0) est destiné pour la mesure du signal tension standard.

Propriétés :

- Deux entrées pour mesure de la tension,
- Plage d'entrée :
 - ± 10 V, résolution 13 bits + signe,
 - ± 5 V, résolution 13 bits + signe,
 - ± 2,5 V, résolution 13 bits + signe,
 - 1 à 5 V, résolution 13 bits,
- Séparation galvanique par rapport à la tension de charge L+,
- Tension admissible en mode commun 100V,

2.2.2.4. Module fonctions technologiques (FM)

Il existe quatre types de fonctions technologiques reliées à la station ET200S [30], le module le plus utilisé comme un module de fonction technologique est le 1count24V /100kHz, ses propriétés :

- Raccordement d'un générateur d'impulsions pour comptage des signaux 24 V jusqu'à une fréquence de 100 kHz.
- Utilisable avec un module terminal (embase) TM-E15S24-01.

- Mode de synchronisme d’horloge.
- Interface de données utiles adaptée.
- Modes de fonctionnement du module 1Count24V/100kHz :

a. Mode de comptage : Comptage continu, Comptage unique ou Comptage périodique.

b. Modes de mesure : Mesure de fréquence, de la vitesse de rotation, de la période.

c. Détection de position : Détection de position, le mode rapide.

Le module 1Count24V/100kHz peut compter les signaux qui sont générés par les capteurs suivants :

- Générateur d’impulsions 24 V avec niveau de sens,
- Générateur d’impulsions 24 V sans niveau de sens,
- Encodeur incrémental 24V avec 2 signaux A et B décalées de 90° en phase (Capt. Rotatif).
- Pour la configuration du module 1Count24V/100kHz nous pouvons utiliser :
- STEP 7 à partir de la version V5.3 SP2 ou
- HSP (Hardware-support-package fourni sur Internet) à partir de STEP 7 Version V5.2 SP1.

Le montage et câblage de cet élément est facile, enfichez le module 1Count24V/100kHz sur l’embase TM-E15S24-01 (vous trouverez une explication détaillée dans le manuel de station ET-200S).

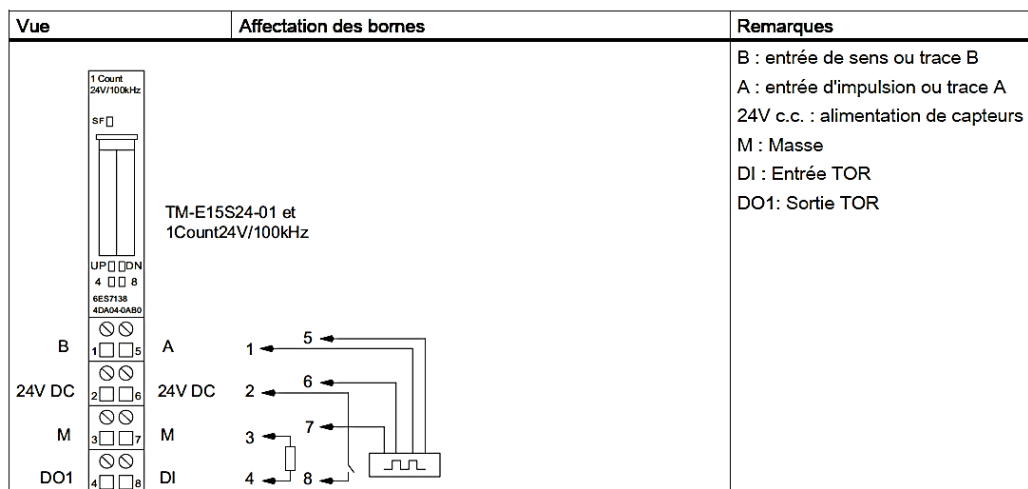


Figure 2.10 : Affectation des bornes pour un encodeur incrémental.

Remarque :

- Lorsque le module 1Count24V/100kHz atteint la limite supérieure en comptage vers l'avant, il revient dès l'impulsion suivante à la limite inférieure et, de là, continue à compter sans perte d'impulsions.
- Lorsque le module 1Count24V/100kHz atteint la limite inférieure en comptage vers l'arrière, il revient dès l'impulsion suivante à la limite supérieure et, de là, continue à compter sans perte d'impulsions.
- La limite de comptage supérieure est fixée à +2147483647.
- La limite de comptage inférieure est fixée à -2147483648.

Pour la commande du module 1Count24V/100kHz, vous devez utiliser les fonctions de validation logicielle ou matérielle (instruction ou entrée DI TOR). Comme la figure suivant :

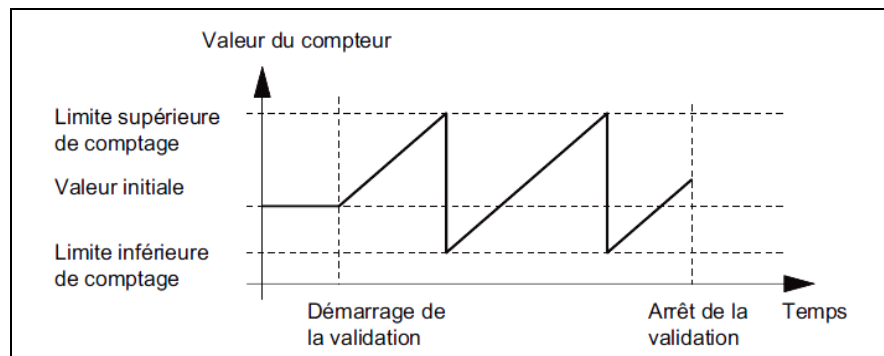


Figure 2.11 : Comptage continu avec fonction de validation.

2.2.3. Capteurs utilisés

Le capteur est l'élément primaire sensible au phénomène physique qui le traduit en une grandeur exploitable généralement électrique. Il est le premier élément de la chaîne de mesurage. Lorsque le capteur est constitué de plusieurs éléments, le corps d'épreuve est celui en contact direct avec le mesurande. Il génère une grandeur physique intermédiaire (déplacement, déformation, force...) traduite en une grandeur électrique (tension, capacité, induction...) par le transducteur.

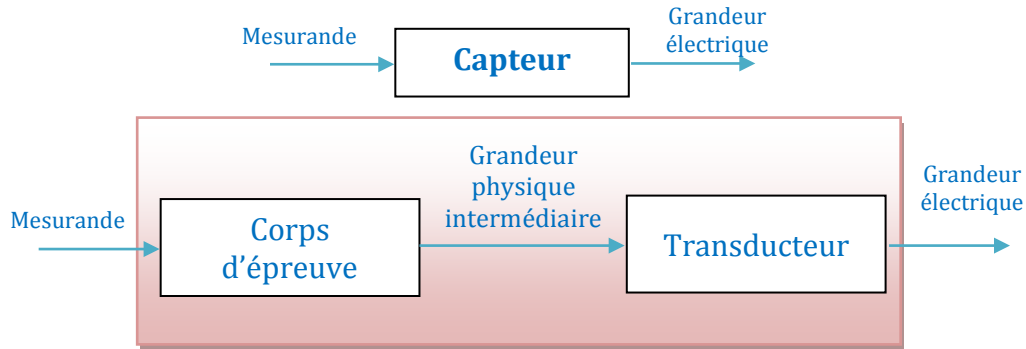


Figure 2.12: Constitution d'un capteur [24].

Les capteurs servent à détecter des informations et à les transmettre au module de traitement des signaux sous une forme exploitable. Ils ont des usages très variés dans le domaine technique, se déclinent en plusieurs modèles et utilisent différents principes de fonctionnement. Il est donc important de les caractériser. Les capteurs peuvent notamment être classés en fonction des critères suivants [24] :

- Principe de fonctionnement (optique, inductif, mécanique, fluidique, ...).
- Valeur mesurée (course, pression, distance, température, valeur de pH, intensité lumineuse, présence d'objets, ...).
- Signal de sortie (analogique, numérique, binaire, ...).

En ce projet nous avons utilisé plusieurs types de données pour les visualiser et traiter, pour cela, nous avons mis en place des capteurs de température, de déplacements, de vitesses, de débit et de présences. Les transducteurs utilisés sont placés dans l'installation classique (équipement original).

2.2.3.1. Thermocouples utilisés

Un thermocouple est un capteur qui permet de mesurer la température, leur principe est basé sur l'effet de 'Seebeck' [17]. Les thermocouples sont largement utilisés dans de nombreuses applications industrielles et scientifiques du fait de leur faible coût, de leurs larges plages de températures, de leurs limites de température élevées et de leur grande variété de types et de tailles. Ils sont utilisés quasi par tous les secteurs industriels, y compris les secteurs de l'énergie, du pétrole et du gaz, des semi-conducteurs, pharmaceutiques, biotechnologiques, alimentaires et métallurgiques.

Il existe des centaines de types de thermocouples fabriqués à base de différentes combinaisons de métaux A et B purs et d'alliages (**Figure 2.13**), chacun avec ses caractéristiques uniques et ses applications. Les thermocouples de type E, J, K, N et T sont à base de métaux usuels. Il s'agit des types les plus communs à base de fer, de constantan, de Nicrosil, de Chromel et d'Alumel. Les thermocouples de type B, R et S sont à base de métaux nobles (principalement de platine et de rhodium) et sont donc plus chers. Ils sont utilisés dans des applications à haute température.

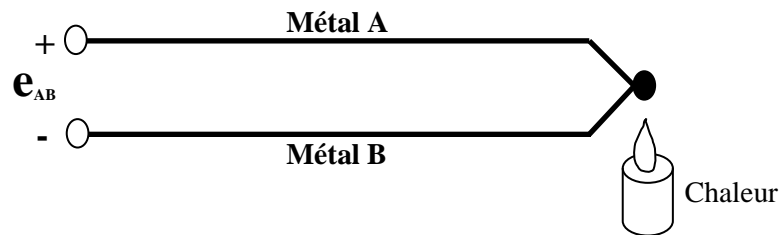


Figure 2.13: Constitution d'un thermocouple [16].

Il existe deux types de thermocouples utilisés dans notre travail, un thermocouple type R [15] et le type K, ils sont souvent les plus utilisées dans la fonte car leurs fiabilités et plage de mesure. Le signal de thermocouple en millivolts mesuré par une carte analogique à thermocouple (4AI TC) de l'automate ET200S.

Pour plus de précision nous avons utilisé des câbles d'extension type K et type R, sont des fils de même nature que ceux du thermocouple et sont employés pour le relier jusqu'à la jonction de référence. C'est la meilleure solution du point de vue précision, mais pas économique [24].

a) Thermocouple type R (Platine Rhodié 13 % / Platine) :

Le thermocouple type R utilisé pour la mesure de la valeur de température d'atmosphère à l'intérieur du four de fusion est de 1150°C au maximum [8] avec double thermocouples à l'intérieur de gaine de protection. La dimension et la forme de ce thermocouple est disposée avec plusieurs forme, la **figure 2.14** représente la forme utilisé dans notre travail.



Figure 2.14: Double thermocouple type R.

b. Thermocouple type K (Nickel-Chrome / Nickel-Aluminum):

Le plus utilisé dans l'industrie pour sa grande étendue de mesure et son prix très faible. Utilisable en milieu oxydant. Moins stable que les autres thermocouples. Le thermocouple type K utilisé pour la mesure de température du métal liquide d'aluminium dans une plage nominale de 700°C à 750°C et il peut atteindre 800°C en maximum (**figure 2.15**). C'est un double thermocouple assemblé pour la mesure de température avant la table de coulée continue [21]. La f.é.m. d'un thermocouple type K varie en millivolts est mesuré par une carte d'entrée analogique de type thermocouple (4 TC) de l'automate ET200S.

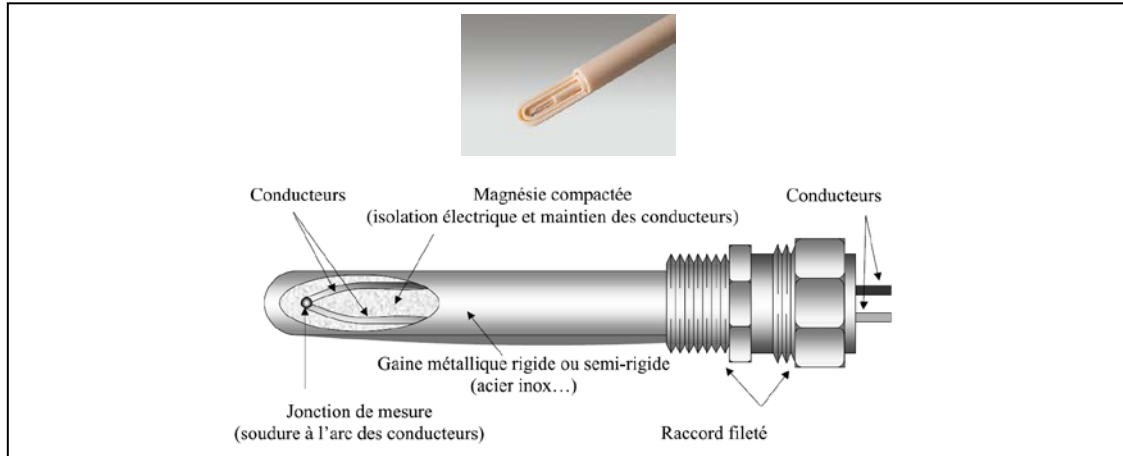


Figure 2.15 : Double thermocouple type K.

Le tube de protection de thermocouple de matière silicon-nitride à superbe résistance de choc thermique et une bonne conductivité thermique [22], permet de protéger le thermocouple à l'intérieur du l'aluminium liquide.

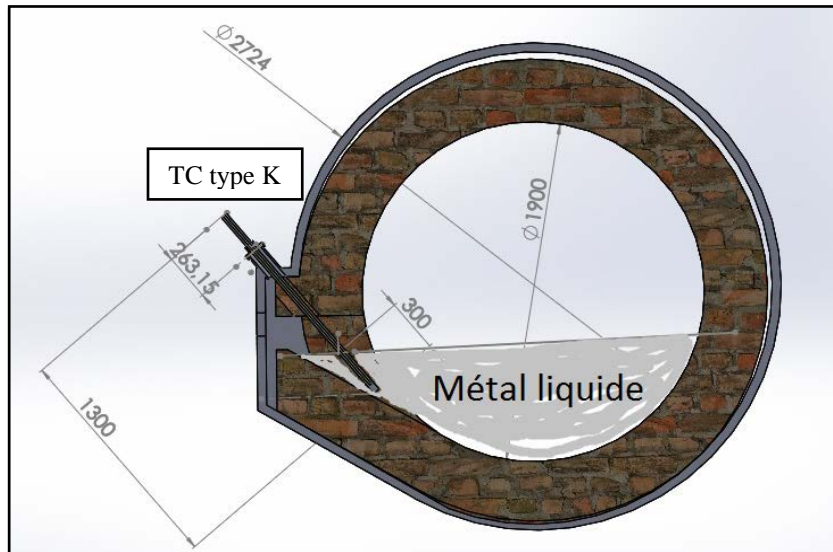


Figure 2.16 : Emplacement de thermocouple du métal liquide dans le four de fusion.

2.2.3.2. Sonde de température PT100

La résistance créée entre les conducteurs 1 et 2, est soustraite, par le circuit électronique de l'appareil, de la valeur ohmique obtenue entre les conducteurs 1 et 3. La résistance des fils de raccordement est limitée, mais la résistance des contacts de connexion n'est pas supprimée. Une longueur de câblage de l'ordre de 100 m n'influence pas la précision de la chaîne de mesure qui reste pratiquement celle de la précision intrinsèque de la sonde Pt100.

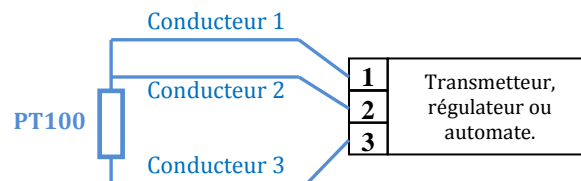


Figure 2.17 : Sonde de mesure de température PT100 à trois fils.

Il y a beaucoup de méthodes pour mesurer la température dans l'industrie. La méthode la plus utilisée généralement est d'utiliser le PT100 [19]. La valeur de résistance du platine métallique (Pt) change avec la température, et sa reproductibilité et stabilité est bonne. La sonde faite en platine s'appelle la sonde de température de résistance de platine, comme PT100, le PT1000. Elle est employée souvent à la mesure de la température de bas-milieu. Le

Dans le présent travail, nous avons utilisé un PT100 industriel à une gaine en inox (**Figure 2.18**) placé sur la conduit principale de d'eau de refroidissement, pour mesurer la température de l'eau venir de tour de refroidissement d'eau industriel. La valeur de la résistance est lue par une carte d'entrée RTD sur l'automate ET200S. Sur l'installation classique la température est lue par un thermomètre à mercure.



Figure 2.18 : Emplacement de PT100 à la canalisation d'eau de refroidissement.

2.2.3.3. Encodeur incrémental [18]

Un codeur incrémental délivre un certain nombre d'impulsions par tour. Le nombre d'impulsions est une mesure pour le déplacement angulaire ou linéaire. Un disque fixe sur un arbre est divisé en segments transparents et opaques alternés.

Une LED émet un faisceau parallèle qui illumine tous les segments de ce disque codé. La lumière modulée est reçue par des photo-éléments et convertie en deux signaux sinusoïdaux déphasés de 90° . Une électronique de digitalisation amplifie les signaux et les convertit en impulsions rectangulaires qui sont ensuite transférées à la sortie via un amplificateur de ligne.

En standard, tous les codeurs incrémentaux sont disponibles avec trois signaux de sortie (A, B, index 0). Les appareils en version 5V TTL possèdent aussi les signaux de sortie complémentaires de A, B et index z. Le déphasage électrique entre les signaux A et B est de 90° .

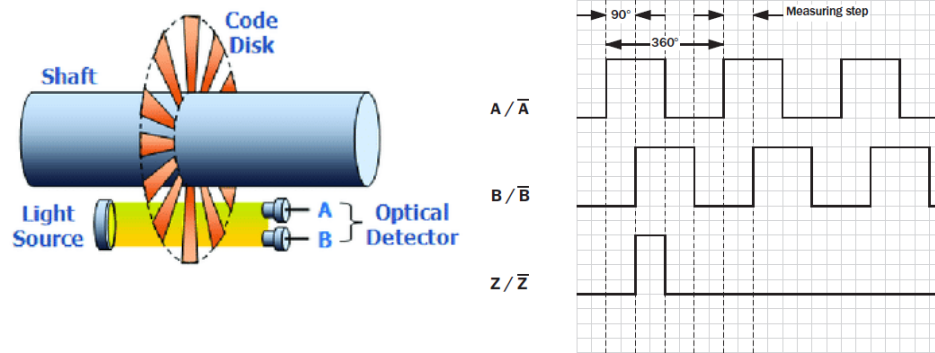


Figure 2.19 : Principe et diagramme des impulsions de l'encodeur incrémental.

2.2.3.4. Les capteurs de présence (fin de courses)

Le capteur de fin de course est un capteur qui possède un dispositif mécanique et deux contacts 1NO et 1NC (**Figure 2.20**). Il permet de couper ou établir un circuit lorsqu'il est actionné par un mouvement d'un corps.

Les fins de course sont utilisées pour obtenir l'état de basculement des fours de fusions A et B, si le four commence à basculer une information transférée au automate pour indiquer aux opérateurs que le four est en état de basculement.

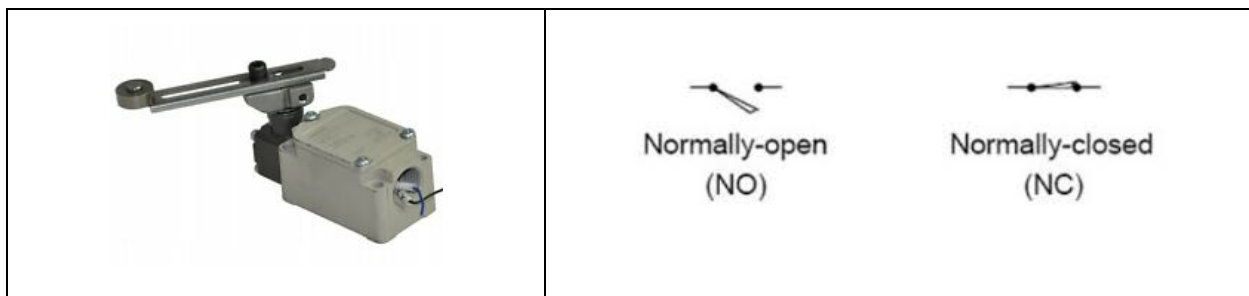


Figure 2.20 : Fin de cours à deux contacts (NO/NC).

Le contact ouvert du fin de course est utilisé par l'installation classique avec différents tension de commande, pour cela nous avons ajouté en parallèle un relais de commande pour obtenir une autre contacte utilisé par l'automate.

2.2.3.5. Mesures de débit par pression différentielle

Les économies de matières premières, semi-finies, et d'énergie demandent une évaluation de plus en plus précise des quantités disponibles de la part des gestionnaires avec

un nombre croissant d'installations de débitmètres. Le principe de mesure des débits par pression différentielle est utilisé industriellement pour un régime d'écoulement turbulent. Le cas de mesure de débit en régime laminaire reste très marginal et n'est pas abordé dans cette mémoire.

Dans notre travail nous avons utilisé un capteur de débit à mesures par organe déprimogène, Une restriction dans une conduite contracte la veine fluide et provoque un changement de la pression statique (**figure 2.21**). Cette dépression entre l'amont (1) et l'aval (2) de cette restriction, appelée organe déprimogène, dépend du débit [24].

L'équation de Bernoulli entre 1 et 2 est donnée par la relation entre les pressions dynamique P_d et statique P_s :

$$P_{d1} + P_{s1} = P_{d2} + P_{s2} \dots \dots \dots (1)$$

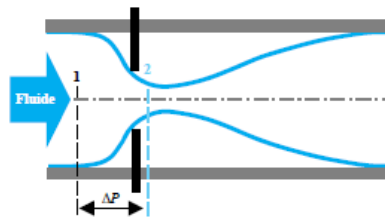


Figure 2.21 : Mesure de débit par organe déprimogène.

La mesure de la pression dynamique P_d permet de connaître la vitesse U et d'en déduire le débit Q_v à l'aide de l'équation de continuité :

$$Q_v = S. \left(2. \frac{P_d}{\rho}\right)^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{On a } P_{d1} = P_{d1} = \rho. g. z \dots \dots \dots (3)$$

ρ est la masse volumique, z est l'altitude, g est la gravité.

La mesure de la différence des pressions statiques donne :

$$\Delta P = P_{s1} - P_{s1} = \frac{1}{2}. \rho. (S_2^{-2} - S_1^{-2}). Q_v^2 \dots \dots \dots (4)$$

Soit le débit est exprimé par la relation suivante :

$$Q_v = \sqrt{2 \cdot \Delta P / \rho \cdot (S_2^{-2} - S_1^{-2})} \dots \dots \dots (5)$$

Avec S_1 la section de la conduite cotée 1 et S_2 la section de passage de l'organe déprimogène coté 2.

Il existe une multitude d'organes déprimogènes développés en fonction de besoins spécifiques, le plus utilisé est le diaphragme (**Figure 2.22**).

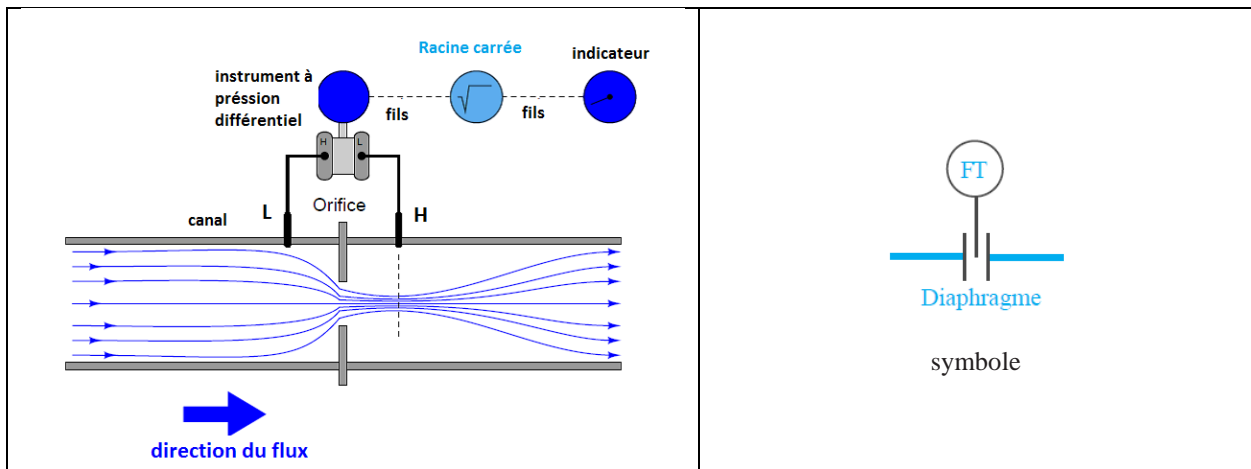


Figure 2.22 : Principe d'un débitmètre à diaphragme.

En fonction de la dimension de la conduite, un coefficient de sonde K, dépendant du positionnement et du nombre de ses orifices, est donné par le fabricant pour la détermination du débit à partir de la pression différentielle mesurée :

$$Q_v = K \cdot \sqrt{\Delta P} \dots \dots \dots (6)$$

Les moyens traditionnels de mettre en application la caractérisation nécessaire de signal étaient d'installer un relais de fonction « Racine carrée » entre l'émetteur et l'indicateur de flux (voire chapitre 3), montrée dans la **figure 2.22**.

Dans ce cas nous avons utilisé un débitmètre à transmetteur pour fournir un signal analogique standard de 4 à 20mA (**figure 2.23**), ce dernier est utilisé par l'indicateur classique installé au pupitre de la machine de coulée. La carte d'entrée analogique de l'automate ET200S pour lire le débit de l'eau de refroidissement en (m^3/h).

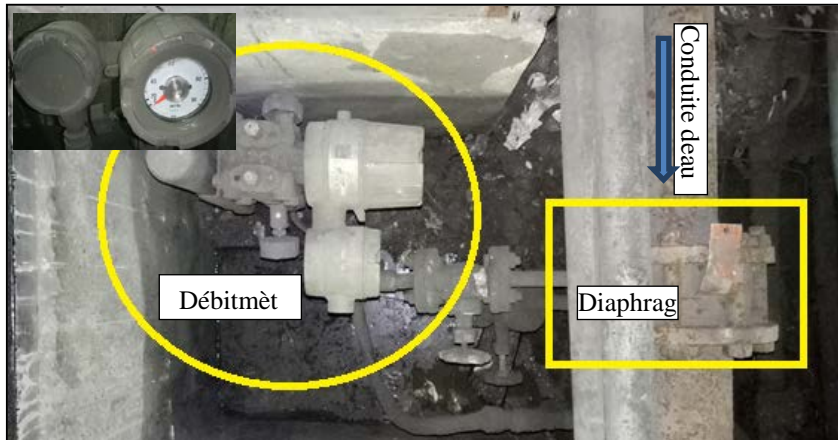


Figure 2.23 : Raccordement du débitmètre sur le circuit d’eau de refroidissement.

2.2.4. Technologies de normalisation des mesures

Le capteur est rarement connecté directement au contrôleur. Au lieu de cela, de divers instruments d’interface sont habituellement ajoutés à la boucle d’asservissement qu’ils sont connectés ensemble. Ces instruments sont le transmetteur et le transducteur [27]. Le **tableau 2.3** montre les signaux électroniques et pneumatiques standards utilisés généralement dans l’industrie et la régulation des processus.

Tableau 2.3: Les signaux standards de transmetteurs.

