

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU

FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET INFORMATIQUE

DEPARTEMENT AUTOMATIQUE



MEMOIRE DE FIN EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN AUTOMATIQUE

Pour Thème

Automatisation du four de chauffe 1000Kg/h au centre forge de la SNVI

Proposé par : Mr NEMLA

(SNVI)

Dirigé par : Mr M. ZAOUIA

DEPARTEMENT ELECTROTECHNIQUE

Présenté par :

ARABI Sid-Ali

PROMOTION 2008.

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU

FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET INFORMATIQUE

DEPARTEMENT AUTOMATIQUE



SNVI .DVI -ROUIBA



MEMOIRE DE FIN EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN AUTOMATIQUE

Pour Thème :

Automatisation du four de chauffe 1000Kg/h au centre forge de la SNVI

Proposé par : Mr NEMLA

(SNVI)

Dirigé par : Mr M ZAOUIA

DEPARTEMENT ELECTROTECHNIQUE

Présenté par :

ARABI Sid-Ali

PROMOTION 2008..

REMERCIEMENTS

Je remercie le tout puissant, clément et miséricordieux.

Une profonde gratitude s'adresse à tous ceux qui m'ont permis d'effectuer mon stage à la SNVI
Je remercie Mr Ouhada, Mr Bouzouagh, Mr Tabti.

Je remercie également ceux qui m'ont appris et fait découvrir le monde industriel, mes co-promoteurs Mr Nemla et Mme Hamdaoui, une pensée à Mr Gaouaoui, Mr Ben Bordi, Mr Hadj Ali, Mr Belhadi et au personnel de la SNVI, à ceux qui étaient disponibles et présents lorsque en un moment ou un autre j'ai eu besoin d'être éclairé.

Une profonde reconnaissance à Mr Zaouia, mon promoteur du département Electrotechnique, sans oublier également Mr Charif qui m'en me fait profiter de leur expérience.

Mes respects pour les membres de jury qui accepterons de corriger cette thèse.

DEDICACES

A la prunelle de mes yeux, celle à qui je dois tout, que je ne pourrais remercier assez, qui à toujours était là, depuis qu'elle me mit au monde.

A mon père à qui je serai reconnaissant.

A mes deux frères Firas et Anes que j'aime particulièrement.

Mon travail sera dédié aux familles, Fredj, El Houcine, Hamrène, Bouzzar, Tafat et toute la famille Arabi.

Tous mes Amis, Sofiane, Mounir, Hssissou, Toufik, Sofiane, Moufida, Massi, Khaled, Jo, Yo,

Une pensée à la lute syndicale à Tizi ouzou, qui permit l'instauration de la réflexion à l'université.

“...in fact, nothing short of a miracle that the modern methods of instruction have not yet entirely strangled the holy curiosity of inquiry; for this delicate little plant, aside from stimulation, stands mainly in need of freedom...”

A. Einstein

Une dédicace particulière à Samou, qui sans elle ce travail ne serai pas effectué, qui m'a soutenu et aidé en moyens morales et materielles.

Sommaire

Introduction générale.....	3
Chapitre I	Présentation de la S.N.V.I
I.1 PRESENTATION GENERALE DE LA S.N.V.I.....	5
I.1.1 Historique :.....	5
I.1.2 Organisation de l'entreprise :.....	5
I.1.3 Organigramme de la DVI.....	6
I.2 Présentation du centre forge.....	7
Chapitre II	Présentation du fonctionnement du four de chauffe de la SNVI
II.1 Introduction.....	10
II.2.1 Principe de fonctionnement du four de chauffe 1000 Kg/h.....	10
II.2.2 Constituant et structure du four.....	11
II.3 Partie électrique.....	13
II.3.1 Circuit électrique.....	13
II.3.2 Mécanisme porte.....	14
II.3.3 Mise en fonctionnement du moto-ventilateur.....	14
II.3.4 Alimentation des veilleuses.....	14
II.3.5 Alimentation des bougies.....	14
II.3.6 Régulateurs REG.1, REG.2.....	15
II.4 <i>Partie pneumatique</i>	16
II.4.1 Commande porte.....	16
II.4.2 Alimentation des brûleurs.....	17
II.4.3 Circuit Gaz :.....	17
II.5 <i>Partie Mécanique</i>	18
II.5.1 