électronique	pneumatique
4-20 mA	3-15 psi
0-20 mA	/
0-10 V DC	/

Les signaux électriques analogique dans un système de contrôle sont à courant continu et peuvent être divisés en deux catégories : tension et courant [28] [23]. La manière la plus facile pour calculer la valeur analogue est la formule ci-dessous :

$$\frac{x - x1}{x1 - x2} = \frac{y - y1}{y1 - y2} \dots \dots \dots (7)$$

- x est la grandeur physique a convertir,
- x1 est la limite inferieur de x, x2 est la limite supérieure de x,
- y est le grandeur numérique utile à superviser,
- y1 est la limite inferieur de y, y2 est la limite supérieure de y,

Supposant, la norme utilisée pour un capteur est de courant 4-20mA [28], équivalent de valeur physique de 0 à 100%. La range de valeur analogique de l'automate siemens est 0 à 27648 (engineering range), donc :

$$\frac{x - 4}{4 - 20} = \frac{y - 0}{0 - 27648} \dots \dots \dots (8)$$

2.3. Outils logiciels

La deuxième partie de ce chapitre présente les outils logiciels utilisés pour représenter les grandeurs physiques mesurées par les capteurs précédents, la société siemens qu'il fabrique l'automate utilisé dans notre projet est développée un outil logiciel regroupant toutes les fonctions nécessaires pour configurer, convertir et sauvegarder les données de chaque capteurs, appelé TIA portal.

2.3.1. Description de logiciel TIA portal

Le TIA portal (Totally Integrated Automation) est un portail multi-logiciels constituent plusieurs outils nécessaires pour faciliter la programmation d'un automate, variateurs de vitesse, et interface HMI (Human Machine Interface). Les logiciels qui peuvent être trouvés dans le TIA portal sont présentés dans l'ANNEXE-1.

Dans TIA Portal, on trouve deux vues importantes, vue du portail et vue de projet. La vue du portail fournit une vue d'ensemble du projet et un accès aux outils qui permettent de l'élaborer. Nous pouvons trouver rapidement ce que nous souhaitons faire, et appeler l'outil qui servira à accomplir la tâche voulue. Si la fonction l'exige, le changement vers la vue du projet s'effectue automatiquement. La **figure 2.24** montre la vue du portail.

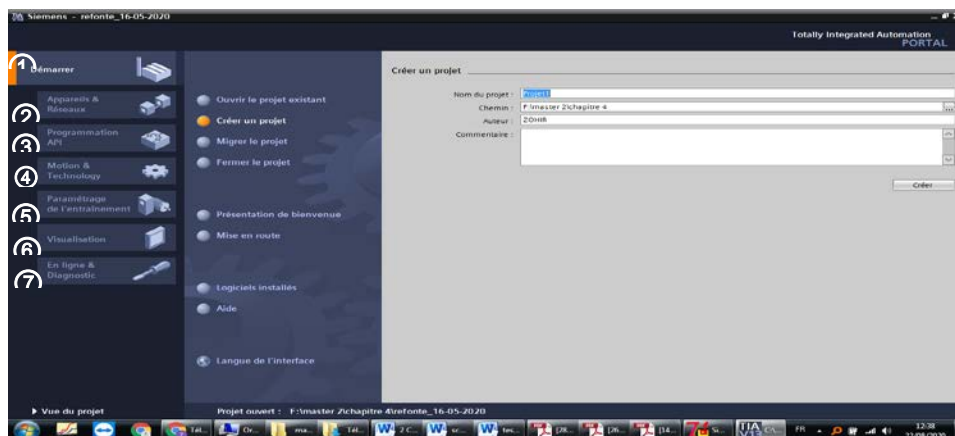









Figure 2.24 : Interface de démarrage TIA en vue du portail.

Dans la vue portail on trouve :

- 1 - La vue de démarrage de logiciel TIA portal (ouvrir projet, créer un projet, ...). 
- 2 - Affichage des appareils & réseaux configurés. 
- 3 - Programmation API (structure de programme dans l'automate). 
- 4 - Fonctions technologiques (Comptage, mesure et détection de position, Régulation PID, Motion Control, ...). 
- 5 - Configuration des entraînements (variateurs de vitesse). 
- 6 - Visualisation de processus (Créer et éditer des vues, créer des archives, paramétrage des pupitres, ...). 
- 7 - Utiliser les fonctions en ligne et les fonctions de diagnostics. 

La vue du projet présentée à la **figure 2.25** sert à la configuration matérielle, la programmation, la création de la visualisation et à d'autres tâches avancées. La barre de menu avec les barres de fonction est située par défaut en haut de la fenêtre, le navigateur du projet et tous les éléments du projet sont sur la gauche, et les instructions et les bibliothèques sur la droite.

Si un élément (par exemple la configuration de l'appareil) est sélectionné dans le navigateur du projet, il est affiché au centre et peut y être édité.

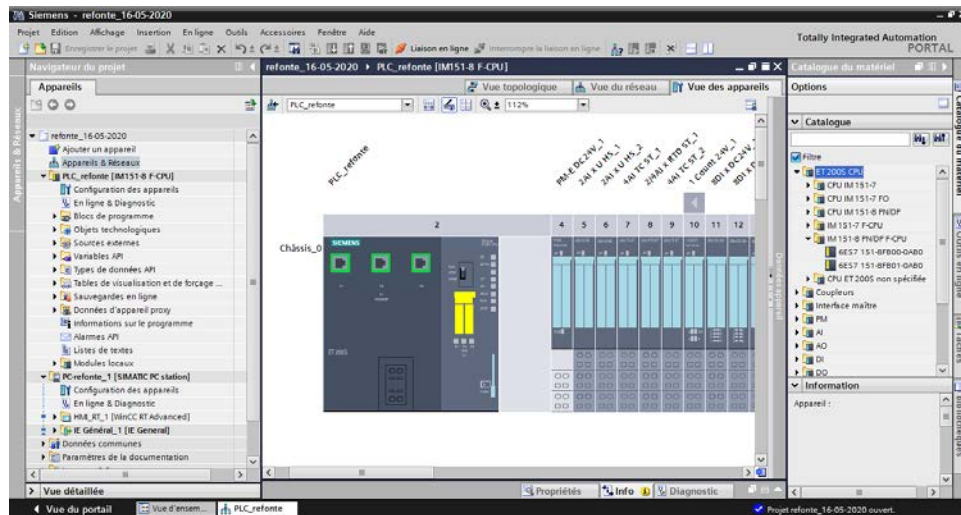


Figure 2.25 : Interface de démarrage TIA en vue du projet.

Les deux parties de TIA portal utilisées par notre projet sont le « STEP 7 Professional » et le « WINCC Advanced » en version V13.0.

2.3.2. Le STEP 7 professionnels

2.3.2.1. Introduction

Logiciel STEP7 Professional fédère toutes les fonctions requises pour concevoir, configurer, programmer, tester, mettre en service et maintenir les systèmes d'automatisation SIMATIC. STEP7 Professional apporte une productivité de l'ingénierie sans précédent. Il concrétise tous les atouts du concept "Totally Integrated Automation".

2.3.2.2. Configuration matériels

Après le choix de la CPU et leurs cartes convenables à une application spécifique, on doit insérer chaque élément à leur emplacement matériel pour définir l'automate utilisé (**Figure 2.26**). L'adresse IP affecté est celle de sous-réseau de l'Ethernet de la société ALGAL plus.

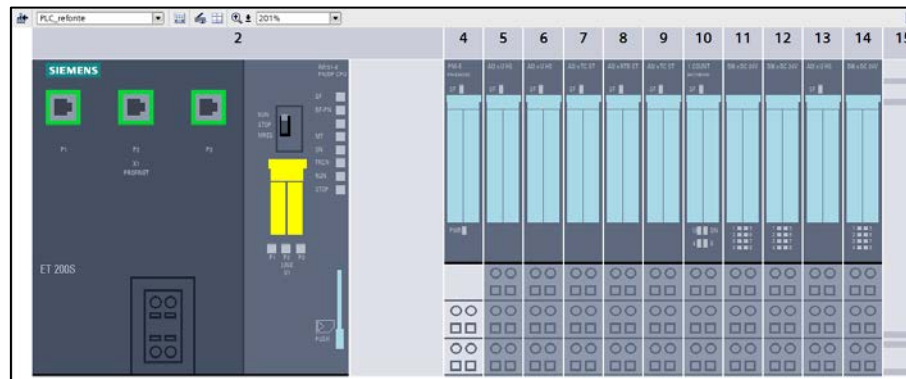


Figure 2.26 : Configuration matériel de l'automate ET200S.

2.3.2.3. Structure d'un programme en STEP 7

La réalisation et la maintenance de tâches d'automatisation complexes sont plus simples si ces tâches sont divisées en plusieurs tâches partielles plus petites qui correspondent aux fonctions technologiques du processus d'automatisation ou qui peuvent être utilisées plusieurs fois. Dans le programme utilisateur, ces tâches partielles sont représentées par des blocs. Chaque bloc constitue une section indépendante du programme utilisateur.

La structuration du programme offre les avantages suivants :

- La programmation de programmes volumineux est plus claire.
- Certaines parties du programme peuvent être normalisées et être utilisées plusieurs fois avec des paramètres changeants.
- L'organisation du programme est simplifiée.
- Il est plus facile de modifier le programme.
- Le test du programme est simplifié, car il peut s'effectuer section par section.
- La mise en service est simplifiée.
- La **figure 2.27** suivante représente un programme structuré schématique. L'OB cyclique "Main1" appelle successivement des sous-programmes qui exécutent des tâches partielles définies.

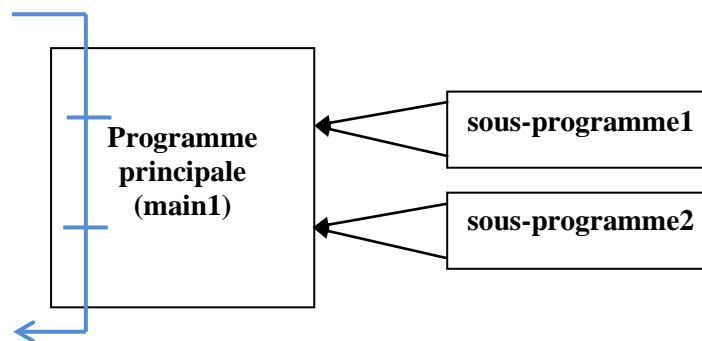


Figure 2.27 : Programme structuré en STEP 7.

2.3.2.4. Présentation des types de blocs et données

Il existe différents types de blocs pour exécuter les tâches dans un système d'automatisation. Le tableau dans l'**ANNEXE-2** présente les types de blocs disponibles dans le STEP7 professionnel.

Les types de données fixent les propriétés des données, par exemple la représentation du contenu et les zones de mémoire autorisées. Dans le programme utilisateur, vous avez la possibilité d'utiliser des types de données prédéfinis que vous pouvez aussi regrouper en types de données personnalisés. Pour ce faire, les catégories de type de données suivantes sont à votre disposition :

- Données élémentaires (nombres binaires, entiers, nombres à virgule flottante, durées, DATE, TOD, LTOD, CHAR, WCHAR)
- Données complexes (DT, LDT, DTL, STRING, WSTRING, ARRAY, STRUCT)
- Types de données utilisateur (type de données API (UDT))
- Pointeur.
- Types de données système.
- Types de données de matériel.

2.3.2.5. Présentation de l'éditeur de programmation

Dans l'éditeur de programmation ce trouve le programme « main » ou principale de l'automate, comme la **figure 2.28** présente.

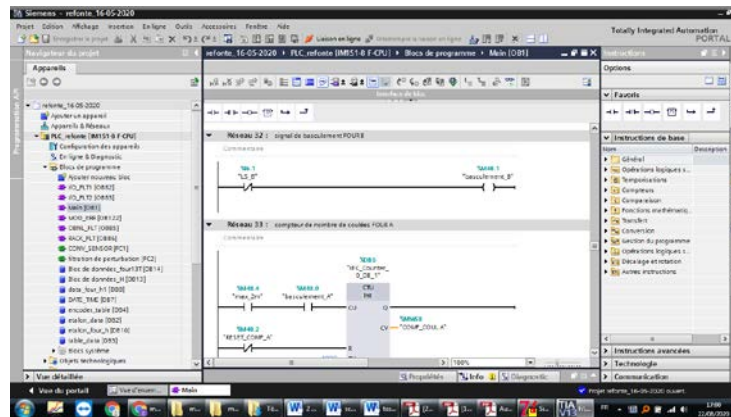


Figure 2.28 : Editeur de programmation STEP7 professionnel V13.0.

2.3.2.6. Choix du langage de programmation

Lors de la création d'un bloc ou d'une source, nous pouvons déterminer dans les propriétés de l'objet avec quel langage de programmation et quel éditeur nous voulons écrire ce bloc ou cette source. L'éditeur correspondant à ce choix est appelé lorsque vous ouvrez le bloc ou le fichier source. En outre, le choix du langage de programmation détermine également les méthodes de saisie possibles. Les langages de programmation indiqués dans le **ANNEXE-3** sont pour créer le programme S7 [29]. Les langages de programmation CONT, LOG et LIST font partie du logiciel de base de STEP 7. Les autres peuvent être commandés

comme logiciels optionnels. Dans le présent travail on doit utiliser le langage CONT et LIST pour programmer les séquences de l'automate ET200S.

2.3.3. Le WinCC Advanced

2.3.3.1. Introduction

WinCC est un logiciel d'ingénierie pour la configuration de pupitres SIMATIC, de PC industriels SIMATIC et de PC standard par le logiciel de visualisation WinCC Runtime Advanced ou par le système SCADA WinCC Runtime Professional. Il est disponible en quatre éditions, selon les systèmes de conduite à configurer :

- WinCC Basic pour la configuration des pupitres de base.
- WinCC Comfort pour la configuration de tous les pupitres (Comfort Panels, Mobile Panels)
- WinCC Advanced pour la configuration de tous les pupitres et des PC par le logiciel de visualisation WinCC Runtime Advanced, qu'il utilisé dans notre projet. ce dernier est un logiciel de visualisation destiné aux systèmes monopostes basés sur PC.
- WinCC Professional pour la configuration de pupitres et de PC avec WinCC Runtime Advanced ou avec le système SCADA WinCC Runtime Professional.

2.3.3.2. Création de visualisations par WinCC Advanced

Dans la vue portail de TIA portal, après le choix de l'automate d'interfaçage, nous avons choisi l'application « Runtime WinCC RT Advanced » dans le groupe « systèmes PC », comme la **figure 2.29** montre.

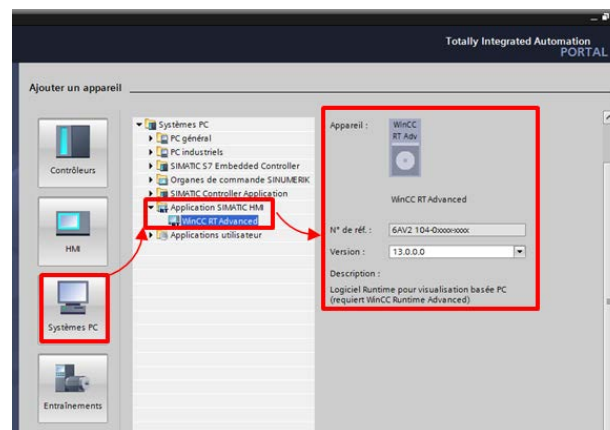


Figure 2.29 : Choix de l'application WinCC RT Advanced.

Après validation, l'ouverture de l'interface de configuration matériels et programmation de visualisations comme suite :

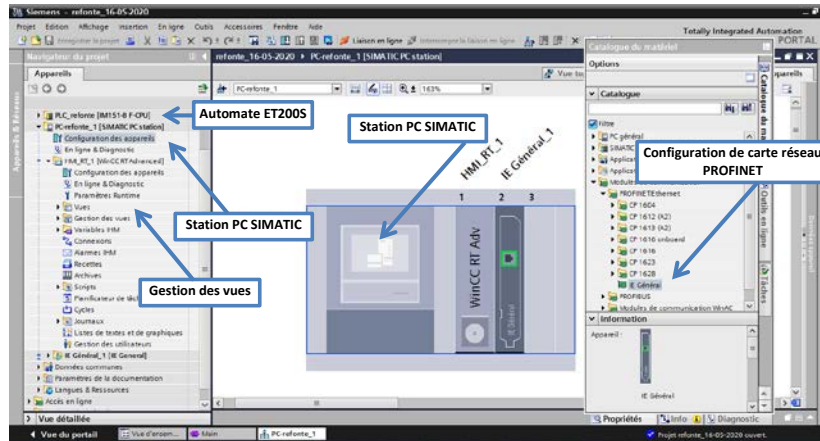


Figure 2.30 : Configuration matériel de l'interface de visualisations.

La figure 2.31 est la fenêtre principale pour la programmation des vues et la navigation entre elles, ainsi la création des animations et mouvements du présent processus.

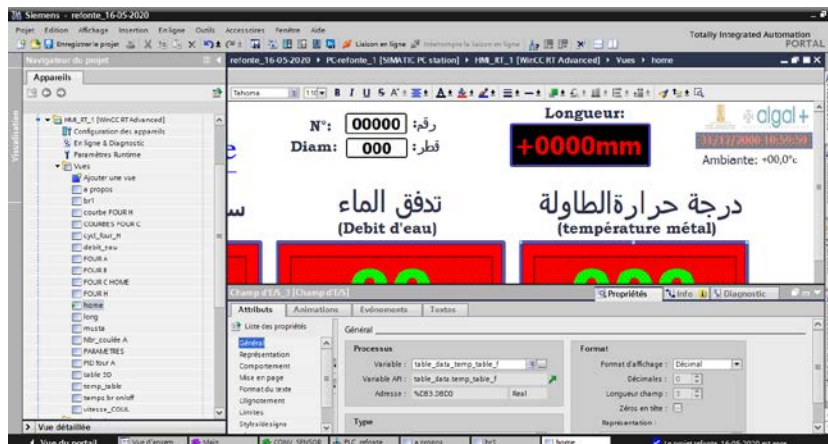


Figure 2.31 : Fenêtre de programmation des vues de visualisation.

2.3.3.3. Archives des variables

WinCC met à votre disposition les types d'archives suivants pour archiver des données de processus pour HMI Runtime : Archive de variables et archive d'alarmes. Une archive de variables sert à archiver les données de processus d'une installation industrielle. Une archive d'alarmes sert à archiver les alarmes qui surviennent dans le processus visualisé. Les méthodes d'archivage suivantes sont disponibles :

- Archive cyclique.
- Archive cyclique segmentée.
- Archive avec alarme système en fonction du niveau de remplissage.
- Archive avec déclenchement d'un événement en fonction du niveau de remplissage.

D'autre part, on trouve quatre types de stockage des archives dans le WinCC Advanced :

- Serveur de base de données (SQL server).
- Fichier - CSV (ASCII).
- Fichier - RDB et fichier - TXT (Unicode).

2.4. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les outils matériels et logiciels utilisés pour la réalisation d'une interface industrielle pour la visualisation du processus présenté dans le premier chapitre. Ainsi la configuration de l'automate et la présentation simplifiée des capteurs nécessaires pour l'acquisition de données de fours, la machine de coulée, le four d'homogénéisation et la chambre de refroidissement pour l'affichage et l'enregistrement à partir d'un Runtime réalisée par le logiciel WinCC RT Advanced.

CHAPITRE-3

INSTALLATION ET PROGRAMMATION DE L'INTERFACE

CHAPITRE-3

INSTALLATION ET PROGRAMMATION DE L'INTERFACE

3.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons apprendre comment programmer l'automate programmable industriel SIMATIC ET200S de la CPU151-8F PN/DP, grâce aux logiciels de programmation TIA Portal. Ce chapitre fournit les raccordements électriques entre l'automate et les différents capteurs d'acquisition et montre les différentes étapes à suivre pour programmer notre automate, en utilisant un protocole de communication IE/IP pour visualiser toutes les données de processus refonte sur une interface homme machine (IHM).

L'objectif du présent chapitre, est de procéder à la supervision de notre système afin de permettre aux opérateurs une visualisation en temps réel par le moyen d'un PC à écran tactile programmé, à l'aide de logiciels de supervision WinCC Advanced.

3.2. Présentation du pupitre classique



Figure 3.1 : Pupitre classique de la table à couler.

3.3. Câblage et installation électrique

Le schéma électrique de l'installation refonte montre les points à mesurer pour acquérir les données en parallèles de la commande existant [8], nous avons présenté les raccordements électriques principaux entre Automate et installation par un tableau de correspondance suivant :

Tableau 3.1 : Adresses des capteurs et cartes d'Automate ET200S.

Raccordement électrique [8] (code)		Adresse ET200S	code	désignation
T° métal A	TE201B	%IW338	tc_metal_A	T° du métal liquide Four A
T° plafond A	TE202B	%IW336	tc_plafond_A	T° de plafond du Four A
T° métal B	TE221B	%IW342	tc_Métal_B	T° du métal liquide Four B
T° plafond B	TE222B	%IW340	tc_plafond_B	T° de plafond du Four A
TJRS241 (31)	TE241B	%IW384	TC_H_Z1	T° de la zone1 du four H
TJRS241 (31)	TE242B	%IW386	TC_H_Z2	T° de la zone1 du four H
files (0605-0606)	(1-5v)	%IW272	in_TC_table	T° du métal au MCC.
		%IW304	PT100_in	T° d'eau de refroidissement
		%IW306	PT100_Amb	T° ambiante de l'atelier
T° FOUR20T		%IW400	in_TC_20T	T° plafond du four 20T
files (0509-0510)	(1-5v)	%IW276	in_vitesse	Vitesse de coulée
files (0511-0512)	(1-5v)	%IW274	in_debit_eau	Débit d'eau de MCC
contacte (72-13)	LS4	%I6.0	FC_A	FC de monte du four A
contacte (74-13)	LS6	%I6.1	FC_B	FC de monte du four B
Porte H		%I6.2	LS_porte_H	FC limite porte Four H
Longueur_TABLE		%ID320	IN_ENC_B1	Chargement de la valeur de l'encodeur
		%ID324	IN_ENC_B2	
		%QD320	OUT_ENC_B1	Adresses de début configurées
		%QW324	OUT_ENC_B2	

Les autres adresses utilisées dans le présent travail sont trouvés à la table de variables standard de l'ANNEXE-4.

3.3.1. Câblage de thermocouples des fours de fusion

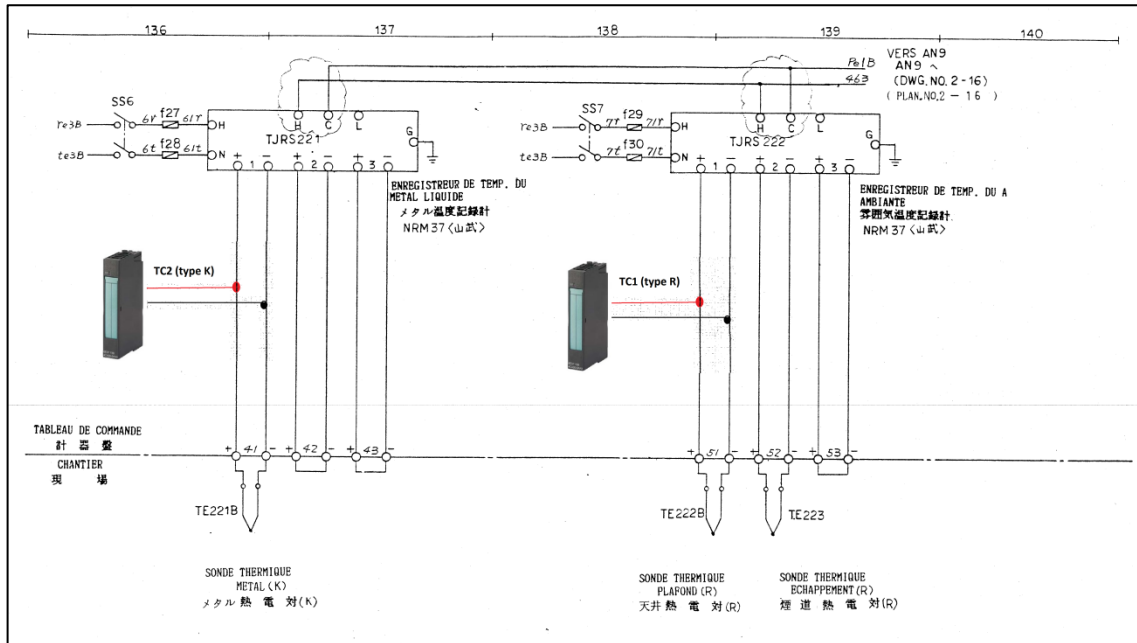


Figure 3.2 : Raccordement des thermocouples plafond et métal du four A et B.

La carte 4AI TC (Emplacement N°7) lit les valeurs des thermocouples par les adresses comme illustré ci-dessous :

4AI TC ST_1 [2AI x TC ST]				
Général		Variable IO	Constantes système	Textes
	Nom	Type	Adresse	Table de variables
	tc_plafon_A	Int	AI 336	Table de variables standard
	tc_Méta_A	Int	AI 338	Table de variables standard
	tc_plafon_B	Int	AI 340	Table de variables standard
	tc_Méta_B	Int	AI 342	Table de variables standard

3.3.2. Mise en place de l'encodeur incrémentiel

Pour le calcul de longueur de la coulée de billettes on doit utiliser le signal de l'encodeur incrémental rotatif par un moteur hydraulique [8], Nous avons configuré la carte FM 1count24V pour une fonction de mode comptage continue pour calculer les impulsions de l'encodeur installé. La plage d'adressage de configuration est de « IW320 » à « IW327 ».



Figure 3.3 : Mise en place de l'encodeur rotatif en accouplement avec le moteur hydraulique.

3.3.3. Raccordement de débitmètre

L'installation classique dispose un débitmètre à l'emplacement présenté dans la **figure 3.5** avec un transmetteur de sortie 4-20mA. Ainsi, un isolateur électronique pour convertir le dernier signal à 1-5V (**figure 3.4**).

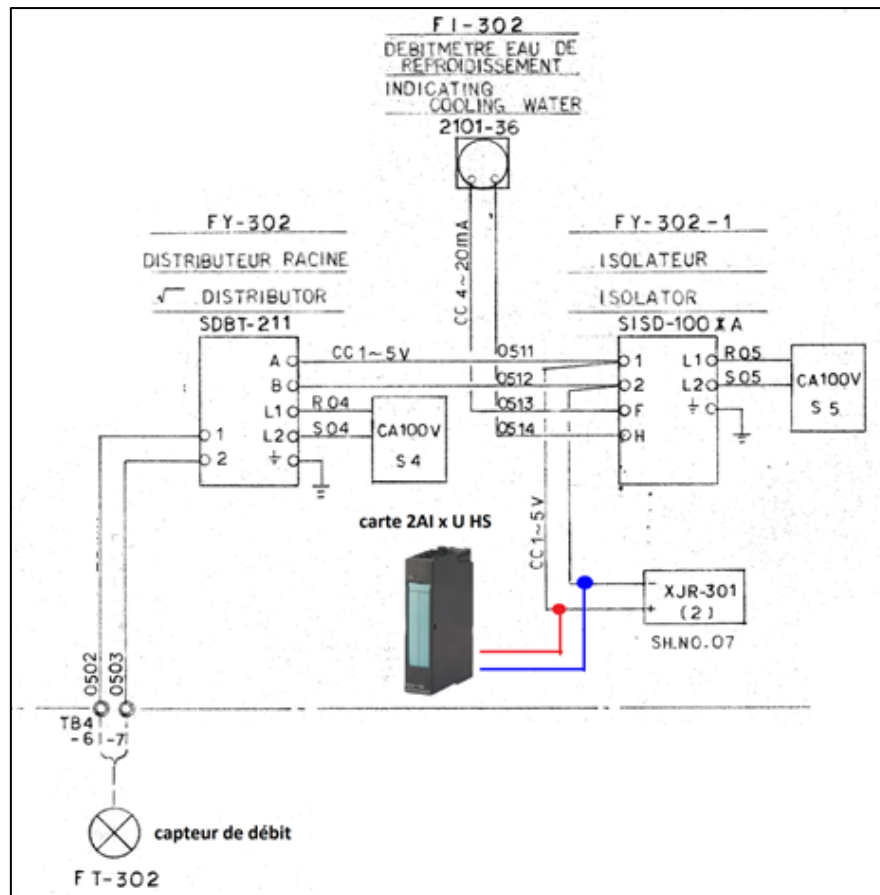


Figure 3.4: Câblage de débitmètre d'eau de refroidissement avec la carte 2AI x U HS.

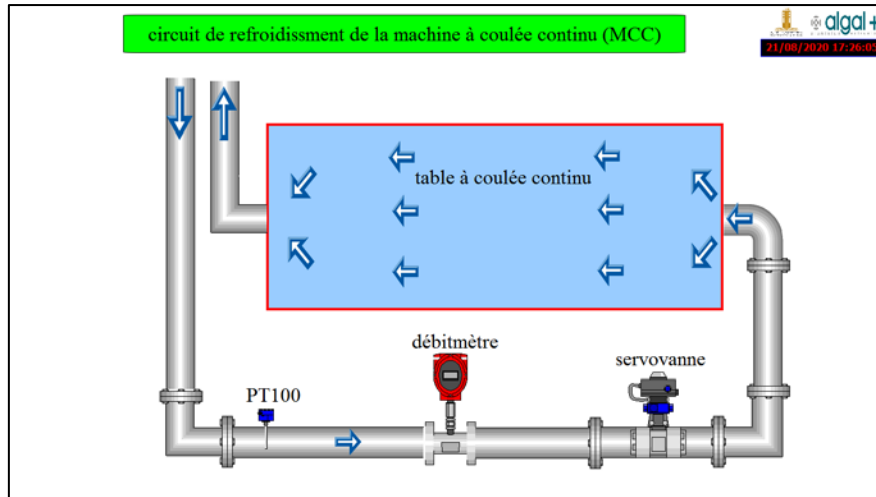


Figure 3.5 : Emplacement de débitmètre sur les conduits de refroidissement.

3.3.4. Raccordement de la carte du calcul de vitesse

Les impulsions de l'encodeur classique converti aux signaux standards 4-20mA et 1-5V CC par un convertisseur numérique/analogique EL0810-103, comme la **figure 3.6** montre.

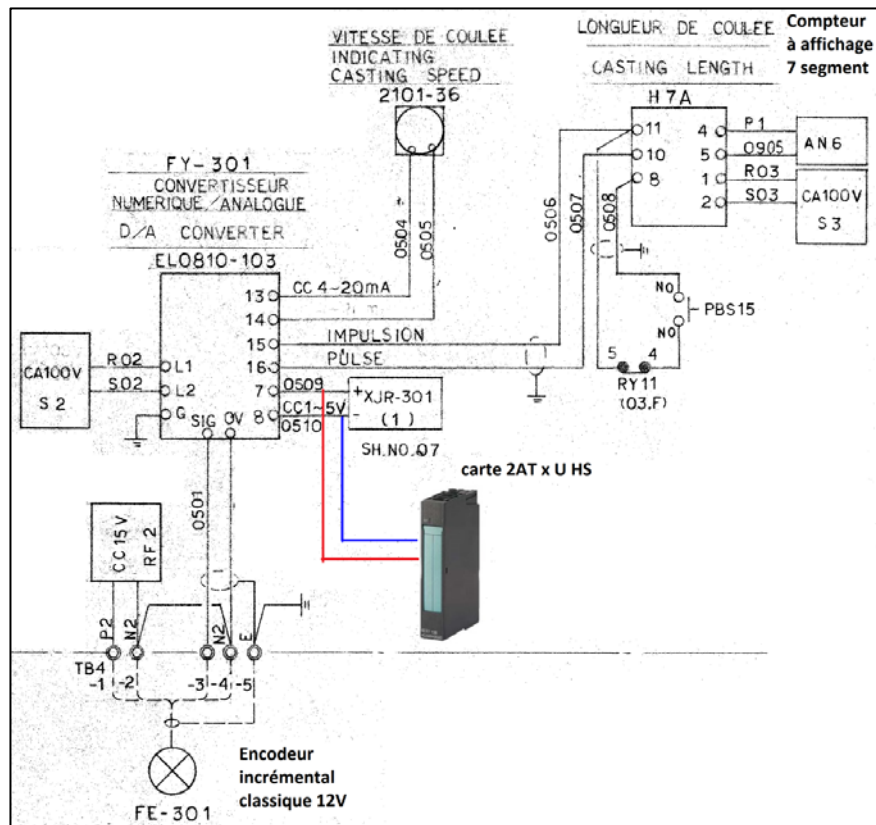


Figure 3.6: Raccordement et acquisition de signal de vitesse de coulée.

Le signal converti 1-5V CC est utilisé par la carte d'entrée analogique **2AI x U** de l'automate ET200S pour normalisé et calculé la vitesse de coulée des billettes en mm/min.

3.3.5. Raccordement de thermocouple de température métal

L'installation classique utilise un indicateur à aiguille (**figure 3.7**) pour afficher la température du métal liquide arrivé pendant la coulée, nous avons utilisé le signal 1-5V converti par un convertisseur mV/V pour normalisé cette température entre 600°C et 900°C. En utilisons la carte 2AIxU ST pour convertir le signal tension 1-5V à une valeur utile peut afficher sur le PC (IHM).

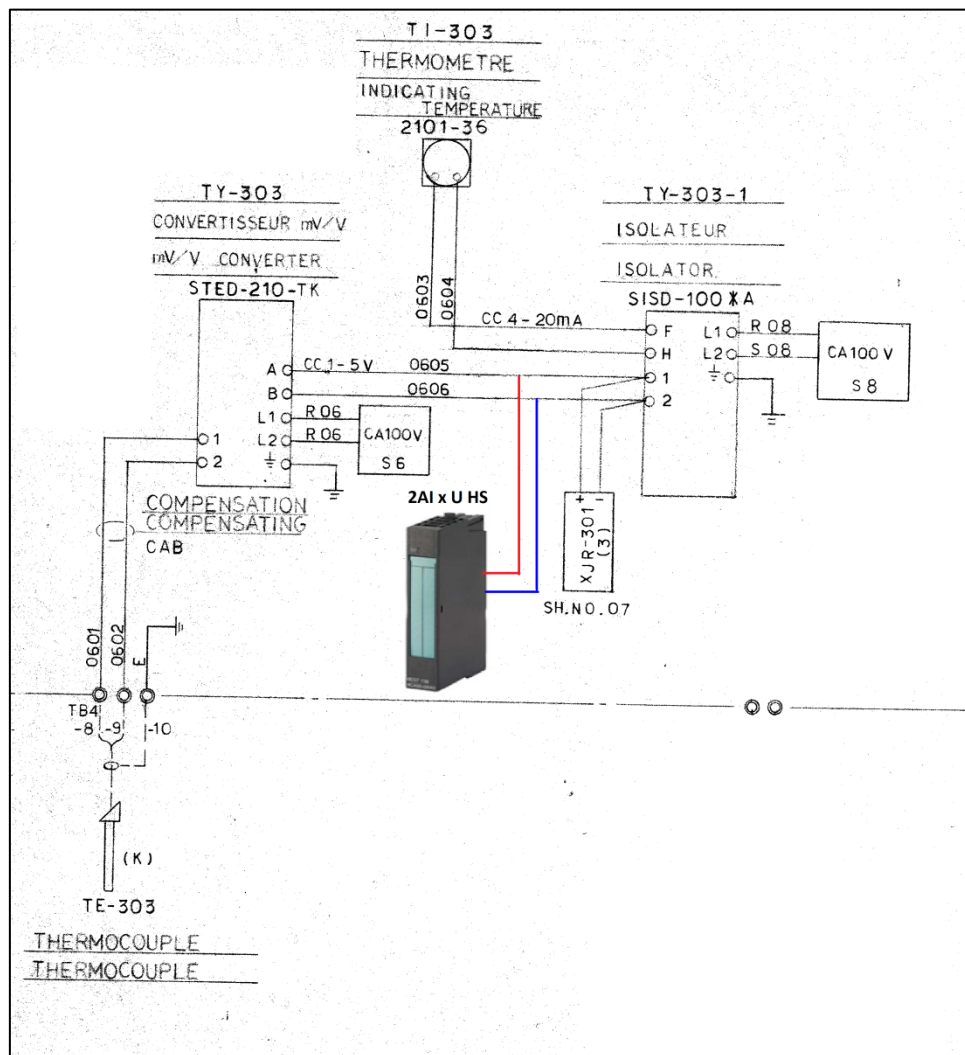


Figure 3.7: Raccordement de thermocouple de la table de coulée.

L'ensemble des transmetteurs classiques installés à l'armoire ancienne sont présentés à la **figure 3.8**:

- Un convertisseur model STED-210 [31], de signal en millivolts de thermocouple à un signal 1-5V (amplificateur du signal) dans l'échelle : 600°C-900°C.
- Distributeur SDBT (Style R) [32], pour convertir le signal de débitmètre 4-20mA à deux signaux standards 1-5V CC isolé.
- L'isolateur SISD [33], pour fonction de recevoir un signal d'entrée de 1-5 V CC, et de fournir une tension de sortie de 1-5 V CC et un courant de sortie de 4-20 mA CC qui sont isolées du signal d'entrée et de la source d'alimentation.

Les signaux de la norme 1-5V sont utilisés pour l'enregistreur classique à papier installé au pupitre opérateur, notre travail est de profiter ces signaux normalisés pour convertir en données numériques.



Figure 3.8: Transmetteurs électroniques classiques [28].

3.3.6. Câblage des fins de courses limites de basculement fours

Nous avons utilisé les fins de course limites de monte/descend du four A et four B. à cause de la différence de niveau de tension utilisé (classique 110V CA et nouveau 24V CC) nous avons ajouté des relais auxiliaires de bobines 110V CA et contacte 24V CC pour obtenir l'état de basculement du four sans ajouté autre fin de cours. Comme la **figure 3.9** montre.

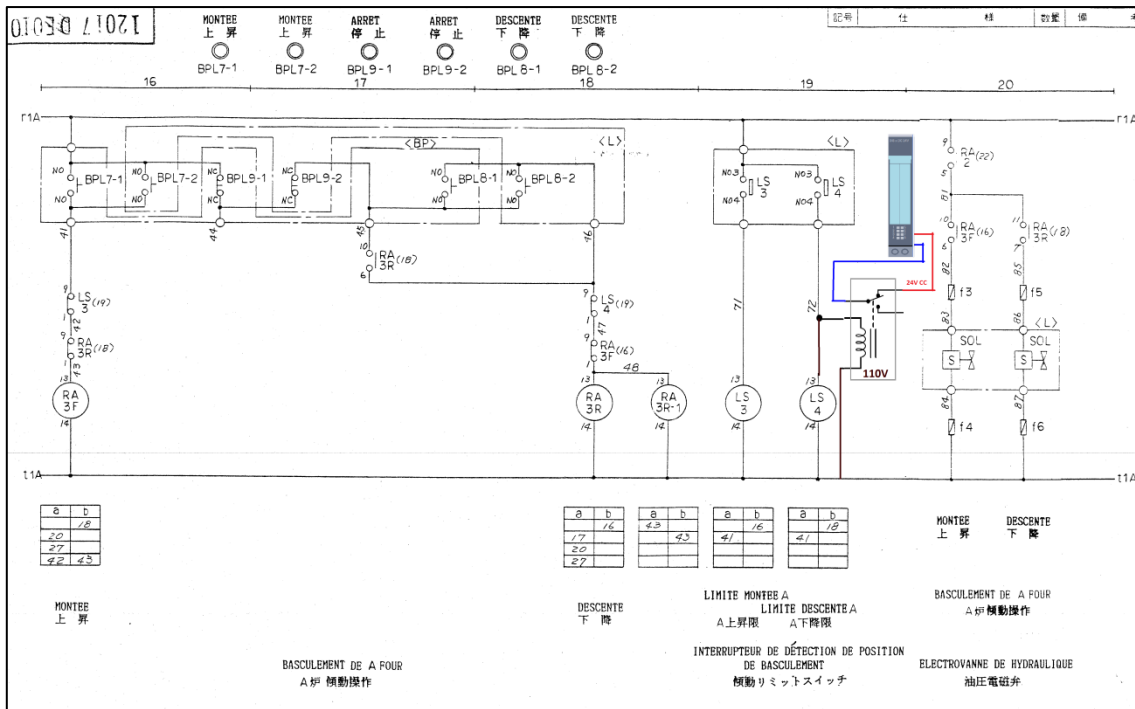


Figure 3.9 : Contacte de présence auxiliaire de basculement du four.

3.4. Programmation de l'Automate ET200S par le logiciel STEP7

Avant la visualisation des données de processus refonte on doit programmer les blocs et les séquences nécessaires pour traduire les signaux électriques des capteurs aux valeurs utiles par les opérateurs. Après la connaissance de logiciel de programmation STEP7 (chapitre 2), chaque type de donnée nécessite des instructions et blocs bien définis.

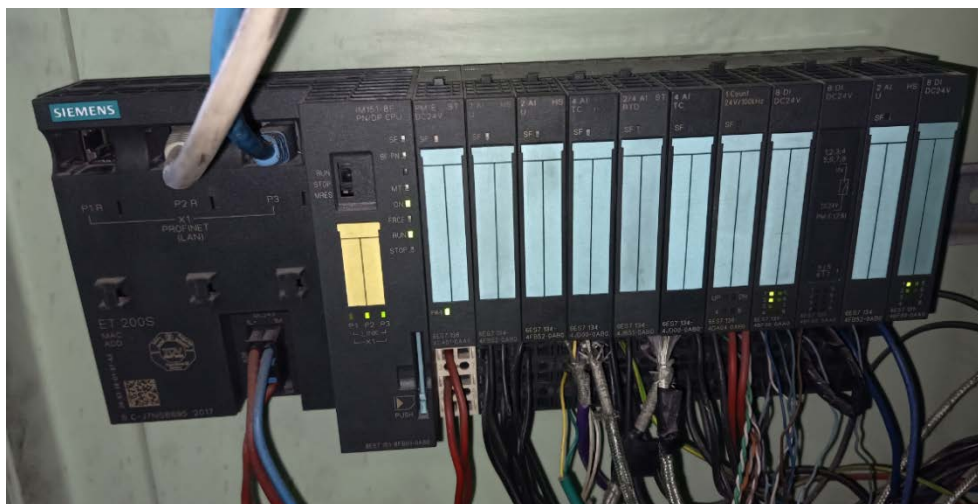


Figure 3.10 : Assemblage et configuration matérielle de l'automate ET200S.

3.4.1. Instructions et blocs utilisés

3.4.1.1. Description du bloc « NORM »

Dans les mesures, la valeur fournie par le capteur se trouve souvent dans une plage peu intéressante pour l'utilisateur (par ex. 1 à 5V correspondant à 0 à 1200°C ou 1 à 5V correspondant à 0 à 3000 trs/min). Grâce à la normalisation de la consigne ou de la mesure, les deux grandeurs du processus se trouvent dans la même plage de valeurs.

L'instruction normalise la grandeur d'entrée en une grandeur de sortie ayant une autre plage de valeurs. La grandeur d'entrée INV est convertie en grandeur de sortie OUTV sur la droite de normalisation (**Figure 3.11**).

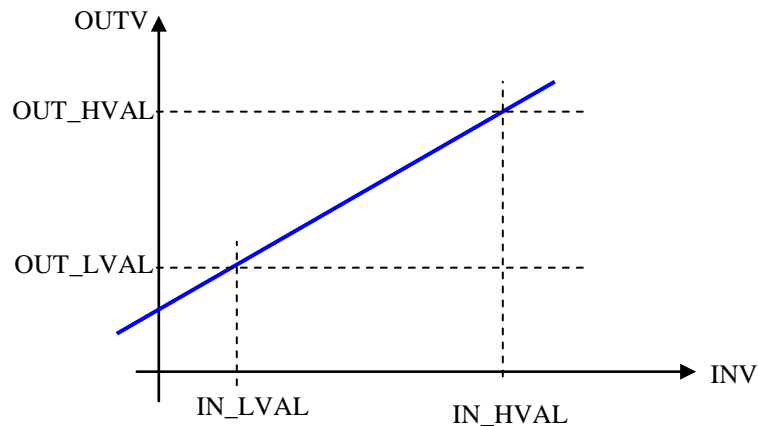


Figure 3.11 : Mise en échelle des valeurs de bloc « NORM ».

La droite de normalisation est définie par les deux paires de valeurs (IN_LVAL, OUT_LVAL) et (IN_HVAL, OUT_HVAL).

L'équation (1) du chapitre-2 est intégrée dans ce bloc pour le calcul du signal de sortie.

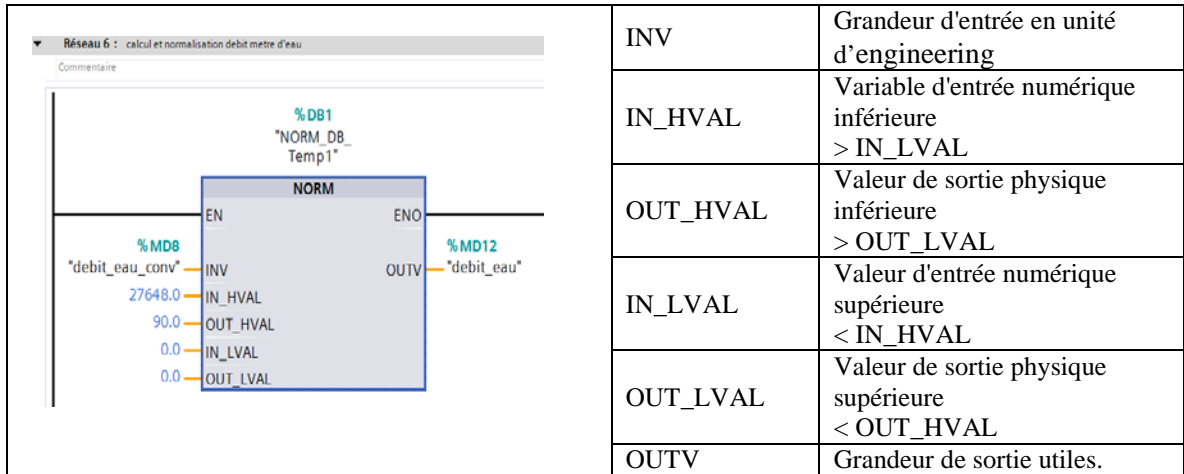


Figure 3.12 : Présentation du bloc « NORM » au programme STEP7.

3.4.1.2. Bloc de fonction FC pour conversion nombres entier/réel

Nous avons construit une fonction (FC) pour une utilisation multiple, dont le but est de convertir une valeur lue par les cartes analogiques à valeur réelle utile, la division par un nombre est reliée par chaque type d'un capteur comme suit :

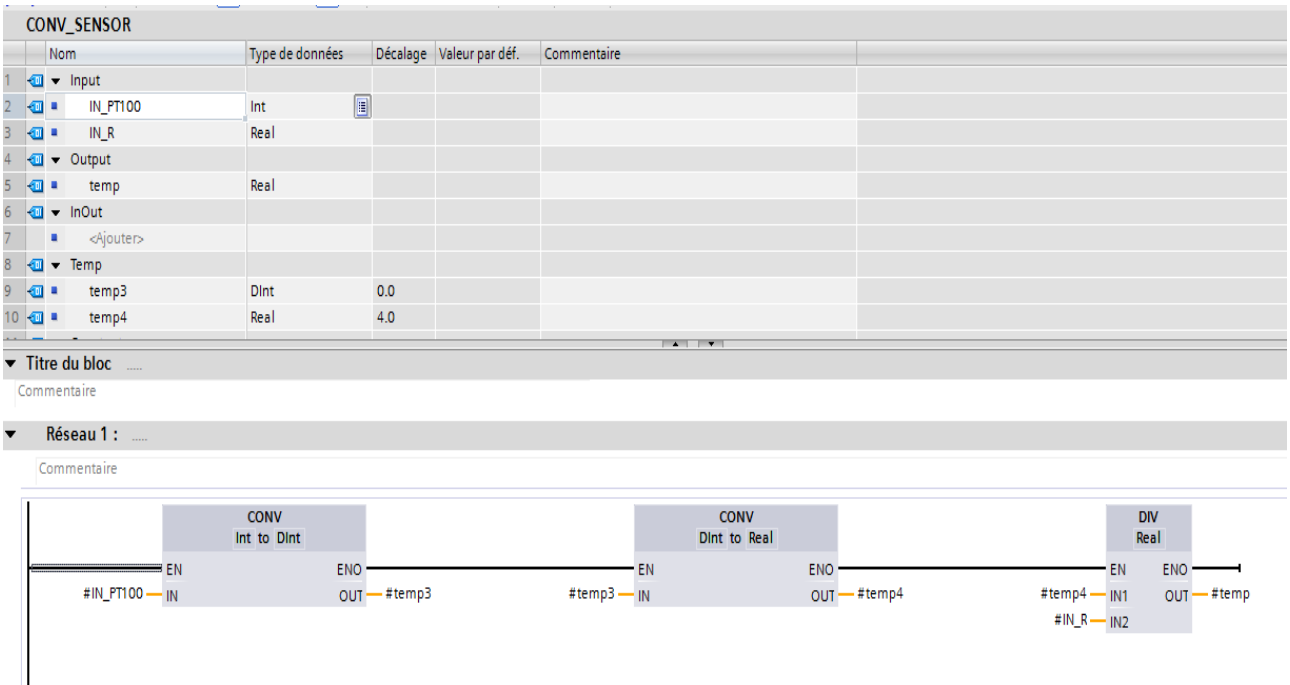
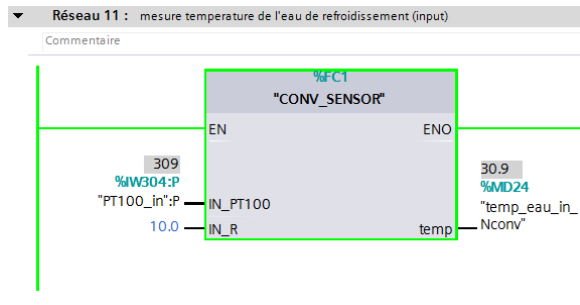
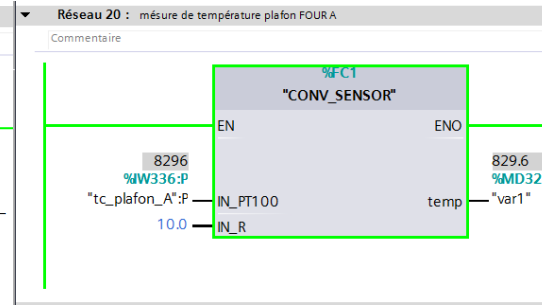


Figure 3.13: Fonction FC pour convertir un nombre entier à un nombre réel.

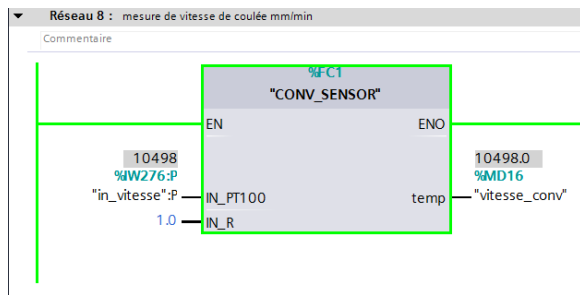
- Pour une valeur du PT100 :



- Pour une valeur du thermocouple :



- Pour la vitesse de coulée :



- Pour calculer la longueur de coulée en temps réel, la séquence est la suivante :

		Adresse	RIG	Valeur	Supplément
1	L 0 //effacer	0	1	0	
2	T "encoder_table"."DB4.DBD0"	%DB4.DBD0	1	16#0	DB4
3	T "encoder_table"."DB4.DBD4"	%DB4.DBD4	1	16#0	DB4
4	SET		1		
5	S %DB4.DEX4.0 //Validati	%DB4.DEX4...	1	1	DB4
6					

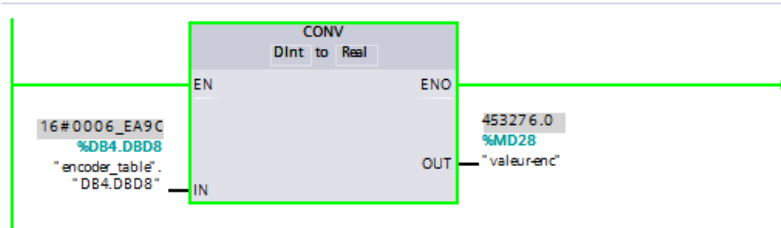
Réseaux 15 : Adresse de début configurée pour les sorties (encoder)

		Adresse	RIG	Valeur	Supplément
1	L "encoder_table"."DB4.DBD0"//Ecr	%DB4.DBD0	1	16#0	DB4
2	//Adresse de début configurée pour les sor				
3	T "Tag_3":P	%AD320:P	1	16#0	
4	L %DB4.DBW4	%DB4.DBW4	1	16#100	DB4
5	T "Tag_4":P	%AW324:P	1	16#100	
6					

Réseaux 16 : load value of encoder (encoder)

		Adresse	RIG	Valeur	Supplément
1	L "Tag_1":P	%ED320:P	1	16#382C4	
2	T "encoder_table"."DB4.DBD8"	%DB4.DBD8	1	16#382C4	DB4
3	L "Tag_2":P	%ED324:P	1	16#438000	
4	T "encoder_table"."DB4.DBD12"	%DB4.DBD12	1	16#438000	DB4

Les carte de l'automate ET200S lisent les valeurs de capteur et les convertir aux nombres entiers, on se base sur la conversion des nombres numériques, on utilise un convertisseur double-entier à un nombre réel pour convertir la valeur « DB4.DB8 » de l'encodeur.



Nous multiplions la valeur de l'encodeur par un Ratio (GAIN_encoder) pour convertir le nombre des impulsions lues par la carte « 1count24V/100kHz » à une longueur des billettes pendant la coulée continue **Figure 3.14**.

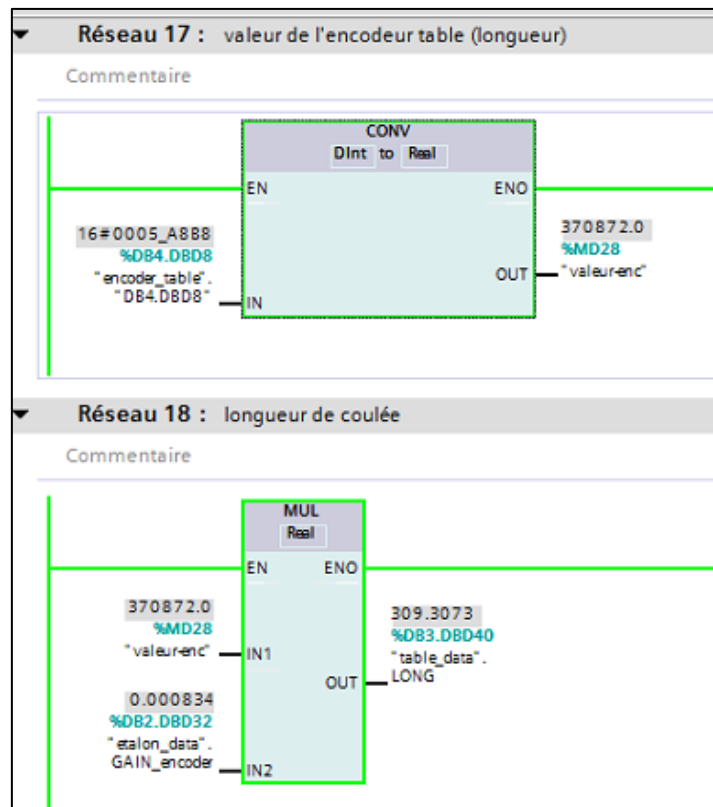
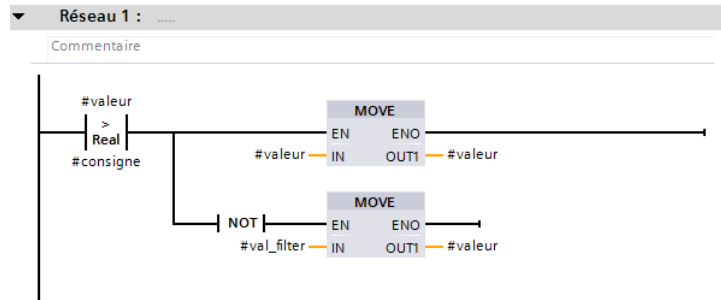


Figure 3.14 : Blocs de conversion de la valeur de longueur des billettes (en millimètres).

3.4.1.3. Bloc fonction FC pour limitation

Ce bloque est de but de filtrer la valeur moins de 600°C pour faciliter la lecture de valeur de température de table de coulée:



Le programme (séquences) complet de l'acquisition de données est dans l'ANNEXE-5:

3.5. Développement de l'interface par le logiciel WinCC Advanced

3.5.1. Création des indicateurs de processus

Nous avons affecté à chaque indicateur un variable processus, les clignotements sont reliés aux variables de l'automate ET200S et communiqués entre elles par un réseau PROFINET en temps réel.

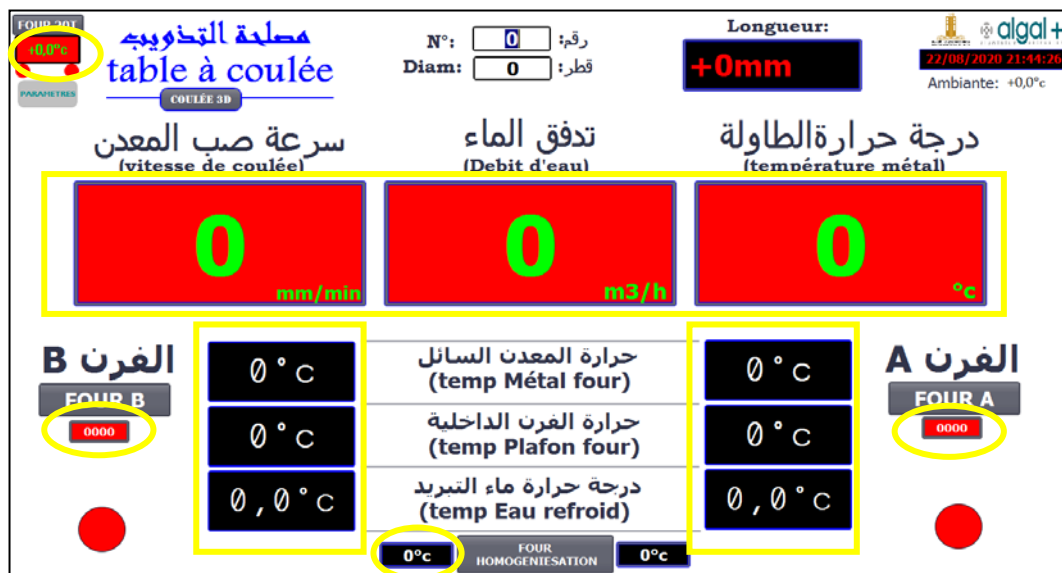


Figure 3.15 : Vue principale des indicateurs processus (Home).

3.5.2. Création des animations et affects visuels

A titre d'exemple, si on a besoin d'un clignotement pendant l'appui de l'opérateur sur le bouton de basculement du four de fusion « B », on ajoute un effet visuel avec un clignotement en couleur jaune (attention !) relie a une entrée binaire comme la figure suivante :

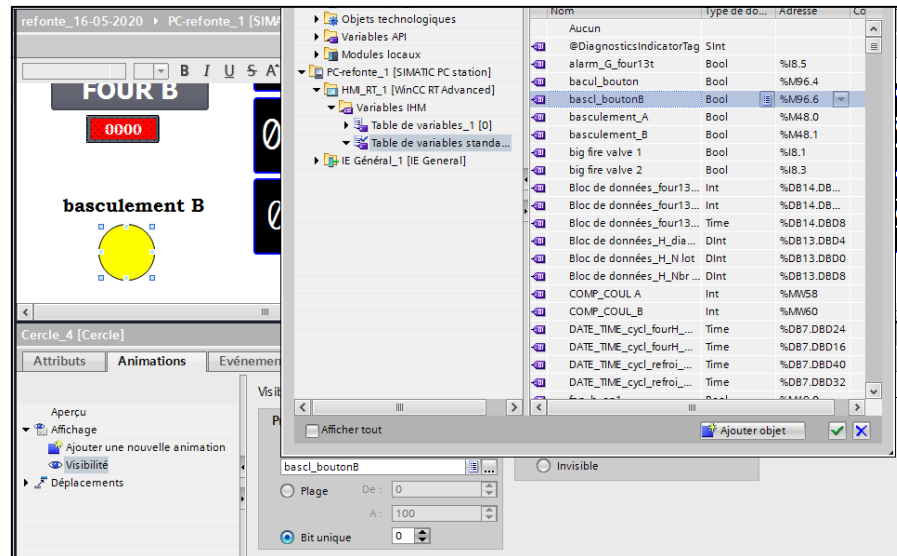


Figure 3.16 : Affectation des variables pour l'effet visuel dans l'interface. (Exemple : clignotement en couleur jaune pendant le basculement du four).

3.5.3. Création des fenêtres d'affichage des courbes :

La vue de courbes sert à représenter graphiquement, sous forme de courbes, des valeurs de variables provenant du processus en cours ou d'une archive.

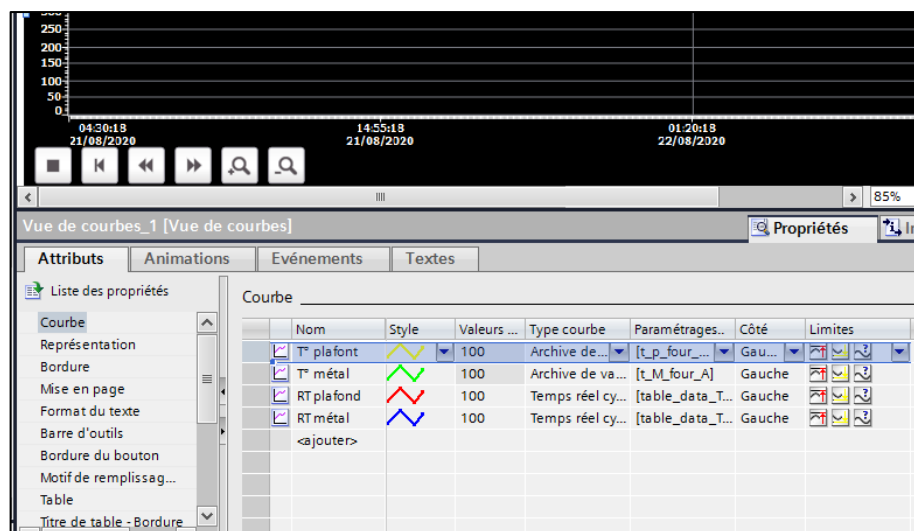


Figure 3.17 : Création des courbes de visualisation des variables de processus.

3.5.4. Mise en archive des variables

La mise en archive des variables sont trouvées à la table présentée à la **figure 3.18** :

Archives de variables							
Nom	Lieu d'archivage	Enregistre...	Chemin	Mode source	Nom d...	Méthode d'archivage	Nombre de segme
arch_debit_eau	Fichier - CSV (ASCII)	500000	D:\Logs	Nom de la so...		Archive circulaire segmentée	100
arch_four_H	Fichier - CSV (ASCII)	500000	D:\Logs	Nom de la so...		Archive circulaire segmentée	100
ARCH_FOUR_20T	Fichier - CSV (ASCII)	500000	D:\Logs	Nom de la so...		Archive circulaire segmentée	100
arch_nombre_coulée	Fichier - CSV (ASCII)	500000	D:\Logs	Nom de la so...		Archive circulaire segmentée	100
arch_Numero_coulée	Fichier - CSV (ASCII)	500000	D:\Logs	Nom de la so...		Archive circulaire segmentée	100
arch_temp_eau	Fichier - CSV (ASCII)	500000	D:\Logs	Nom de la so...		Archive circulaire segmentée	100
arch_temp_fourA	Fichier - CSV (ASCII)	500000	D:\Logs	Nom de la so...		Archive circulaire segmentée	100
arch_temp_fourB	Fichier - CSV (ASCII)	500000	D:\Logs	Nom de la so...		Archive circulaire segmentée	100
arch_temp_table	Fichier - CSV (ASCII)	500000	D:\Logs	Nom de la so...		Archive circulaire segmentée	100
arch_vitesse	Fichier - CSV (ASCII)	500000	D:\Logs	Nom de la so...		Archive circulaire segmentée	100
diametre	Base de données	500000	D:\Logs	Nom de la so...		Archive circulaire segmentée	100
long_billette	Fichier - CSV (ASCII)	500000	D:\Logs	Nom de la so...		Archive circulaire segmentée	100
t_M_four_A	Fichier RDB	500000	D:\Logs	Nom de la so...		Archive circulaire segmentée	100
t_M_four_B	Fichier TXT (Unicode)	500000	D:\Logs	Nom de la so...		Archive circulaire segmentée	100
t_p_four_A	Fichier - CSV (ASCII)	500000	D:\Logs	Nom de la so...		Archive circulaire segmentée	100
t_p_four_B	Fichier - CSV (ASCII)	500000	D:\Logs	Nom de la so...		Archive circulaire segmentée	100
temp_cyle_fourH	Fichier - CSV (ASCII)	500000	D:\Logs	Nom de la so...		Archive circulaire segmentée	100
temp_cyle_refroid	Fichier - CSV (ASCII)	500000	D:\Logs	Nom de la so...		Archive circulaire segmentée	100

Variables d'archive					
Nom	Variable de process	Mode d'acquisition	Cycle d'archivag	Limite supérieure	Limite inférieure
vitesse_coulée	table_data_vitesse_coulée_f	Cyclique	5 s		
<ajouter>					

Figure 3.18 : Archivage des variables de processus refonte.

Dans le présent travail on utilise le type de fichier CSV (ASCII) avec une archive circulaire segmentée pour le sauvegarde des archives dans le disque dur du PC de visualisation.

3.5.5. Alarmes et table d'anomalies

L'indicateur d'alarme est un symbole graphique qui, selon la configuration, signale les alarmes en instance ou à acquitter. Nous avons configuré l'indicateur d'alarme dans l'éditeur "Vue globale". La figure suivante montre un indicateur d'alarme et la table d'affichage de liste alarme:

Heure	Date	Texte
14:58:00	26/08/2020	dépassement de Débit d'eau nominal - MAX 60 m3/h
14:58:00	26/08/2020	excès de température du Métal (table) - MAX 720°C

Id	Heure	Date	Stat	Texte
4	14:58:00	26/08/2020	A	dépassement de Débit d'eau nominal - MAX 60 m3/h
1	14:58:00	26/08/2020	A	excès de température du Métal (table) - MAX 720°C

Figure 3.19: Présentation de table et indicateurs d'alarme de processus refonte.

Actuellement, nous avons créé une liste de textes pour les alarmes affichés mais on peut ajouter à tout moment d'autres alarmes qui facilitent le suivi du processus.

ID	Texte d'alarme	Classe d'alar...	Variable de déclenchement	Valeur limite	Mode limite
1	excès de température du Métal (table) - MAX 720°C	Warnings	table_data_temp_table_f	720	Dépassement
2	excès de température du Métal (FOUR A) - MAX 1100°C	Warnings	table_data_T_Métal_A	800	Dépassement
3	excès de la vitesse de coulée - MAX 100 mm/min	Warnings	table_data_vitesse_coulée_f	100	Dépassement
4	dépassement de Débit d'eau nominal - MAX 60 m3/h	Warnings	table_data_debit_eau_f	60	Dépassement
5	excès de température du Métal (FOUR B) - MAX 1100°C	Warnings	table_data_T_Métal_B	800	Dépassement
6	excès de température du ZONE 1 (FOUR H)- MAX 610°C	Warnings	data_four_h1_temp_zone 1	610	Dépassement
7	excès de température du ZONE 2 (FOUR H)- MAX 610°C	Warnings	data_four_h1_temp_zone 2	610	Dépassement
8	attention ! longueur billettes atteint 3700 mm	Warnings	table_data_LONG	3700	Dépassement
<ajouter>					

Figure 3.20 : Liste de textes pour les alarmes IHM.

3.6. Communication Automate – interface

La communication entre automate ET200S et le PC d'interface via un câble réseau type RG45, le protocole de réseau PROFINET facilite l'échange de données entre elles en temps réel.

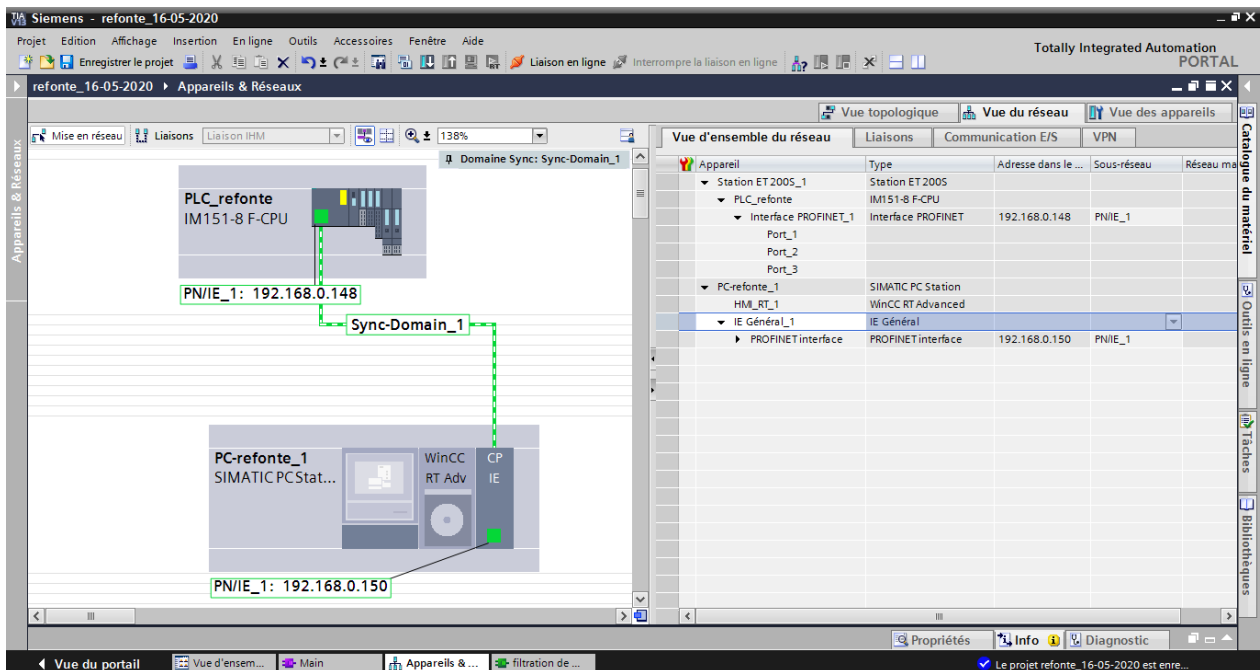


Figure 3.21 : Configuration de réseau PROFINET (TIA portal V13).

La station ET200S contient trois ports PROFINET, nous utilisons le port_1 pour SIMATIC_PC_station (PC_refonte_1) et port_2 pour communication à l'extérieur (Ethernet). Le PC dispose une carte réseau IE_general (standard).

3.7. Conclusion

Lorsque la complexité des processus augmente et que les machines et les installations doivent répondre à des spécifications de fonctionnalité toujours plus sévères, l'opérateur a besoin d'un maximum d'informations pour observer l'état actuel du système. Ces informations s'obtiennent au moyen de l'Interface Homme-Machine (IHM) réalisée et installée au voisinage de la table de coulée pour visualiser tous les événements du four de fusions, de table de coulée continue, du four d'homogénéisation, de chambre de refroidissement et de nouveau four 20 tonnes installé au voisinage de l'atelier refonte.



CHAPITRE-4

*MISE EN ŒUVRE DE
L'INSTALLATION – APPLICATION
AU PROCESSUS REEL*

CHAPITRE-4

MISE EN ŒUVRE DE L'INSTALLATION – APPLICATION AU PROCESSUS REEL

4.1. Introduction

Après l'accumulation des informations sur le processus de la refonte d'aluminium et l'organisation de chaque tâche industrielle on doit les organiser dans le présent chapitre sur une seule interface IHM installé au loin de l'opérateur courant dans cette atelier. Pour cela, nous devons orienter ce dernier pour visualiser toutes les opérations de préparation et la variation des paramètres de fusion, coulée, homogénéisation et le refroidissement du produit final (billettes d'aluminium).

4.2. Mise en place de l'interface IHM dans la refonte d'aluminium



Figure 4.1 : Position de l'interface de visualisation.

Pendant 30 ans les opérateurs de processus de refonte à Algal-plus utilisent le pupitre classique pour commander et visualiser un processus sensible comme l'opération de la coulée continue, dans le présent travail nous avons réalisé une visualisation numérique en deux langues (Arabe et française) pour faciliter le suivi des opérations suivantes :

- ✓ La phase de fusion d'aluminium,
- ✓ L'état de basculement des fours de fusion A et B,
- ✓ Température de plafond (intérieur) et métal liquide dans les fours,
- ✓ Le débit d'eau de refroidissement sur la MCC,
- ✓ Température de l'eau de refroidissement en amont,
- ✓ La vitesse de la coulée,
- ✓ Longueur de billette coulée en temps réel en mm,
- ✓ La position visuelle de la billette coulée,
- ✓ Températures, état de ventilateurs, soufflerie d'air, porte de chargement et cycle de four d'homogénéisation des billettes.
- ✓ Cycle de refroidissement de billettes.
- ✓ Le suivi de température et alarmes de nouveau four 20 tonnes.

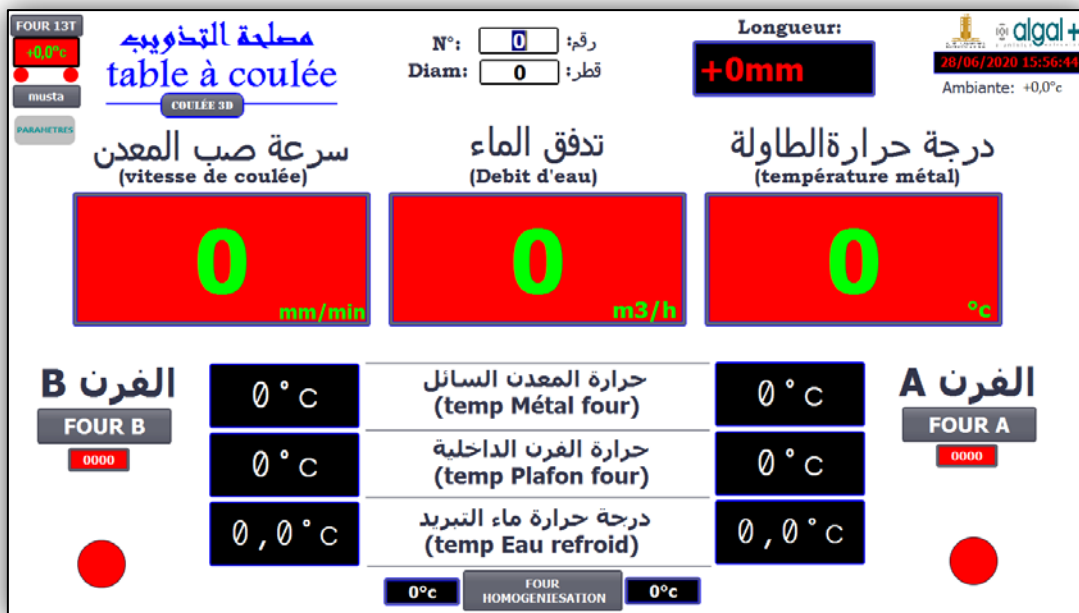


Figure 4.2. Vue initiale de l'interface non active.

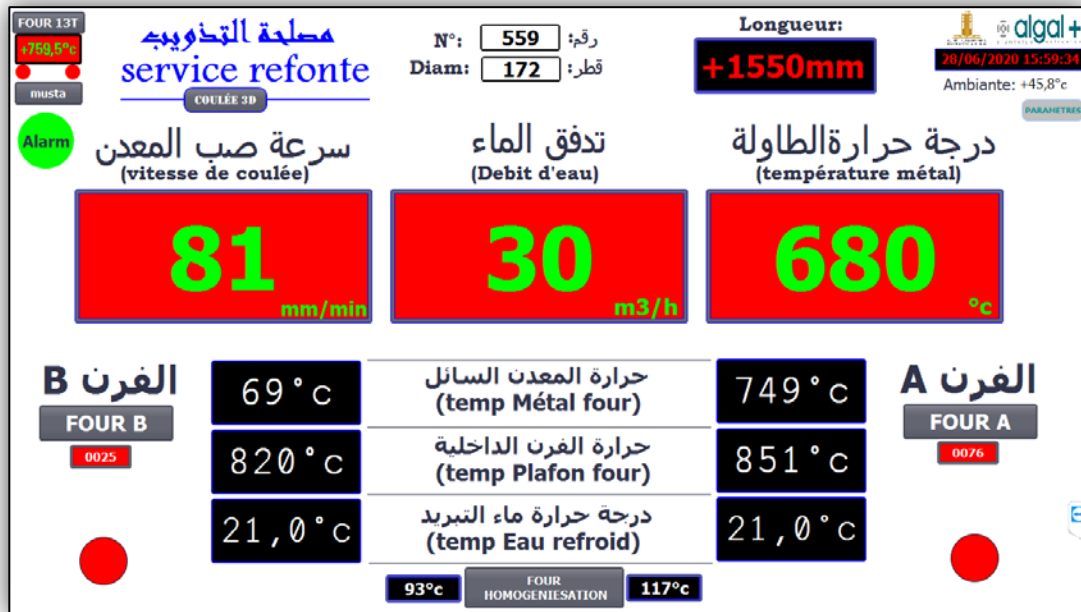


Figure 4.3. Lecture des données de processus par l'interface réalisé (vue active).

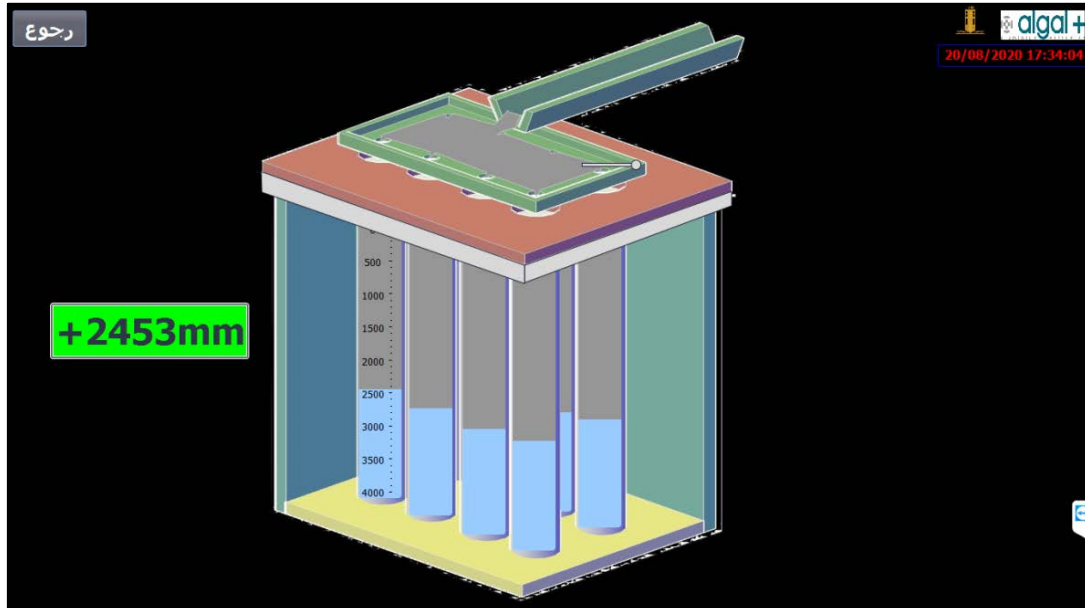


Figure 4.4. Vue en temps réel de l'opération de la coulée continue en 3D.

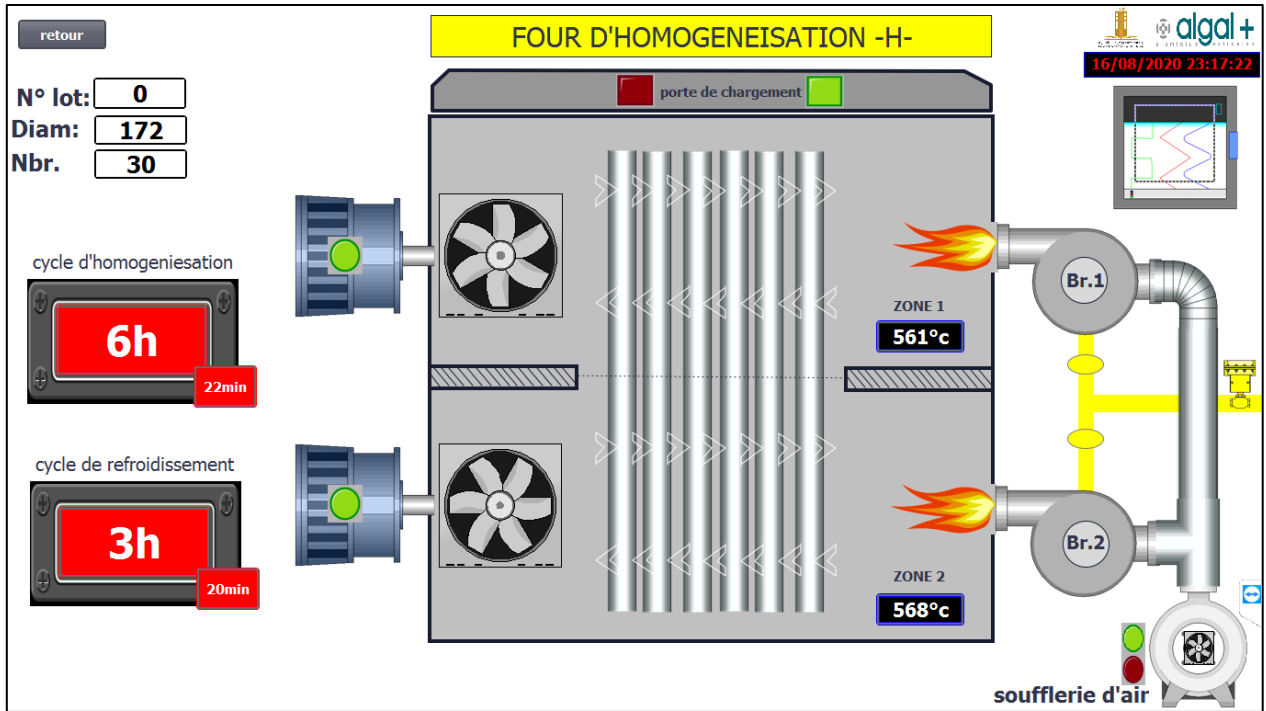


Figure 4.5 : Vue en temps réel du cycle d’homogénéisation de billettes.

4.3. Tests et analyses des différentes phases

a. Courbes de température de plafond et métal liquide de fours de fusion :

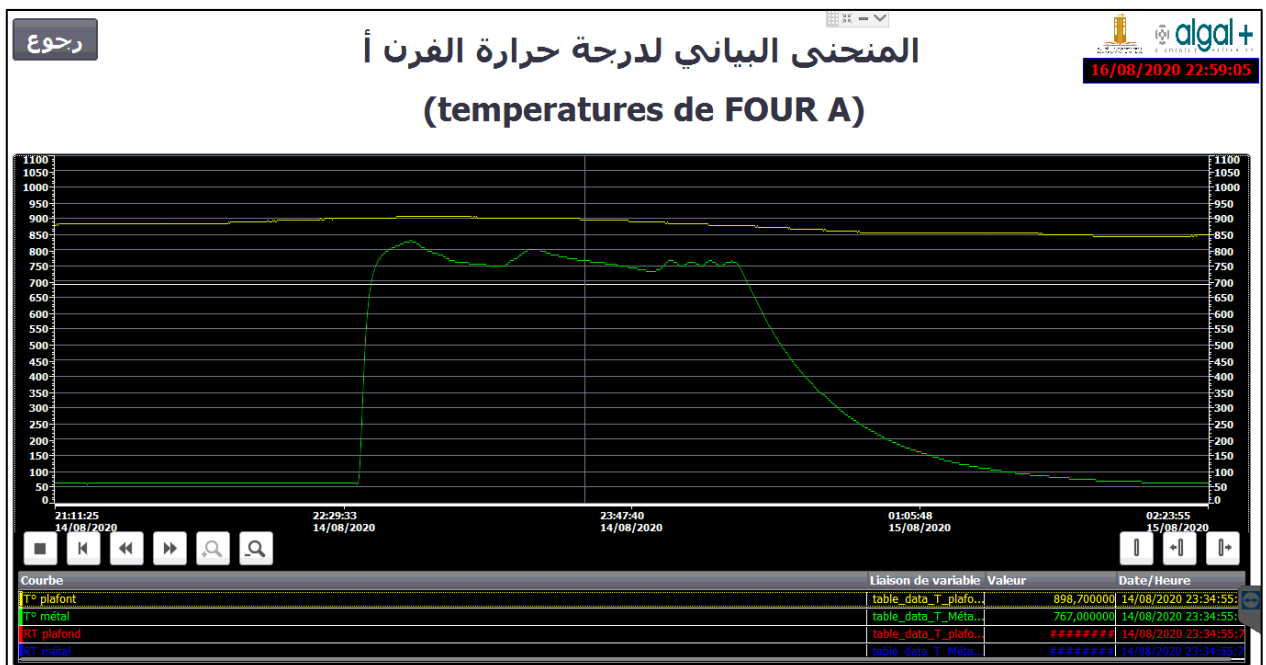


Figure 4.6 : Température de plafond et métal liquide de fours de fusion.

b. Courbes de vitesse de coulée :

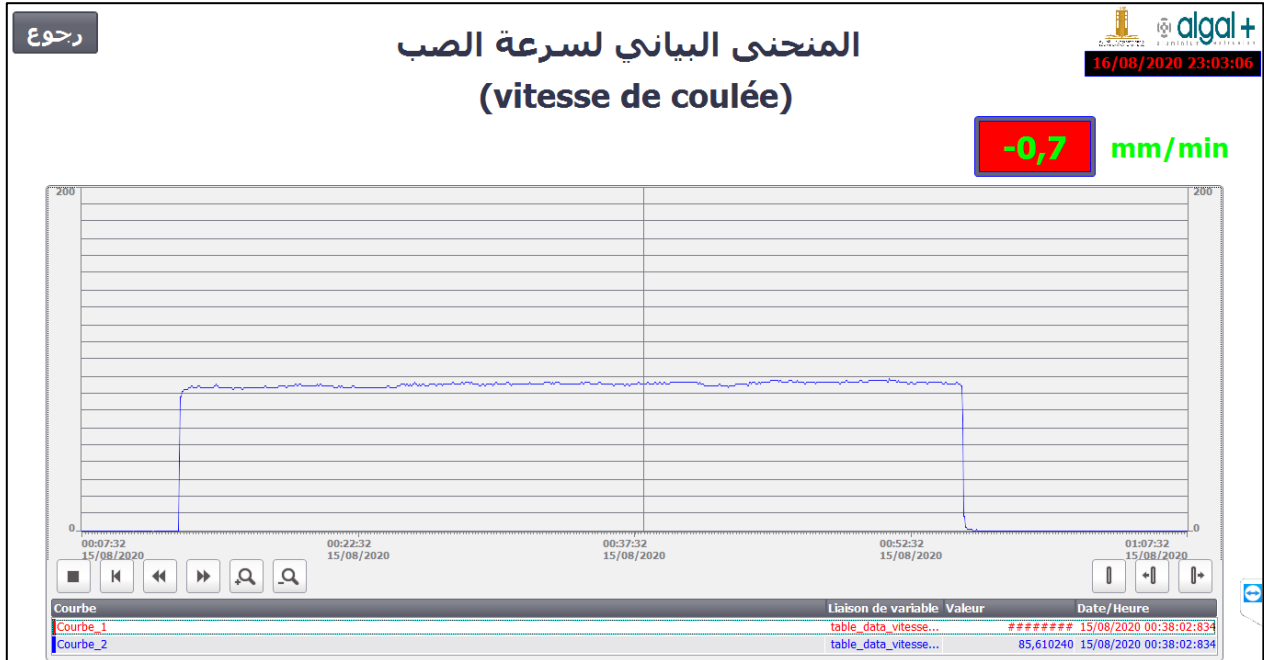


Figure 4.7 : Allure de vitesse de coulée en (mm/min).

c. Courbe de débit d'eau de refroidissement :



Figure 4.8 : Courbe de débit d'eau de refroidissement en (m³/h).

d. Courbe de température métal au niveau de la table de coulée:

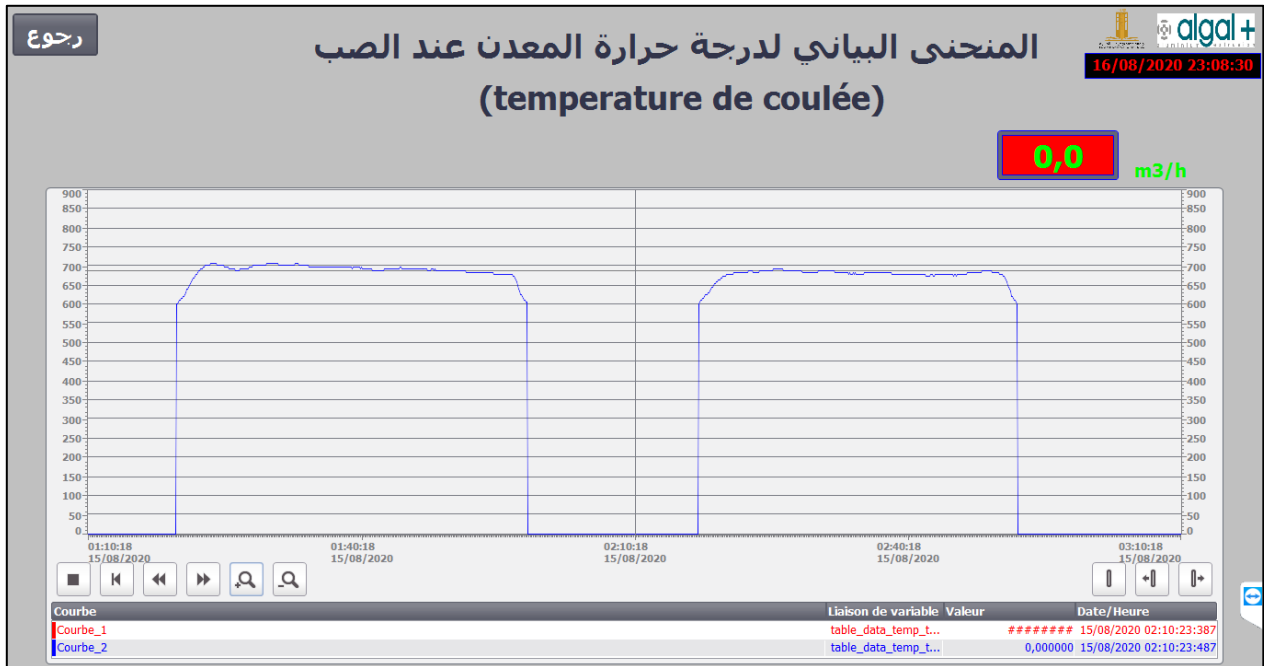


Figure 4.9 : Température de métal liquide au niveau de la table de coulée.

e. Courbe d'enregistrement de longueur des billettes coulées:

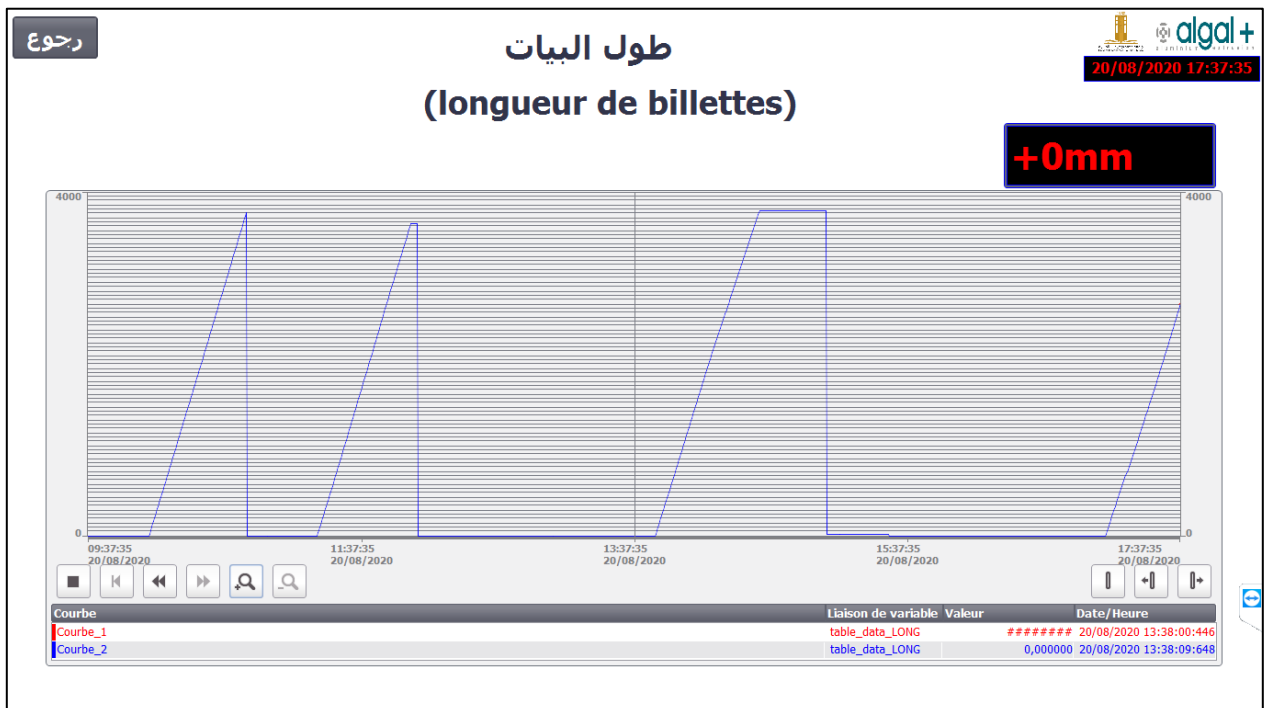


Figure 4.10: Enregistrement des longueurs de billettes coulées.

f. Courbe de régulation PID de température du four H :

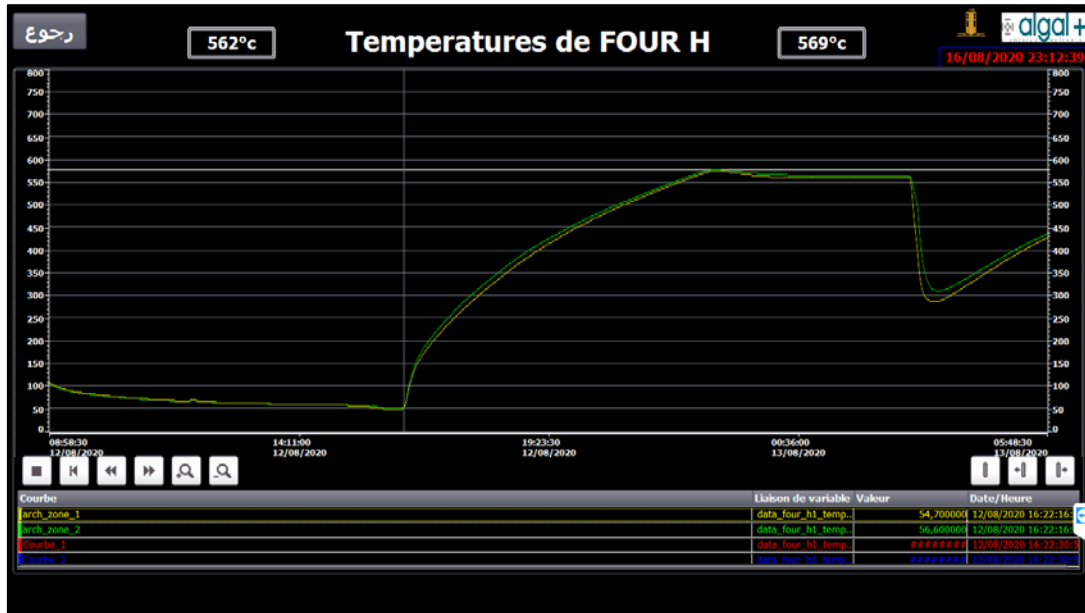


Figure 4.11 : Courbe de température de zone1 et zone 2 de four d’homogénéisation.

g. Courbe de cycle de chauffage de four de fusion après un arrêt de maintenance :

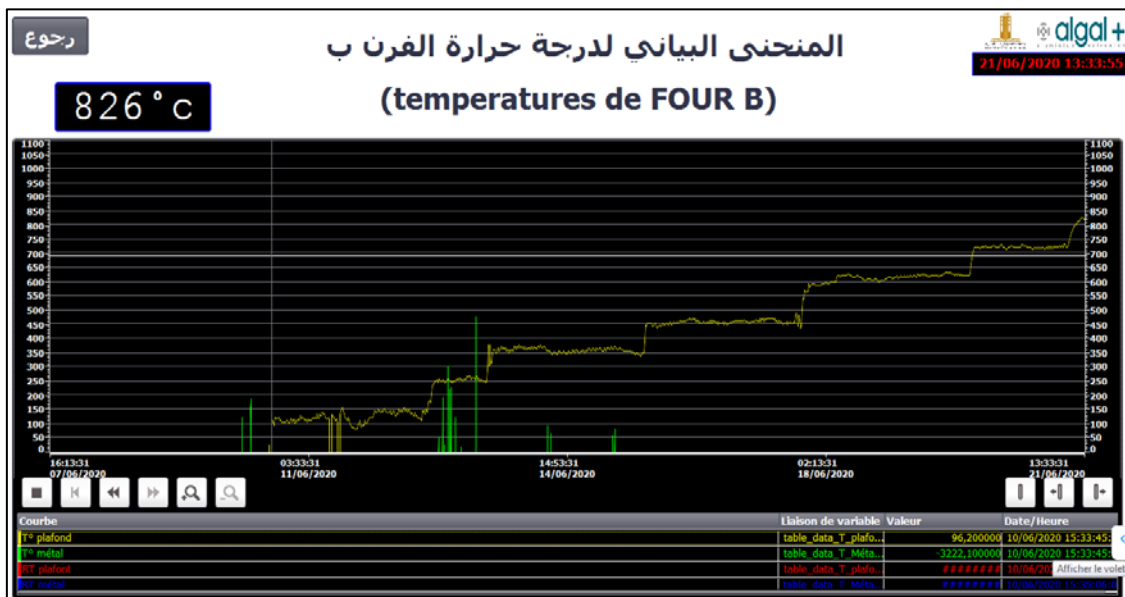


Figure 4.12 : Cycle de chauffage de four de fusion après un arrêt de maintenance programmé.

h. Cycle temporelle d'homogénéisation d'un lot de billette 12 tonnes :

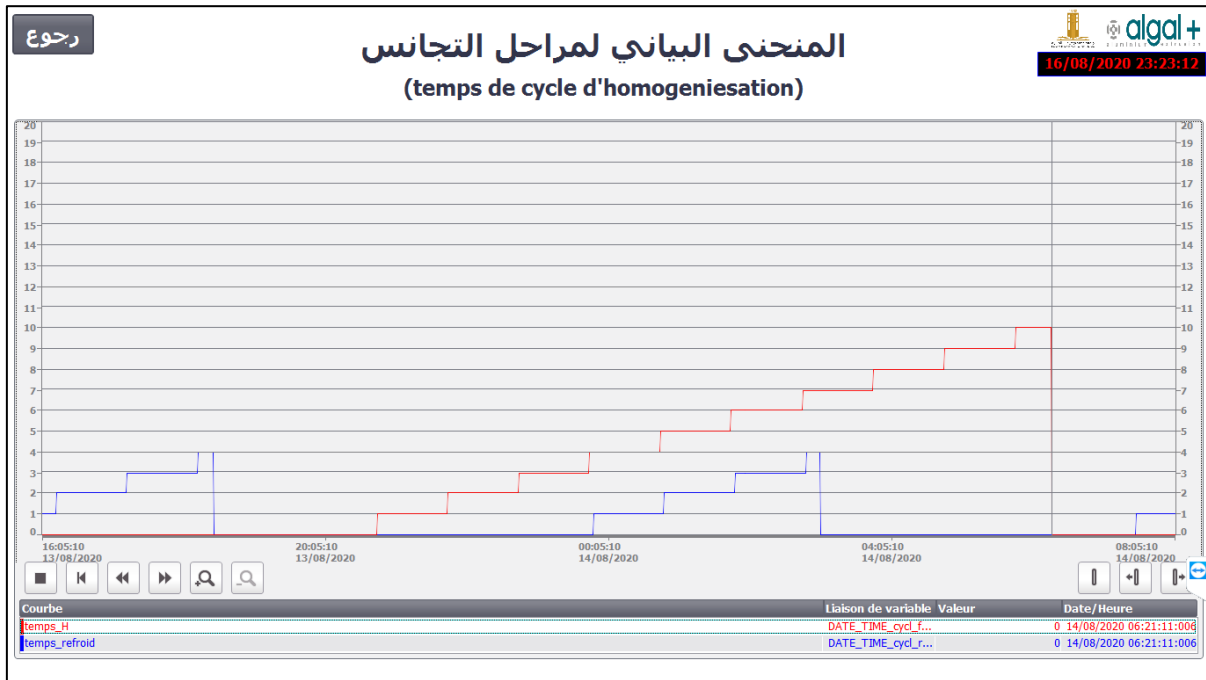


Figure 4.13: Cycle temporel de phase d'homogénéisation et de refroidissement en heures (H).

i. Four de fusion 20T :

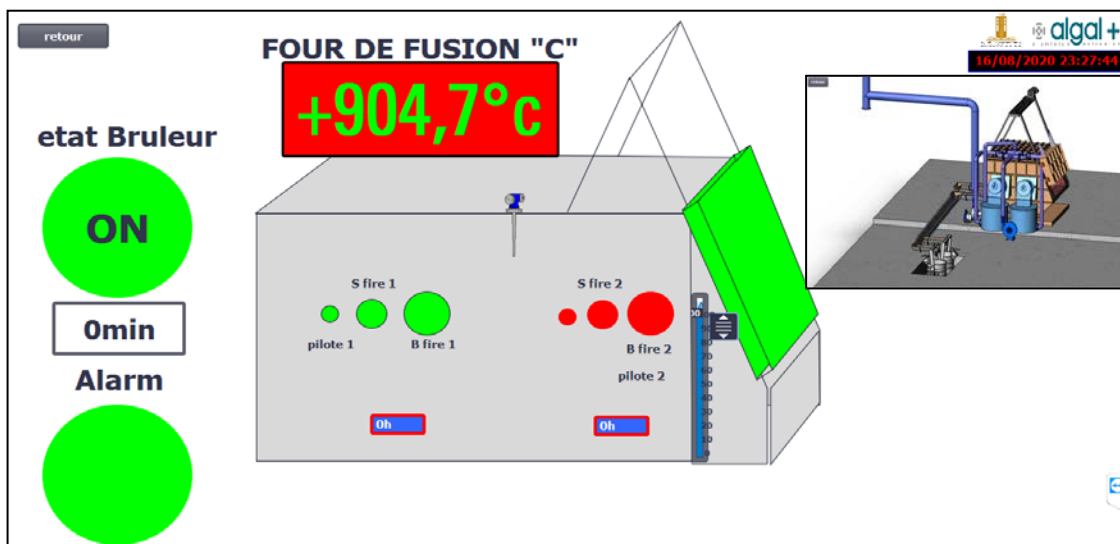


Figure 4.14: Supervision d'une interface de four 20TN (atelier au voisinage de la refonte 150m).

Au sien de la société ALGAL-PLUS il existe un réseau local (Ethernet) à base de fibre optique à haute qualité, sa disponibilité nous permet à de raccorder notre système réalisé pour visualiser et modifier à distant en tout moment. Nous avons utilisé le logiciel « Teamviewer » [34], pour accéder au Runtime de l'interface et analyser les données du processus de refonte par les ingénieurs de société ou spécialistes à l'extérieur, sur un PC ou un mobile.

Les courbes présentées tout au long de ce travail sont très utilisées par les utilisateurs de l'atelier refonte au sein de la société ALGAL+ :

- ✓ La vitesse de coulée doit être constante au long de l'opération de coulée,
- ✓ Le débit d'eau doit être constant au long de l'opération de coulée,
- ✓ La température du métal liquide au niveau de la table de coulée doit être constante,
- ✓ La température de l'eau de refroidissement doit être vérifiée,
- ✓ Le processus de l'homogénéisation doit être contrôlé,

Toutes les courbes sont enregistrées comme un historique précieux de processus de refonte d'aluminium.

4.4. Conclusion

Dans ce dernier chapitre, les différentes fonctions tel que WinCC Advanced ont été mentionnées et utilisées. Ainsi que la démarche que nous avons suivie pour la réalisation de l'application qui fait l'objet de ce travail. En effet, cette application qui répond au besoin représente une interface Homme-machine, facile à manipuler que ce soit par le superviseur ou par l'opérateur chargé de la production de billettes d'aluminium. En outre, la navigation entre les vues et courbes peut se faire par des boutons tactiles toujours visibles ou par des indices qui se trouvent dans la majorité des vues.

Les courbes présentées dans ce dernier chapitre sont très utiles par l'utilisateur de processus refonte. En plus, la visualisation et le suivi des données de production en temps réel facilitent l'amélioration de la qualité de produit fini.

***CONCLUSION GENERALE ET
PERSPECTIVES***

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Ce travail de fin d'étude s'inscrit dans le cadre de la conception et la réalisation d'une interface Homme-Machine (HMI) pour l'observation du processus de refonte d'Aluminium à ALGAL-Plus à base de l'automate (ET200S) et du logiciel TIA portal. A cette fin, nous avons commencé par prendre connaissance de l'installation classique de l'atelier refonte (créé en 1985 par le groupe japonais UBE), puis l'exploration précisée sur les fours de fusion, table de coulée continue et autres machines en aval, puis l'identification de ces éléments.

Nous avons passé en revue l'automate programmable industriel de la gamme SIEMENS ET200S CPU IM151-8F DP/PN, leur caractéristiques, critères de choix, avantages, ainsi que les langages de programmation utilisables. La communication et le transfert d'information via un réseau PROFINET, rendront un système automatisé plus simple et plus performant par la diminution du câblage.

Nous avons aussi étudié les capteurs majeurs dans ce processus qu'ils sont des éléments essentiels pour la visualisation des données, ainsi que la description de l'automate ET200S qui est utilisé pour l'acquisition des grandeurs physiques de capteurs installés sur chaque équipement.

Au cours de ce travail, un programme développé par logiciel siemens TIA portal basé sur l'automate ET200S a été développé par la suite afin de résoudre les problèmes de communication entre l'installation classique et l'HMI de supervision.

A la fin de phase du développement de l'interface d'observation de processus étudié, un PC HMI installé auprès de l'opérateur courant, contiens tous les données nécessaires pour la fabrication de billettes en aluminium. Ce dernier permet aux utilisateurs de visualiser le processus refonte à distant en toute sécurité, particulièrement durant cette situation sanitaire critique relative à la pandémie du Covid-19.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Enfin, nous espérons que notre travail sera une meilleure solution à la problématique posée et servira comme base de départ pour l'automatisation totale de l'atelier refonte d'aluminium et être bénéfique aux futures promotions.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Guler, K. (1949). L'aluminium et ses alliages, fabrication - emploi. Bulletin de la Murithienne, (66), 61-72.
- [2] Johnson, R. E., & Cherukuri, H. P. (1999). Vertical continuous casting of bars. Proceedings of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 455(1981), 227-244.
- [3] Emley, E. F. (1976). Continuous casting of aluminium. International metals reviews, 21(1), 75-115.
- [4] Nieckele, A. O., Naccache, M. N. F., & Gomes, M. S. (2004). Numerical modeling of an industrial aluminum melting furnace. J. Energy Resour. Technol., 126(1), 72-81.
- [5] Rometsch, P. A., Arnberg, L., & Zhang, D. L. (1999). Modelling dissolution of Mg₂Si and homogenisation in Al-Si-Mg casting alloys. International Journal of Cast Metals Research, 12(1), 1-8.
- [6] Notice de conduit de l'atelier refonte, UBE INDUSTRIES Ltd, Algal plus (M'sila).
- [7] Manuels d'utilisations refonte, UBE INDUSTRIES Ltd, Algal plus (M'sila).
- [8] spécification relatives à l'installation refonte 5-1, UBE INDUSTRIES Ltd, Algal plus (M'sila).
- [9] Hess, J. B. (1983). Physical metallurgy of recycling wrought aluminum alloys. Metallurgical Transactions A, 14(2), 323-327.
- [10] Grandfield, J. F., & McGlade, P. T. (1996). DC casting of aluminium: process behaviour and technology. In materials forum-rushcutters bay- (Vol. 20, pp. 29-51).
- [11] Gaustad, G., Olivetti, E., & Kirchain, R. (2012). Improving aluminum recycling: A survey of sorting and impurity removal technologies. Resources, Conservation and Recycling, 58, 79-87.
- [12] manuel d'utilisation pour contrôleur programmable fuji modele fujilog – UH.
- [13] Salih, H., Abdelwahab, H., & Abdallah, A. (2017, January). Automation design for a syrup production line using Siemens PLC S7-1200 and TIA Portal software. In 2017 International Conference on Communication, Control, Computing and Electronics Engineering (ICCCCEE) (pp. 1-5). IEEE.
- [14] BENAMSILI, K., GHANEM K., (2015). Automatisation et supervision via TIA PORTAL V13 d'une centrale de production d'air comprimé pour le process de CEVITAL. Master en en électrotechnique, universite A. Mira de bejaia.

- [15] Wu, B., & Liu, G. (1997). Platinum: Platinum-rhodium thermocouple Wire. *Platinum Metals Review*, 41(2), 81-85.
- [16] Gambino, R. J., Longtin, J. P., Brogan, J. A., Gutleber, J. S., & Greenlaw, R. J. (2010). U.S. Patent No. 7,753,584. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [17] Kasap, S. (2001). *Thermoelectric effects in metals: thermocouples*. Canada: Department of Electrical Engineering University of Saskatchewan. Canada.
- [18] Merry, R. J. E., Van de Molengraft, M. J. G., & Steinbuch, M. (2010). Velocity and acceleration estimation for optical incremental encoders. *Mechatronics*, 20(1), 20-26.
- [19] Liu, J., Li, Y., & Zhao, H. (2010, June). A temperature measurement system based on pt100. In *2010 International Conference on Electrical and Control Engineering* (pp. 296-298). IEEE.
- [20] Kawahito, S., Cerman, A., & Tadokoro, Y. (2002, May). A digital fluxgate magnetic sensor interface using sigma-delta modulation for weak magnetic field measurement. In *IMTC/2002. Proceedings of the 19th IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference (IEEE Cat. No. 00CH37276)* (Vol. 1, pp. 257-260). IEEE.
- [21] Usher, J. D., Blaze, J. E., & Phillippi, R. M. (1991). U.S. Patent No. 5,071,258. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [22] Georges, A., & Bernard, P. (2017). *Les capteurs en instrumentation industrielle* (8eme édition). Dunod
- [23] Bartelt, T. L. (2010). *Industrial Automated Systems: Instrumentation and Motion Control (Book Only)*. Cengage Learning.
- [24] Prouvost, P. (2010). *Instrumentation et régulation en 30 Fiches*. Dunod.
- [25] *Système de périphérie décentralisée ET 200S - Instructions de service*.
- [26] *SIMATIC PROFINET - PROFINET avec STEP 7 V13 - Description fonctionnelle*.
- [27] Kuphaldt, T. R. (2008). *Lessons in industrial instrumentation*. Creative Commons Attribution/PAControl.com. (update : 2011).
- [28] Chaipurimas, K., Rerkratn, A., Cheypoca, T., & Riewruja, V. (2010, October). 4–20mA current transceiver. In *ICCAS 2010* (pp. 1631-1634). IEEE.
- [29] *Programmer avec STEP 7 - Manuel*
- [30] *SIMATIC ET 200S Fonctions technologiques - Instructions de service*.

[31] <https://web-material3.yokogawa.com/IM01B04J01-02E.pdf>

[32] https://web-material3.yokogawa.com/GS01B04T01-02E_130.pdf

[33] <https://web-material3.yokogawa.com/IM01B04N01-02E.pdf>

[34] <https://www.teamviewer.com/>

ANNEXES

ANNEXE - 1 : Logiciels présentés dans le portail TIA portal.

N°	Désignation du logiciel	fonctions	observations
01	STEP 7 pro ou basic	Programmation et configuration matériels des automates siemens.	
02	Wincc advanced	Programmation des interfaces IHM	
03	Wincc professional	Programmation des interfaces IHM pro	
04	Wincc confort	Programmation des interfaces IHM	
05	SINAMICS startdrive	Programmation des variateurs de vitesse	
06	SIMATIC Energy suite	Géré l'énergie des équipements siemens.	
07	SIMATIC STEP7 Safety	Programmer les blocs de sécurité sur STEP7.	
08	SIMATIC Prosave	Sauvgarde de package des IHM.	
09	SIMATIC OPC-XML Gateway	Communication automate à un serveur OPC.	
10	SIMATIC PLCSIM	Simulateur d'automate siemens.	

ANNEXE - 2 : types de blocs utilisés dans le STEP7 professionnels.

Type de bloc	Description technique
Blocs d'organisation (OB)	Les blocs d'organisation définissent la structure du programme utilisateur.
Fonctions (FC)	Les fonctions contiennent des routines pour les tâches cycliques.
Blocs fonctionnels (FB)	Les blocs fonctionnels sont des blocs de code qui sauvegardent en permanence leurs valeurs dans des blocs de données d'instance afin qu'il soit possible d'y accéder même après le traitement du bloc.
Blocs de données d'instance (DB)	Les blocs de données d'instance sont affectés au bloc fonctionnel lors de son appel et servent à sauvegarder les données du programme.
Blocs de données globaux	Les blocs de données globaux sont des zones servant à sauvegarder des données qui peuvent être utilisées par des blocs quelconques.
Fonctions système (SFC)	fonctions système mises à disposition par le système d'exploitation de l'ET200S
Blocs fonctionnels système (SFB)	blocs fonctionnels système mis à disposition par le système d'exploitation des CPU IM151-8F PN/DP.
Blocs fonctionnels pour communication ouverte via Ethernet industriel	l'échange de données avec d'autres partenaires de communication via le programme utilisateur. Ces blocs sont rangés dans la bibliothèque standard sous Communication Blocs.

ANNEXE - 3 : Langage de programmation S7 [32].

Langage de programmation	Groupe d'utilisateurs	Application
Liste d'instructions LIST	Utilisateurs se basant sur la technologie, ayant peu de connaissances approfondies de la programmation ou des automates programmables	Programmes optimisés en temps d'exécution et en espace mémoire
Schéma à contacts CONT	Utilisateurs habitués aux schémas de circuits	Programmation de commandes combinatoires
Logigramme LOG	Utilisateurs habitués aux boîtes logiques de l'algèbre booléenne	Programmation de commandes combinatoires
SCL (Structured Control Language) Progiciel optionnel	Utilisateurs ayant programmé en langages évolués comme Pascal ou C	Programmation de tâches de programmation de données
GRAPH Progiciel optionnel	Utilisateurs se basant sur la technologie, ayant peu de connaissances approfondies de la programmation ou des automates programmables	Description souple de processus séquentiels
HiGraph Progiciel optionnel	Utilisateurs se basant sur la technologie, ayant peu de connaissances approfondies de la programmation ou des automates programmables	Description souple de processus asynchrones non séquentiels

ANNEXE - 4 : Liste des variables Automate ET200S.

Totally Integrated
Automation Portal

refonte_16-05-2020 / PLC_refonte [IM151-8 F-CPU]

Variables API

Nom	Type de données	Adresse	Réma- Commentaire	Visible IHM	Acces- sible depuis IHM	dans sible
temp_table	Real	%MD0		True	True	
temp_table_conv	Real	%MD4			True	
True in_TC_table	Int	%IW272			True	
True debit_eau_conv	Real	%MD8			True	
True debit_eau	Real	%MD12			True	
True in_debit_eau	Int			%IW274		
True vitesse_conv	Real			%MD16		
True vitesse_coulée	Real			%MD20		
True in_vitesse	Int			%IW276		
True temp_eau_in_Nconv	Real			%MD24		
True PT100_in	Int			%IW304		
True PT100_out	Int			%IW307		
True IN_ENC_B1	DWord			%ID320		
True IN_ENC_B2	DWord			%ID324		
True OUT_ENC_B1	DWord			%QD320		
True OUT_ENC_B2	Word			%QW324		
True valeur-enc	Real			%MD28		
True tc_plafond_A	Int			%IW336		
True var1	Real			%MD32		
True var2	Real			%MD36		
True tc_metal_A	Int			%IW338		
True var3	Real			%MD40		
True tc_plafond_B	Int			%IW340		
True tc_Métal_B	Int			%IW342		
True var4	Real			%MD44		
True FC_A	Bool			%I6.0		
True basculement_A	Bool			%M48.0		
True FC_B	Bool			%I6.1		
True basculement_B	Bool			%M48.1		
True COMPTA	Int			%MW50		
True COMPTB	Int			%MW52		
True RESET_COMP_A	Bool			%M48.2		
True RESET_COMP_B	Bool			%M48.3		
True PT100_Amb	Int			%IW306		
True temp_ambiante	Real			%MD54		
True COMP_COUL A	Int			%MW58		

True True

ANNEXE - 4 : Liste des variables Automate ET200S.

Totally Integrated
Automation Portal

Nom	Type de données	Adresse	Réma- Commentaire	Visible IHM	Acces- sible dans IHM
COMP_COUL_B	Int	%MW60			True
True LONG	Real	%MD62			True
True					
max_2m	Bool	%M48.4			True
True pv_plafon_A	Real	%MD66			True
True Q_up	Bool	%M48.5			True
True q_dn	Bool	%M48.6			True
True var5	Real	%MD70			True
True var6	Real	%MD74			True
True TC_H_Z1	Int	%IW384			True
True TC_H_Z2	Int	%IW386			True
True LS_porte_H	Bool	%I6.2			True
True port_h_fermé	Bool	%M48.7			True
True fan_h_01	Bool	%I6.4			True
True fan_h_02	Bool	%I6.5			True
True souff_h	Bool	%I6.3			True
True fan_h_on1	Bool	%M49.0			True
True fan_h_on2	Bool	%M49.1			True
True souff_h_on	Bool	%M49.2			True
True cycl_h	Bool	%I6.6			True
True cycl_h_on	Bool	%M49.3			True
True cycl_refroi	Bool	%I6.7			True
True refroi_on	Bool	%M49.4			True
True small fire valve 1	Bool	%I8.0			True
True big fire valve 1	Bool	%I8.1			True
True small fire valve 2	Bool	%I8.2			True
True big fire valve 2	Bool	%I8.3			True
True power supply of ignition 1	Bool	%I8.4			True
True alarm_G_four13t	Bool	%I8.5			True
True Tag_11	Bool	%I8.6			True
True Tag_12	Bool	%I8.7			True
True carte8	Bool	%M49.5			True
True in_TC_20T	Int	%IW400			True
True temp_four13t	Real	%MD78			True
True TEMP_plafon_FOUR13	Real	%MD82			True
True etat_cal_heurB1	Bool	%M49.6			True
True ret_val4	Int	%MW86			True
True ret_val3	Int	%MW88			True
True reset_compt_heurB1	Bool	%M49.7			True
True ret_val5	Int	%MW90			True
True ret_val6	Int	%MW92			True

ANNEXE - 4 : Liste des variables Automate ET200S.

Totally Integrated Automation Portal

Nom	Type de données	Adresse	Réma-Commentaire	Visible IHM	Acces-nence depuis IHM	dans sible
ret_val7	Int	%MW94			True	
True etat_cal_heurB2	Bool	%M96.0			True	
True etat_cal_heurB2(1)	Bool	%M96.1		True	True	
ret_val8	Int	%MW98			True	
True reset_compt_heurB2	Bool	%M96.2			True	
True switche_burner20T	Bool	%I7.0			True	
True stat_burner20T	Bool	%M96.3			True	
True temps_charg_four20T	Time	%MD100			True	
True x1	Time	%MD104			True	
True in_basc_keyA	Bool	%I7.1			True	
True bacul_boutonA	Bool	%M96.4			True	
True in_basc_keyB	Bool	%I7.2			True	
True bascl_boutonB	Bool	%M96.6			True	

True

ANNEXE-5 : Programme source de l'Automate ET200S.

Totally Integrated
Automation Portal

refonte_16-05-2020 / PLC_refonte [IM151-8 F-CPU] / Blocs de programme

Main [OB1]

Main Propriétés

Général

Nom	Main	Numéro	1	Type	OB
Langage	CONT	Numérotation	Automatique		

Information

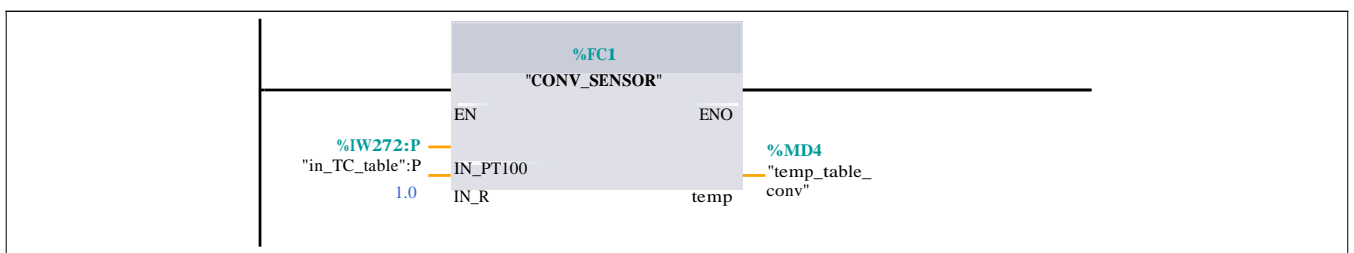
Titre	"programme de suivi de process refonte "	Auteur		Commentaire	
Famille		Version	0.1	ID utilisateur	

Main

Nom	Type de	Déca	Valeur par déf.	
	Commentaire	données	lage	
▼ Temp				
OB1_EV_CLASS	Byte	0.0		Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
OB1_SCAN_1	Byte	1.0		1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2-n of OB 1)
OB1_PRIORITY	Byte	2.0		Priority of OB Execution
OB1_OB_NUMBR	Byte	3.0		1 (Organization block 1, OB1)
OB1_RESERVED_1	Byte	4.0		Reserved for system
OB1_RESERVED_2	Byte	5.0		Reserved for system
OB1_PREV_CYCLE	Int	6.0		Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)
OB1_MIN_CYCLE	Int	8.0		Minimum cycle time of OB1
(milliseconds) OB1_MAX_CYCLE	Int	10.0		Maximum cycle time of
OB1 (milliseconds) OB1_DATE_TIME started	Date_And_Ti	12.0		Date and time OB1
	me			

Constant

Réseau 1 : mesure de la temperature de table à coulée



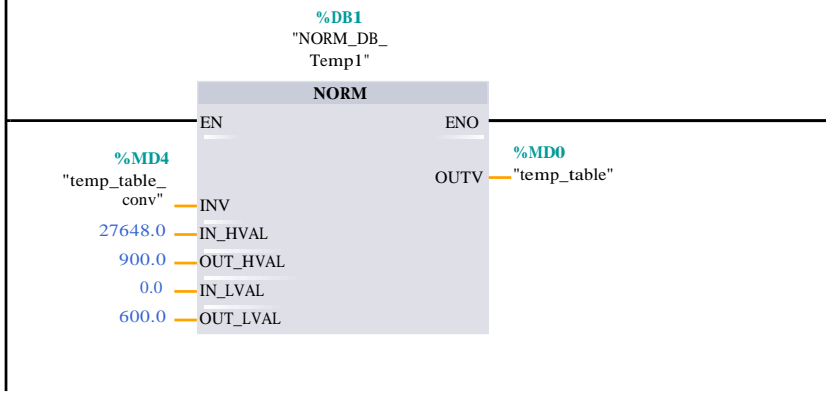
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"in_TC_table":P	%IW272:P	Int	
"temp_table_conv"	%MD4	Real	

Réseau 2 : calcul et normalisation de temperature table de coulee

--	--	--

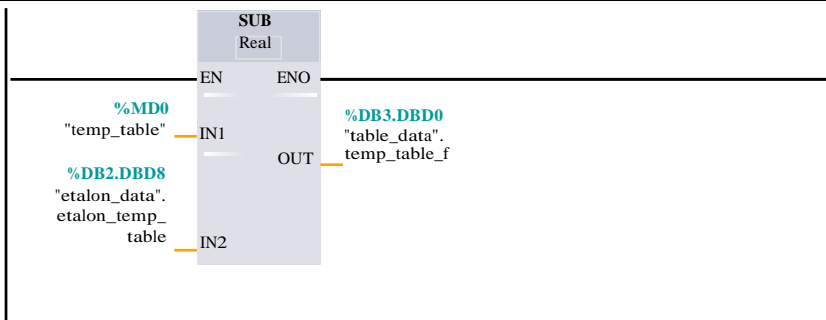
ANNEXE-5 : Programme source de l'Automate ET200S.

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--



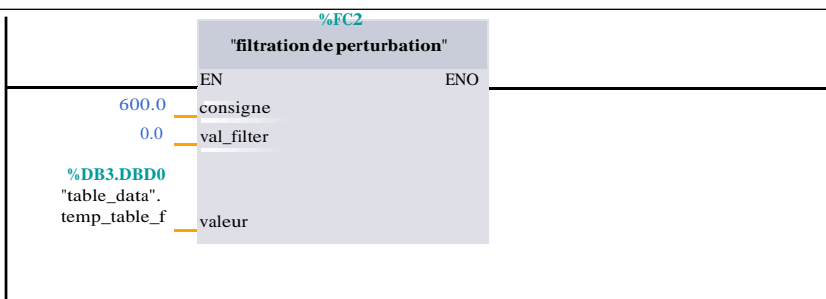
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"temp_table"	%MD0	Real	
"temp_table_conv"	%MD4	Real	

Réseau 3 : etalonnage_temperature table



Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"etalon_data".etalon_temp_table	%DB2.DBD8		
"table_data".temp_table_f	%DB3.DBD0		
"temp_table"	%MD0	Real	

Réseau 4 : filtration de la valeur de temperature de la table à coulée entre 600-900°C



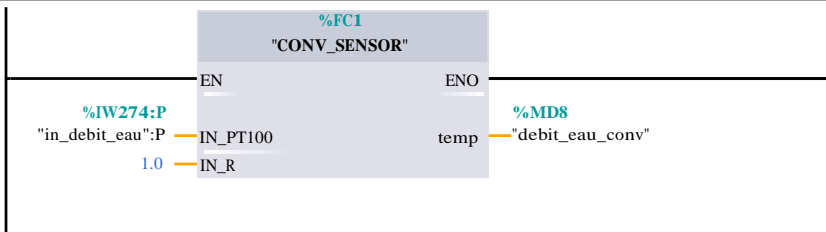
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"table_data".temp_table_f	%DB3.DBD0		

Réseau 5 : mesure de debit metre d'eau de refroidissement m3/h

--	--	--

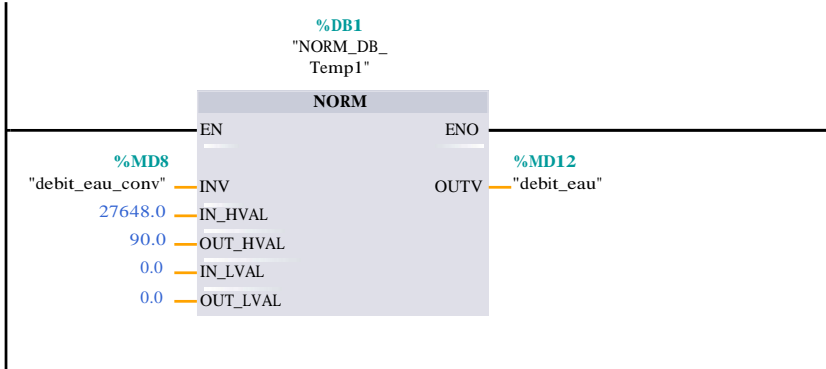
ANNEXE-5 : Programme source de l'Automate ET200S.

Totally Integrated
Automation Portal



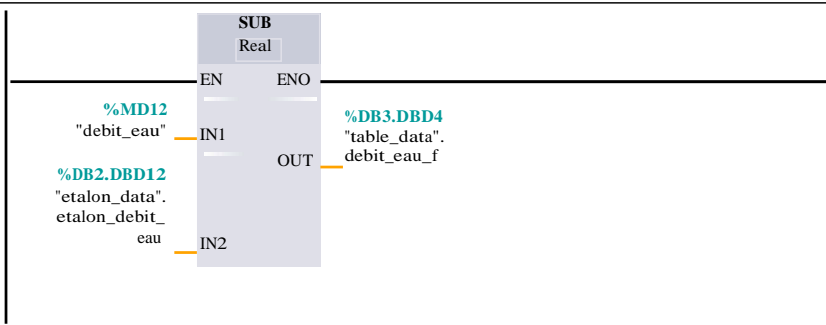
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"debit_eau_conv"	%MD8	Real	
"in_debit_eau":P	%IW274:P	Int	

Réseau 6 : calcul et normalisation debit metre d'eau



Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"debit_eau"	%MD12	Real	
"debit_eau_conv"	%MD8	Real	

Réseau 7 : etalonnage_debit d'eau



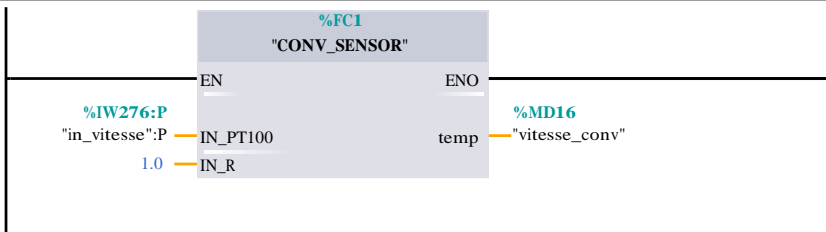
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"debit_eau"	%MD12	Real	
"etalon_data".etalon_debit_eau	%DB2.DBD12	Real	
"table_data".debit_eau_f	%DB3.DBD4	Real	

Réseau 8 : mesure de vitesse de coulée mm/min

--	--	--

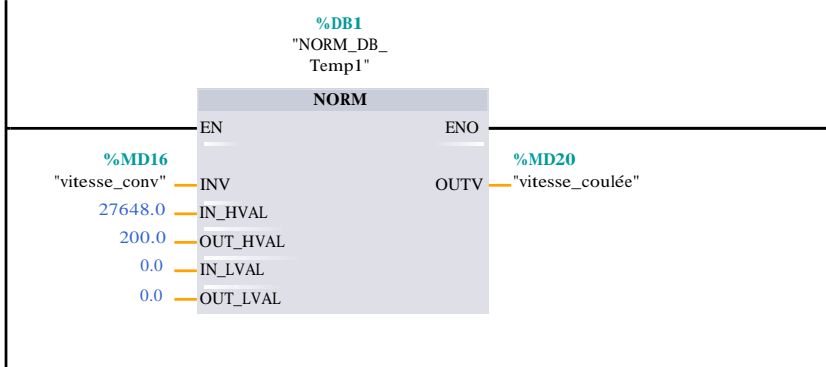
ANNEXE-5 : Programme source de l'Automate ET200S.

Totally Integrated Automation Portal



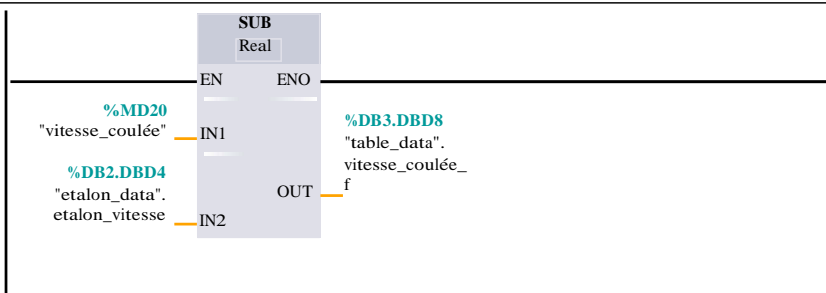
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"in_vitesse":P	%IW276:P	Int	
"vitesse_conv"	%MD16	Real	

Réseau 9 : calcul et normalisation de vitesse de coulée



Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"vitesse_conv"	%MD16	Real	
"vitesse_coulée"	%MD20	Real	

Réseau 10 : etalonnage_vitesse de coulée



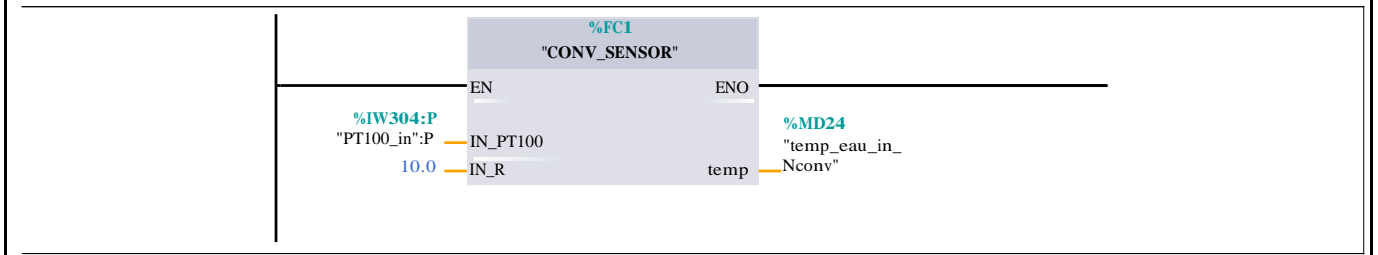
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"etalon_data".etalon_vitesse	%DB2.DBD4		
"table_data".vitesse_coulée_f	%DB3.DBD8		
"vitesse_coulée"	%MD20	Real	

Réseau 11 : mesure temperature de l'eau de refroidissement (input)

--	--	--

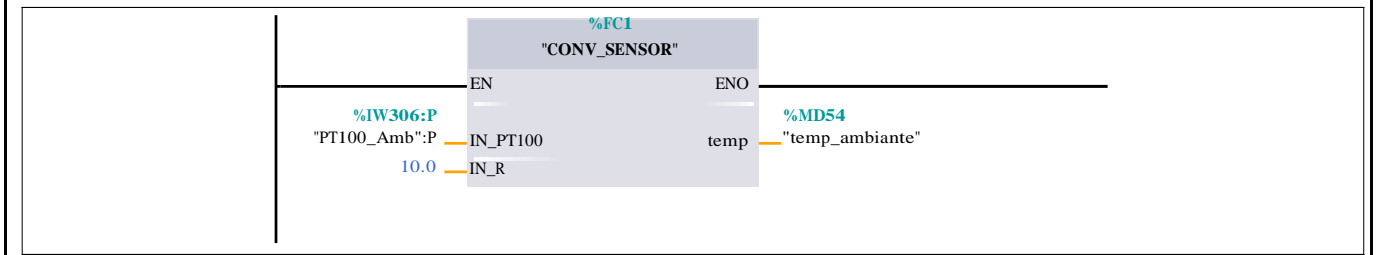
ANNEXE-5 : Programme source de l'Automate ET200S.

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--



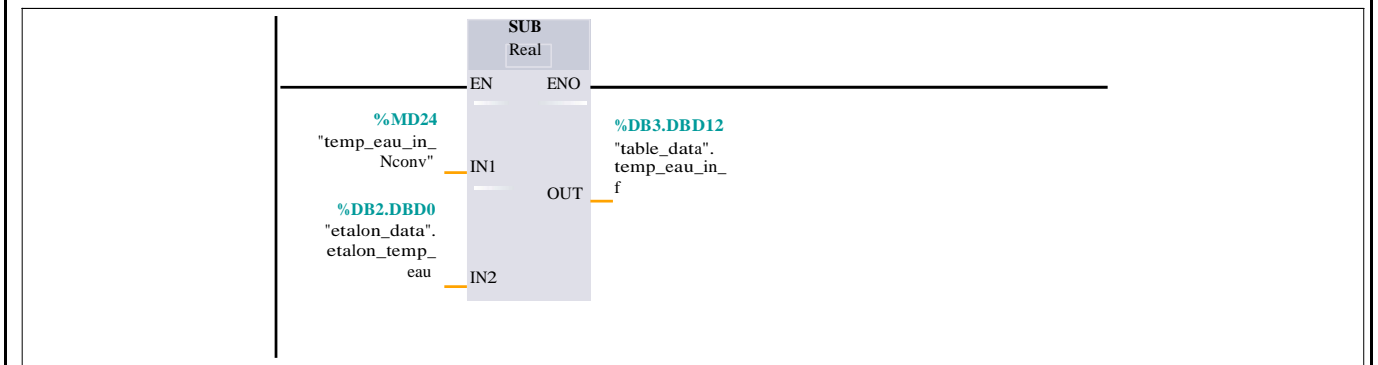
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"PT100_in":P	%IW304:P	Int	
"temp_eau_in_Nconv"	%MD24	Real	

Réseau 12 : PT100 température d'ambiante



Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"PT100_Amb":P	%IW306:P	Int	
"temp_ambiante"	%MD54	Real	

Réseau 13 : etalonnage_temperature de l'eau de refroidissement



Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"etalon_data".etalon_temp_eau	%DB2.DBD0		
"table_data".temp_eau_in_f	%DB3.DBD12		
"temp_eau_in_Nconv"	%MD24	Real	

Réseau 14 : bits de commande et Validation logicielle (encoder)

```

0001      L      0                //effacer bits de commande
0002      T      "encoder_table".DB4.DBD0
0003      T      "encoder_table".DB4.DBD4
0004      SET
0005      S      %DB4.DBX4.0      //Validation logicielle
0006

```

--	--	--

ANNEXE-5 : Programme source de l'Automate ET200S.

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"encoder_ta DWord ble"."DB4.DBD0"	-%DB4.DBD0		
"encoder_ta DWord ble"."DB4.DBD4"	-%DB4.DBD4		
%DB4.DBX4.0	%DB4.DBX4.0	Bool	

Réseau 15 : Adresse de début configurée pour les sorties (encoder)

```

0001      L      "encoder_table"."DB4.DBD0" //Ecrire 6 octets sur le module
           ICount24V
0002 //Adresse de début configurée pour les sorties
0003      T      "OUT_ENC_B1":P
0004      L      %DB4.DBW4
0005      T      "OUT_ENC_B2":P
0006
    
```

Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"encoder_ta DWord ble"."DB4.DBD0"	-%DB4.DBD0		
"OUT_ENC_B1":P	%QD320:P	DWord	
"OUT_ENC_B2":P	%QW324:P	Word	
%DB4.DBW4	%DB4.DBW4	Word	

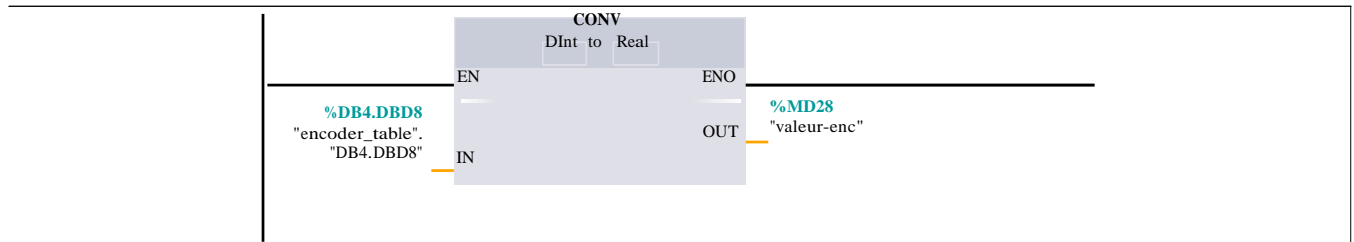
Réseau 16 : load value of encoder (encoder)

```

0001      L      "IN_ENC_B1":P
0002      T      "encoder_table"."DB4.DBD8"
0003      L      "IN_ENC_B2":P
0004      T      "encoder_table"."DB4.DBD12"
0005
    
```

Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"encoder_ta DWord ble"."DB4.DBD8"	-%DB4.DBD8		
"encoder_ta DWord ble"."DB4.DBD12"	-%DB4.DBD12		
"IN_ENC_B1":P	%ID320:P	DWord	
"IN_ENC_B2":P	%ID324:P	DWord	

Réseau 17 : valeur de l'encodeur table (longueur)



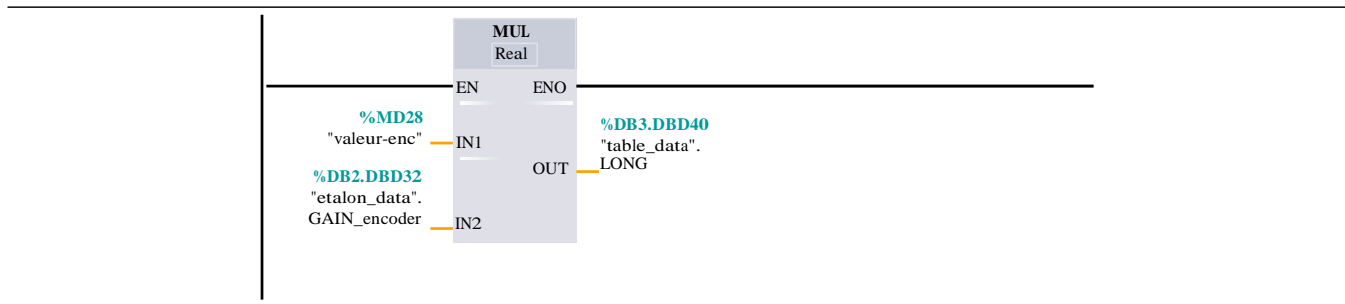
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"encoder_ta DWord ble"."DB4.DBD8"	-%DB4.DBD8		
"valeur-enc"	%MD28	Real	

--	--	--

ANNEXE-5 : Programme source de l'Automate ET200S.

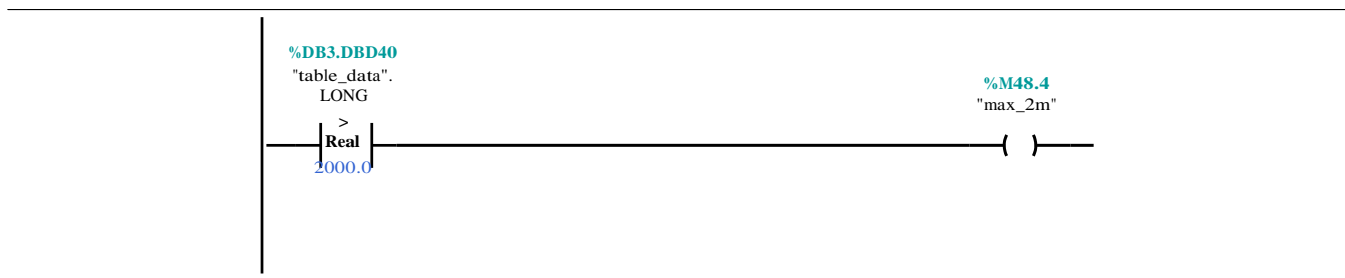
Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

Réseau 18 : longueur de coulée



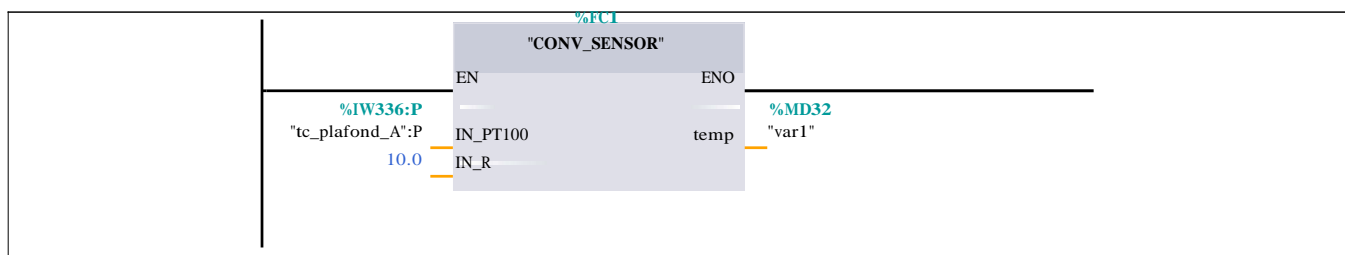
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"etalon_data".GAIN_encoder Real coder	%DB2.DBD32		
"table_data".LONG	%DB3.DBD40	Real	
"valeur-enc"	%MD28	Real	

Réseau 19 : comparaison longueur



Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"max_2m"	%M48.4	Bool	
"table_data".LONG	%DB3.DBD40	Real	

Réseau 20 : mesure de température plafon FOUR A



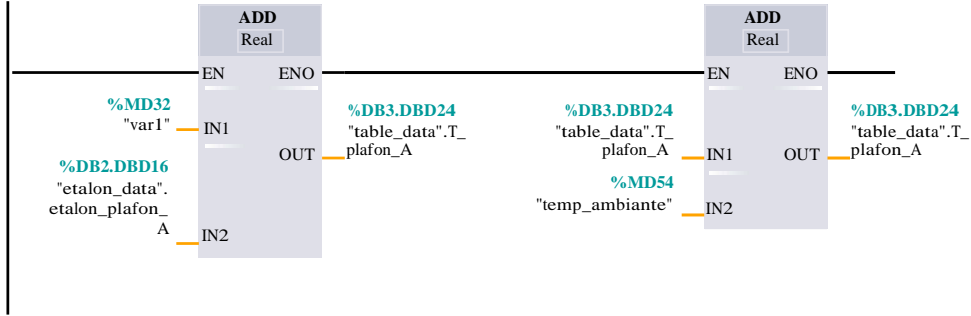
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"tc_plafond_A":P	%IW336:P	Int	
"var1"	%MD32	Real	

Réseau 21 : etalonnage de temperature plafon FOUR A

--	--	--

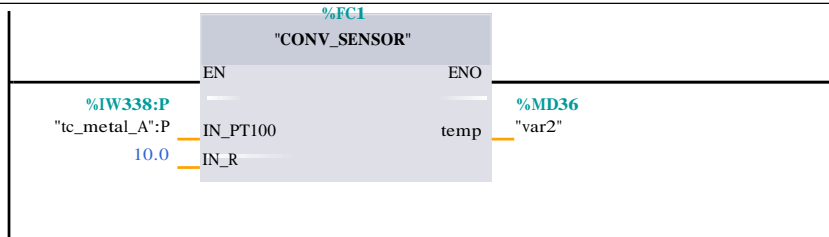
ANNEXE-5 : Programme source de l'Automate ET200S.

Totally Integrated Automation Portal



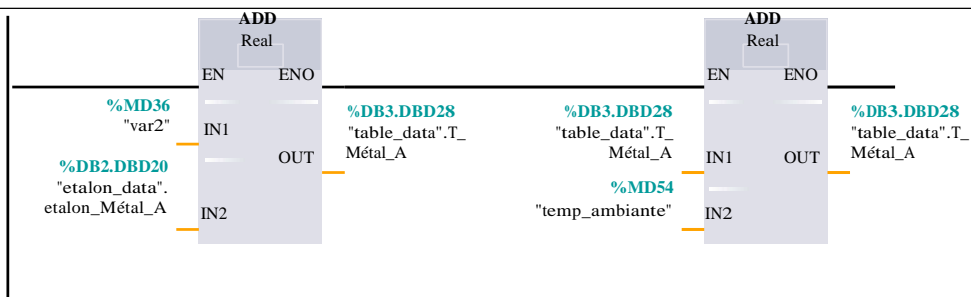
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"etalon_data".etalon_plafon_A	%DB2.DBD16	Real	
"table_data".T_plafon_A	%DB3.DBD24	Real	
"temp_ambiante"	%MD54	Real	
"var1"	%MD32	Real	

Réseau 22 : mesure de température Métal FOUR A



Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"tc_metal_A":P	%IW338:P	Int	
"var2"	%MD36	Real	

Réseau 23 : étalonnage de température Métal FOUR A



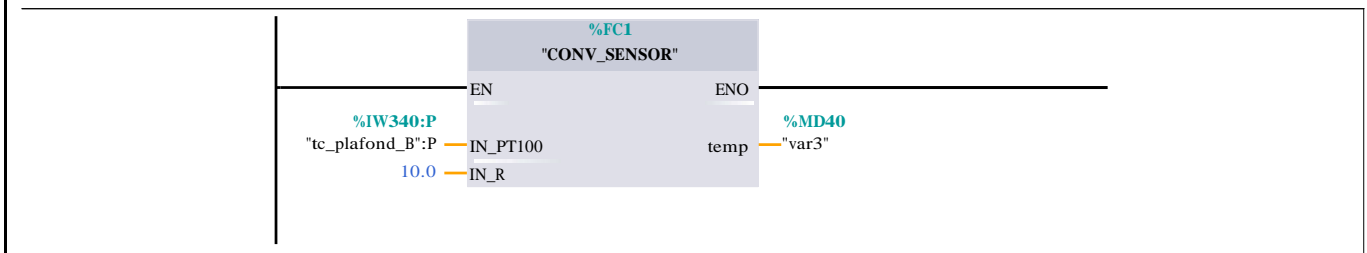
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"etalon_data".etalon_Métal_A	%DB2.DBD20	Real	
"table_data".T_Métal_A	%DB3.DBD28	Real	
"temp_ambiante"	%MD54	Real	
"var2"	%MD36	Real	

Réseau 24 : mesure de température plafond FOUR B

--	--	--

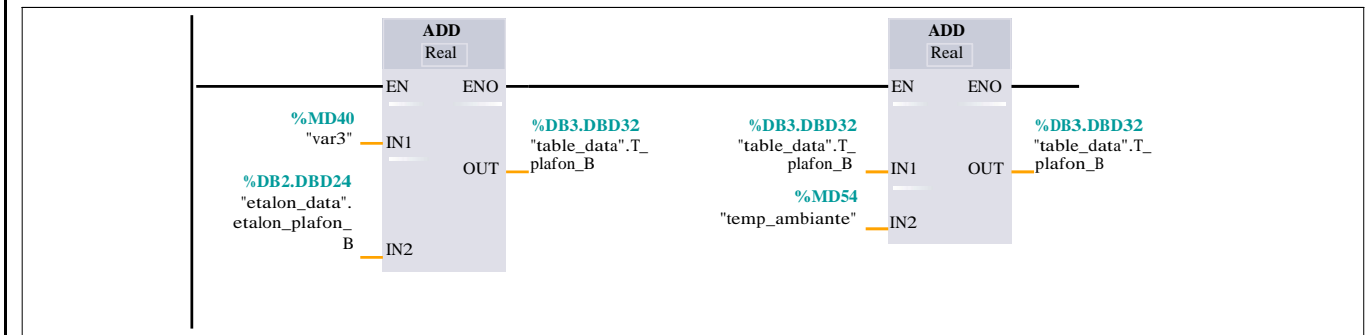
ANNEXE-5 : Programme source de l'Automate ET200S.

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--



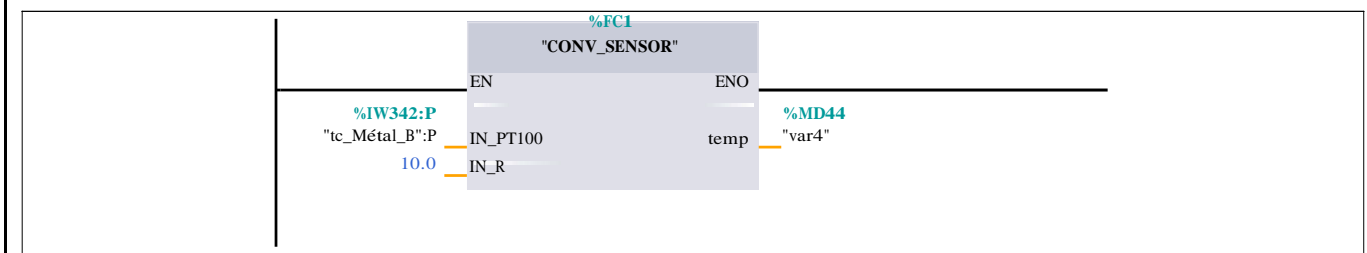
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"tc_plafond_B":P	%IW340:P	Int	
"var3"	%MD40	Real	

Réseau 25 : etalonnage de temperature plafon FOUR B



Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"etalon_data".etalon_plafon_B	%DB2.DBD24	Real	
"table_data".T_plafon_B	%DB3.DBD32	Real	
"temp_ambiante"	%MD54	Real	
"var3"	%MD40	Real	

Réseau 26 : mesure de température Métal FOUR B



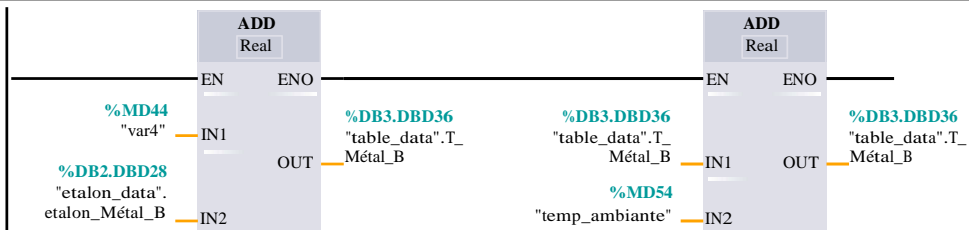
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"tc_Métal_B":P	%IW342:P	Int	
"var4"	%MD44	Real	

Réseau 27 : etalonnage de temperature Métal FOUR B

--	--	--

ANNEXE-5 : Programme source de l'Automate ET200S.

Totally Integrated
Automation Portal



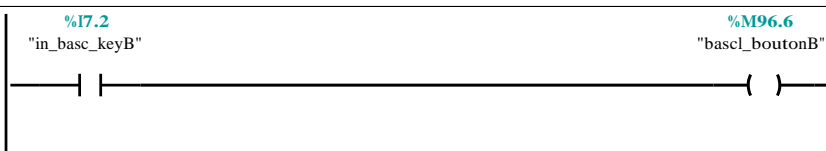
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"etalon_data".etalon_Metal_B	%DB2.DBD28		
"table_data".T_Metal_B	%DB3.DBD36	Real	
"temp_ambiante"	%MD54	Real	
"var4"	%MD44	Real	

Réseau 28 : signal moniteur baculement four "A"



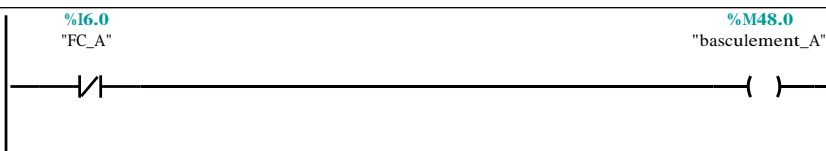
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"bacul_boutonA"	%M96.4	Bool	
"in_basc_keyA"	%I7.1	Bool	

Réseau 29 : signal moniteur baculement four "B"



Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"basc_boutonB"	%M96.6	Bool	
"in_basc_keyB"	%I7.2	Bool	

Réseau 30 : signal de basculement FOUR A



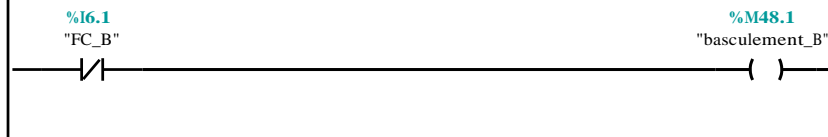
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"basculement_A"	%M48.0	Bool	
"FC_A"	%I6.0	Bool	

Réseau 31 : signal de basculement FOUR B

--	--	--

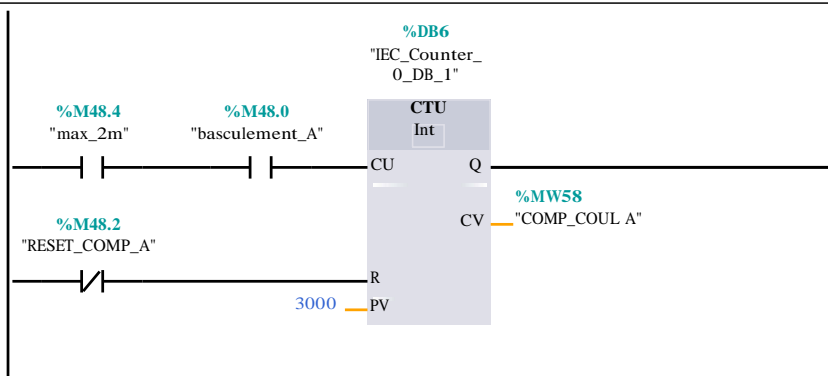
ANNEXE-5 : Programme source de l'Automate ET200S.

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--



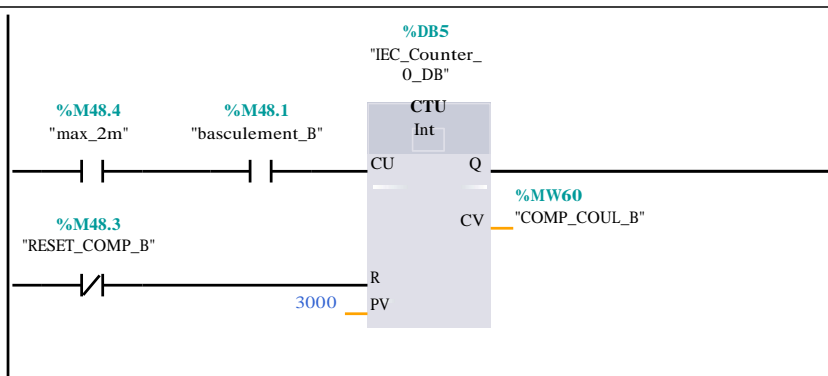
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"basculement_B"	%M48.1	Bool	
"FC_B"	%I6.1	Bool	

Réseau 32 : compteur de nombre de coulées FOUR A



Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"basculement_A"	%M48.0	Bool	
"COMP_COUL A"	%MW58	Int	
"max_2m"	%M48.4	Bool	
"RESET_COMP_A"	%M48.2	Bool	

Réseau 33 : compteur de nombre de coulées FOUR B



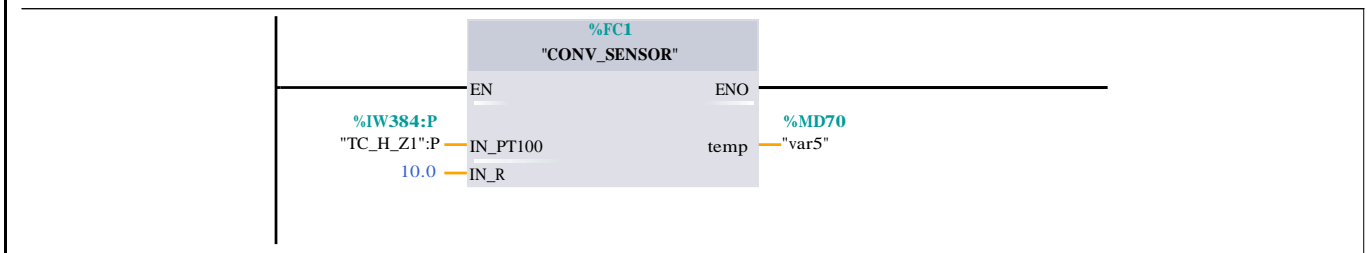
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"basculement_B"	%M48.1	Bool	
"COMP_COUL_B"	%MW60	Int	
"max_2m"	%M48.4	Bool	
"RESET_COMP_B"	%M48.3	Bool	

Réseau 34 : mesure de temperature four h ZONE 2

--	--	--

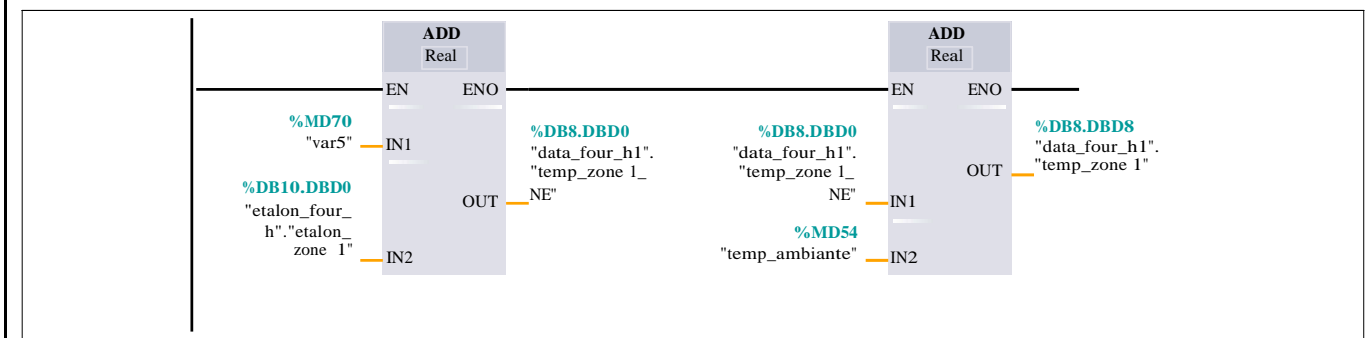
ANNEXE-5 : Programme source de l'Automate ET200S.

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--



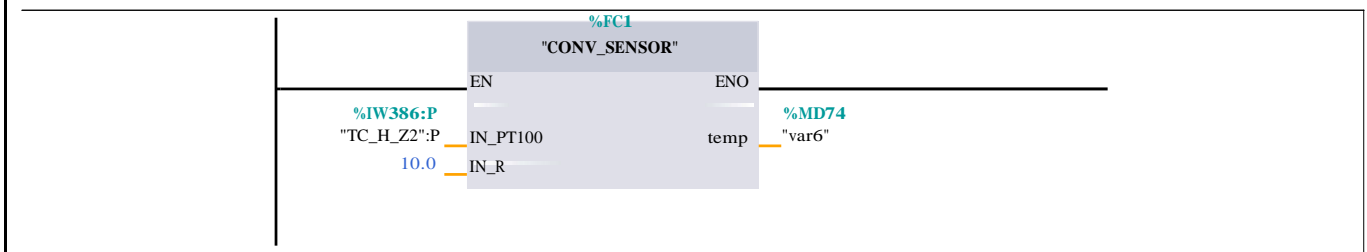
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"TC_H_Z1":P	%IW384:P	Int	
"var5"	%MD70	Real	

Réseau 35 : etalonnage de temperature de four h ZONE 2



Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"da Real ta_four_h1"."temp_zone 1"	-%DB8.DBD8		
"da Real ta_four_h1"."temp_zone 1_NE"	-%DB8.DBD0		
"etalon_four_h"."eta- Real lon_zone 1"	%DB10.DBD0		
"temp_ambiante"	%MD54	Real	
"var5"	%MD70	Real	

Réseau 36 : mesure de temperature four h ZONE 2



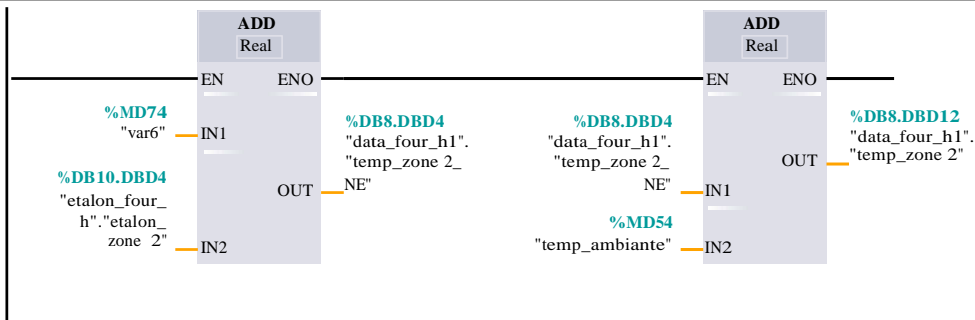
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"TC_H_Z2":P	%IW386:P	Int	
"var6"	%MD74	Real	

Réseau 37 : etalonnage de temperature de four h ZONE 2

--	--	--

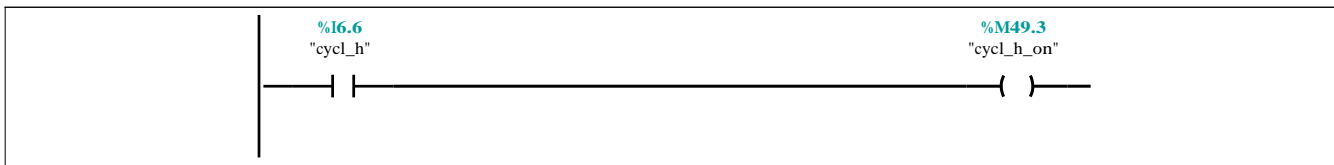
ANNEXE-5 : Programme source de l'Automate ET200S.

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--



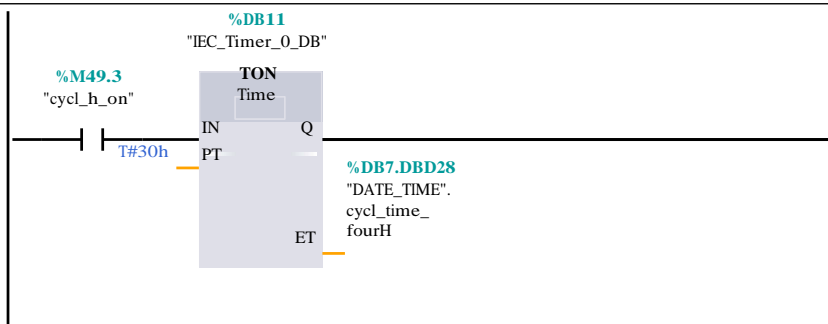
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"da Real ta_four_h1"."temp_zone 2"	-%DB8.DBD12		
"da Real ta_four_h1"."temp_zone 2_NE"	-%DB8.DBD4		
"etalon_four_h"."eta- Real lon_zone 2"	%DB10.DBD4		
"temp_ambiante"	%MD54	Real	
"var6"	%MD74	Real	

Réseau 38 : contacte de minuterie de cycle de four H



Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"cycl_h"	%M49.3	Bool	
"cycl_h_on"	%M49.3	Bool	

Réseau 39 : calcul de temps de cycle four H



Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"cycl_h_on"	%M49.3	Bool	
"DATE_TIME".cycl_time_f ourH	%DB7.DBD28	Time	

Réseau 40 : cyle four H en minute

--	--	--

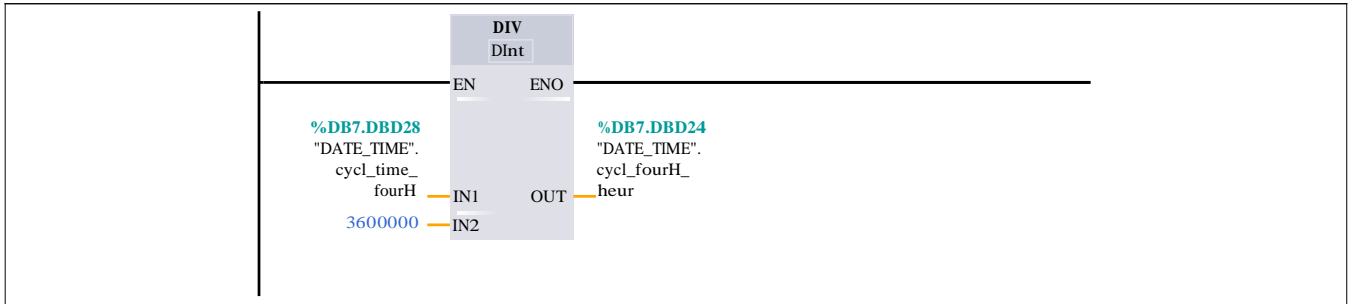
ANNEXE-5 : Programme source de l'Automate ET200S.

Totally Integrated
Automation Portal



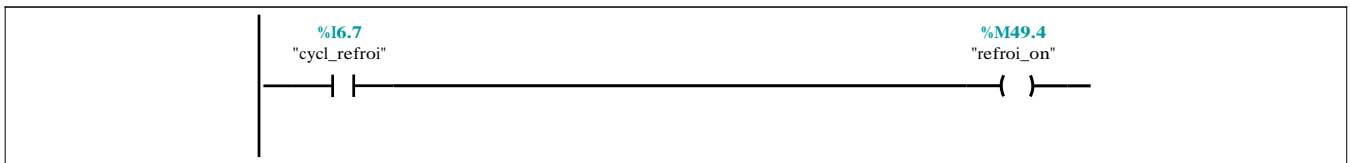
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"DATE_TIME".cycl_fourH_min	%DB7.DB16	Time	
"DATE_TIME".cycl_fourH_min_1	%DB7.DB20	Time	
"DATE_TIME".cycl_time_fourH	%DB7.DB28	Time	

Réseau 41 : cyle four H en Heur



Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"DATE_TIME".cycl_fourH_heur	%DB7.DB24	Time	
"DATE_TIME".cycl_time_fourH	%DB7.DB28	Time	

Réseau 42 : contacte de minuterie de cycle de chambre de refroidissement



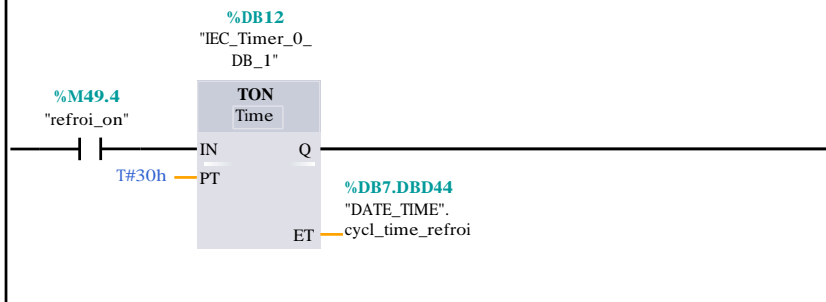
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"cycl_refroi"	%I6.7	Bool	
"refroi_on"	%M49.4	Bool	

Réseau 43 : calcul de temps de cycle refroidissement

--	--	--

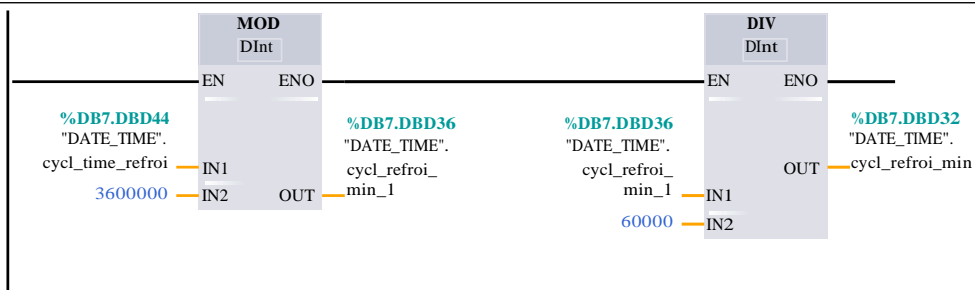
ANNEXE-5 : Programme source de l'Automate ET200S.

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--



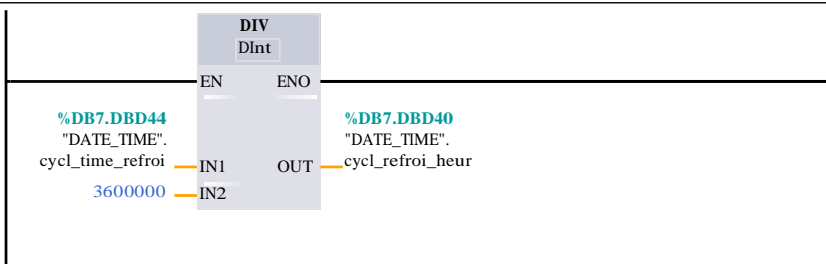
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"DATE_TIME".cycl_time_refroi	%DB7.DBD44	Time	
"refroi_on"	%M49.4	Bool	

Réseau 44 : cyle refroidissement en minute



Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"DATE_TIME".cycl_refroi_min	%DB7.DBD32		
"DATE_TIME".cycl_refroi_min_1	%DB7.DBD36		
"DATE_TIME".cycl_time_refroi	%DB7.DBD44	Time	

Réseau 45 : cyle refroidissement en heure



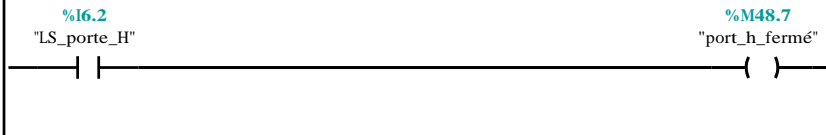
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"DATE_TIME".cycl_refroi_heur	%DB7.DBD40		
"DATE_TIME".cycl_time_refroi	%DB7.DBD44	Time	

Réseau 46 : fermeture de la porte four H

--	--	--

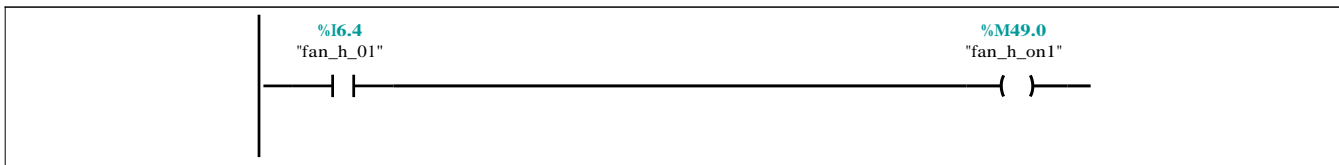
ANNEXE-5 : Programme source de l'Automate ET200S.

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--



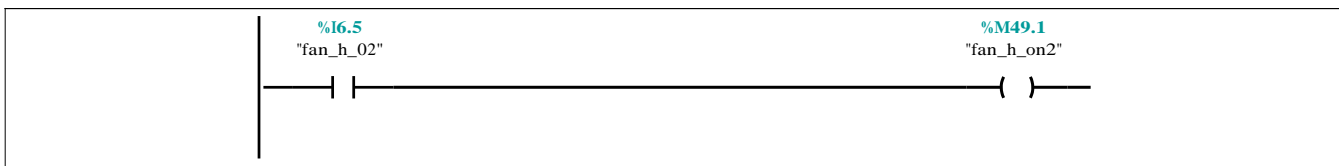
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"LS_porte_H"	%I6.2	Bool	
"port_h_fermé"	%M48.7	Bool	

Réseau 47 : etat de fonctionnement de ventilateur de circulation N°01



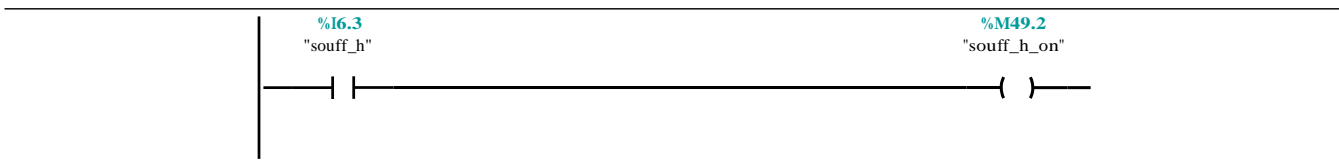
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"fan_h_01"	%I6.4	Bool	
"fan_h_on1"	%M49.0	Bool	

Réseau 48 : etat de fonctionnement de ventilateur de circulation N°02



Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"fan_h_02"	%I6.5	Bool	
"fan_h_on2"	%M49.1	Bool	

Réseau 49 : etat de fonctionnement de soufflerie d'air



Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"souff_h"	%I6.3	Bool	
"souff_h_on"	%M49.2	Bool	

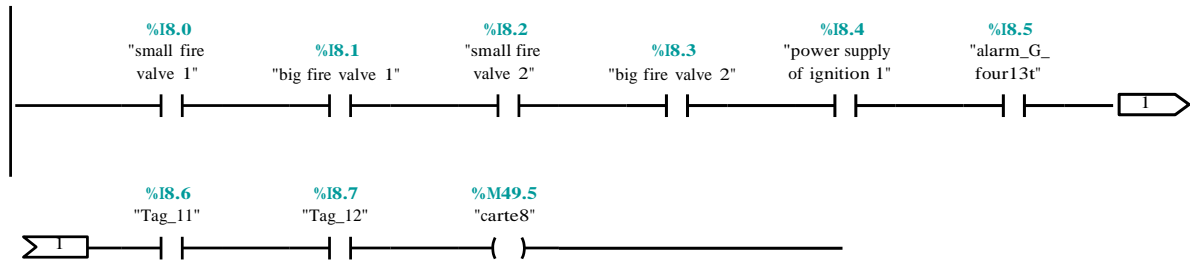
Réseau 50 : les entrées de four 20T

--	--	--

ANNEXE-5 : Programme source de l'Automate ET200S.

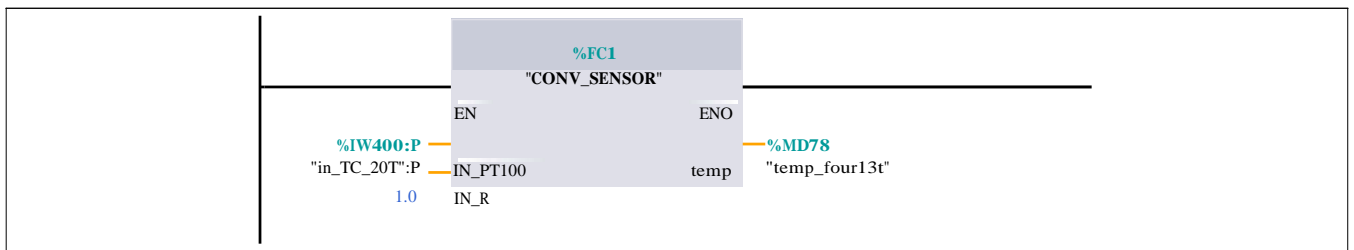
Totally Integrated
Automation Portal

Réseau 50 : les entrées de four 20T



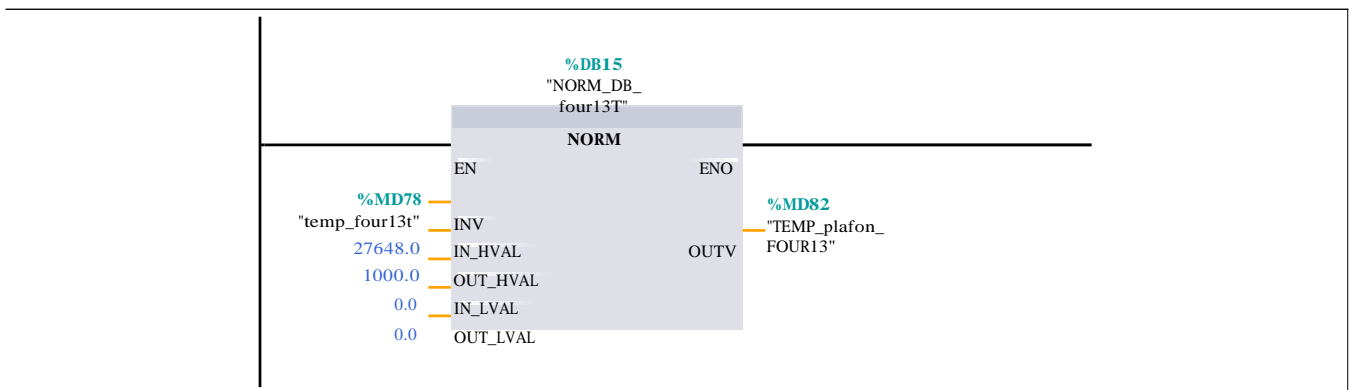
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"alarm_G_four13t"	%I8.5	Bool	
"big fire valve 1"	%I8.1	Bool	
"big fire valve 2"	%I8.3	Bool	
"carte8"		%M49.5	
Bool "power supply of ignition 1"		%I8.4	
"small fire valve 1"	%I8.0	Bool	
"small fire valve 2"	%I8.2	Bool	
"Tag_11"	%I8.6	Bool	
"Tag_12"	%I8.7	Bool	

Réseau 51 : mesure de la temperature de PLAFONT FOUR 13 T



Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"in_TC_20T":P	%IW400:P	Int	
"temp_four13t"	%MD78	Real	

Réseau 52 : calcul et normalisation de temperature FOUR 13 T



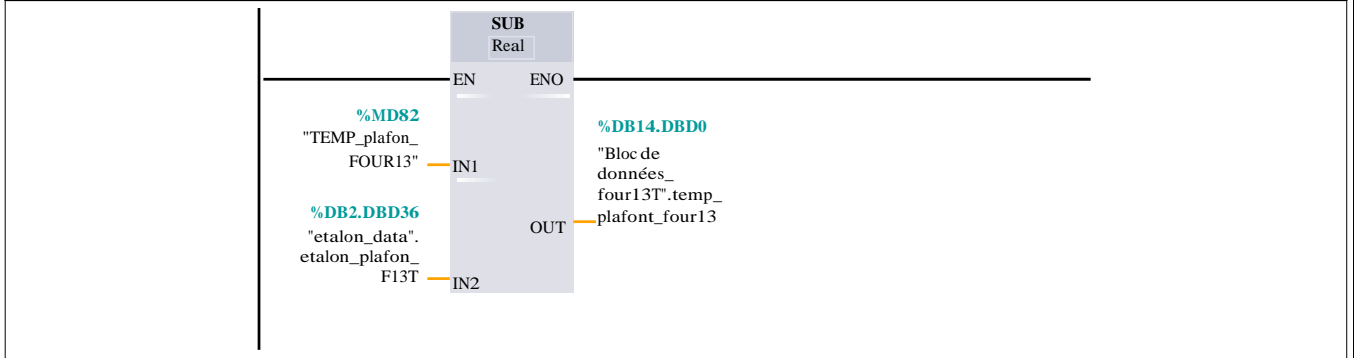
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"temp_four13t"	%MD78	Real	

ANNEXE-5 : Programme source de l'Automate ET200S.

Totally Integrated
Automation Portal

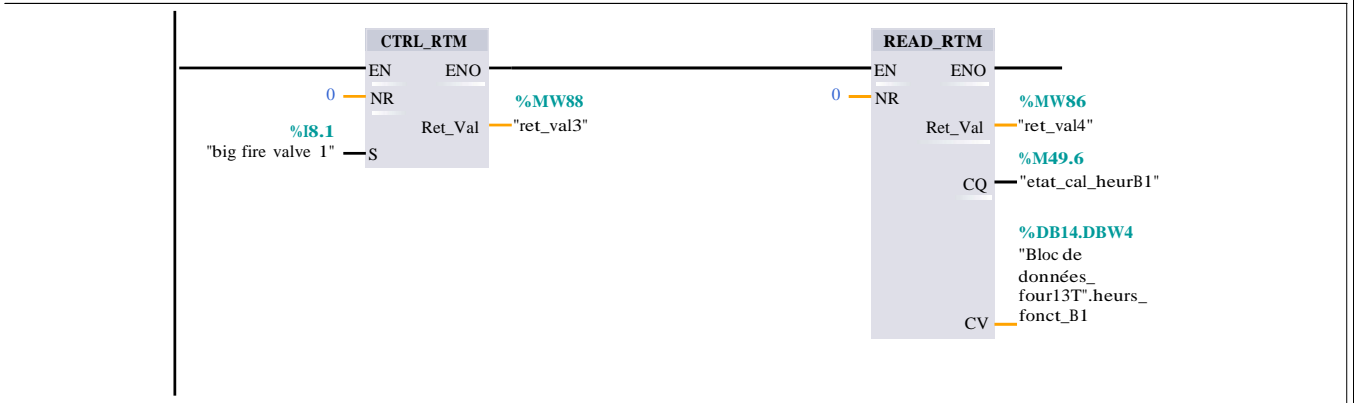
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"TEMP_plafon_FOUR13"	%MD82	Real	

Réseau 53 : etalonnage_temperature plafond FOUR 13T



Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"Bloc de données_four13T".temp_plafont_four13	-%DB14.DBD0	Real	
"etalon_data".etalon_plafon_F13T	%DB2.DBD36	Real	
"TEMP_plafon_FOUR13"	%MD82	Real	

Réseau 54 : heur fonctionnement Bruleur N°01 FOUR 13T



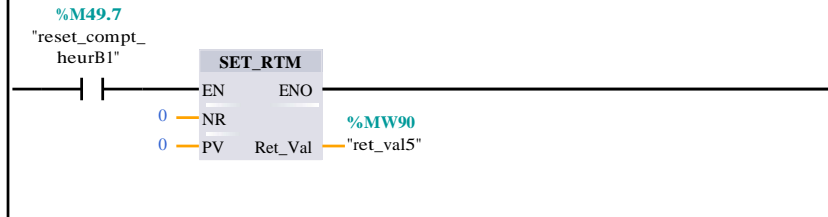
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"big fire valve 1"	%I8.1	Bool	
"Bloc de données_four13T".heurs_fonct_B1	-%DB14.DBW4	Int	
"etat_cal_heurB1"	%M49.6	Bool	
"ret_val3"	%MW88	Int	
"ret_val4"	%MW86	Int	

Réseau 55 : RESET heur fonctionnement Bruleur N°01 FOUR 13T

--	--	--

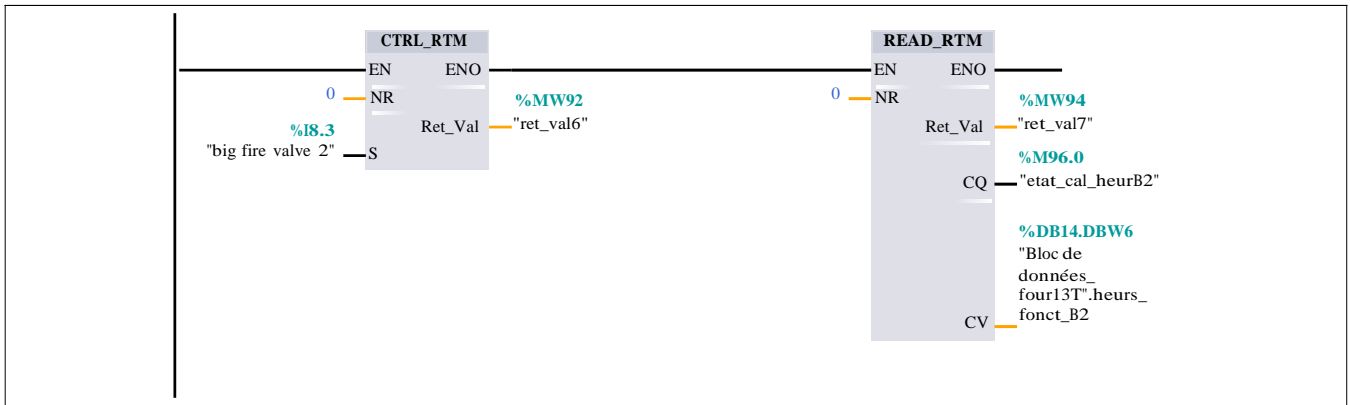
ANNEXE-5 : Programme source de l'Automate ET200S.

Totally Integrated
Automation Portal



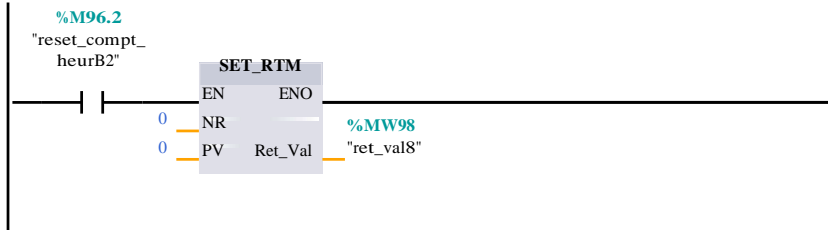
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"reset_compt_heurB1"	%M49.7	Bool	
"ret_val5"	%MW90	Int	

Réseau 56 : heur fonctionnement Bruleur N°02 FOUR 13T



Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"big fire valve 2"	%I8.3	Bool	
"Bloc de données_four13T.heurs_fonct_B2"	%DB14.DBW6	Int	
"etat_cal_heurB2"	%M96.0	Bool	
"ret_val6"	%MW92	Int	
"ret_val7"	%MW94	Int	

Réseau 57 : RESET heur fonctionnement Bruleur N°02 FOUR 13T

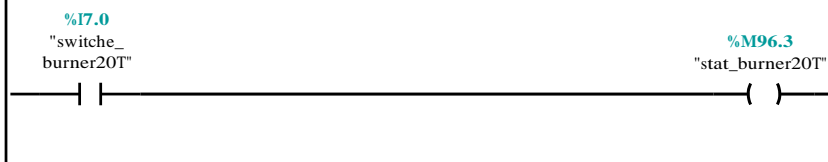


Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"reset_compt_heurB2"	%M96.2	Bool	
"ret_val8"	%MW98	Int	

Réseau 58 : commutateur on/off BRULEUR

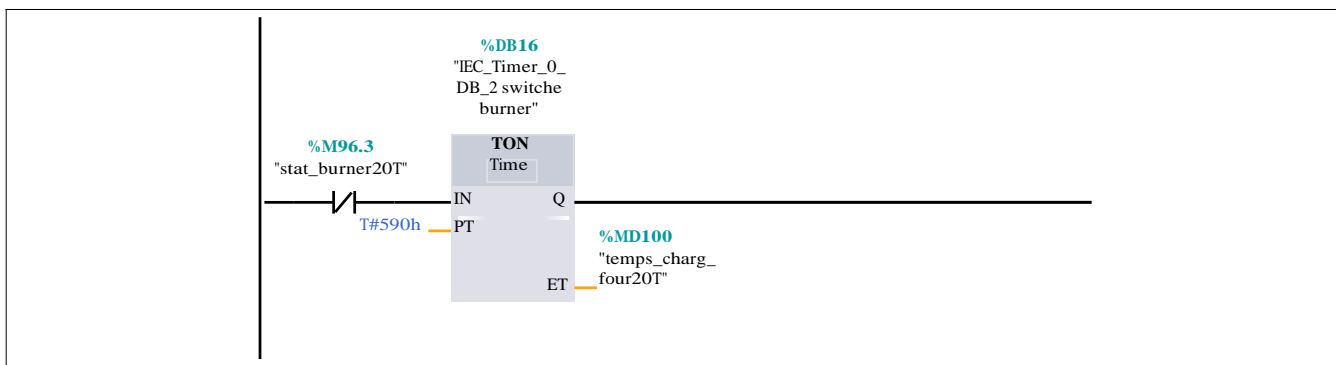
ANNEXE-5 : Programme source de l'Automate ET200S.

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--



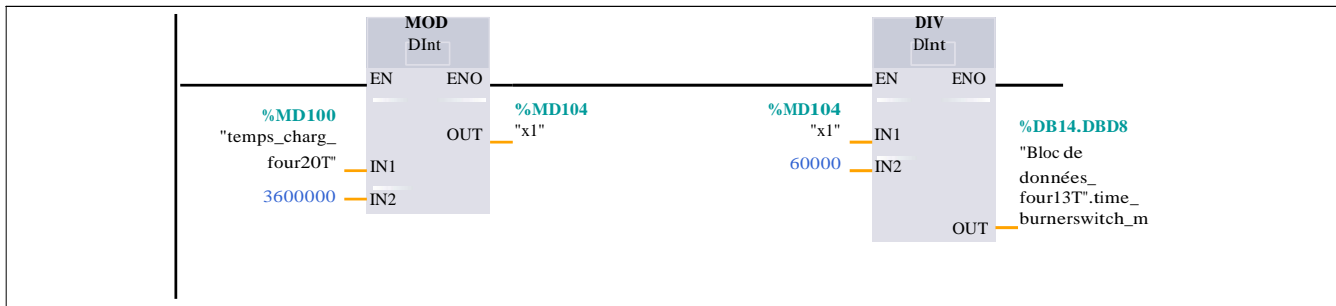
Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"stat_burner20T"	%M96.3	Bool	
"switche_burner20T"	%I7.0	Bool	

Réseau 59 : calcul de temps de BRULEUR ON/OFF



Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"stat_burner20T"	%M96.3	Bool	
"temps_charg_four20T"	%MD100	Time	

Réseau 60 : temps de BRULEUR ON/OFF EN MINUTES



Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire
"Bloc de données_four13T.time_burnerswitch_m"	-%DB14.DBD8		
"temps_charg_four20T"	%MD100	Time	
"x1"	%MD104	Time	

Réseau 61 : Appeler le bloc de diagnostic système

0001 CALL "RSE_FB" , "RSE_DB"

Mnémonique	Adresse	Type	Commentaire

ملخص

في هذا المشروع نقترح تصميم نظري وإنشاء العملي لواجهة صناعية لمراقبة العملية الحقيقية لإعادة صهر الألمنيوم. المشروع ينقسم إلى ثلاثة أجزاء:

- ملخص عن عملية صهر الألمنيوم،
- عرض الأدوات والبرامج المستعملة،
- انجاز الواجهة واستعمالها،

يقوم **PLC** المستخدم بنقل البيانات من أجهزة الاستشعار إلى الكمبيوتر وعرضها.

كلمات مفتاحية: واجهة انسان- آلة، العمليات الصناعية، برنامج **TIA portal**، تحكم صناعي **ET200S**.

RESUME

Dans ce projet nous proposons la conception théorique et pratique d'une interface pour l'observation de processus réel de la refonte d'aluminium. Ce dernier qui est partagé en trois parties :

- Présentation de processus,
- Présentation de l'outil matériels et logiciels,
- Réalisation pratique de l'interface,

L'automate utilisé fait le transfert des données des capteurs à l'ordinateur et les visualiser.

Mots clés : Interface IHM, Processus industriel, Logiciel TIA portal, Automate ET200S.

ABSTRACT

In this project we propose the theoretical and practical design of an interface for the observation of real process of the aluminum melting. This project, which is divided in three parts:

- Presentation of process,
- Presentation of the materials and software used,
- Practices realization of HMI,

The PLC used makes the transfer of the data of the sensors to the computer and visualized.

Key words: HMI, Industrial process, TIA portal software, ET200S PLC.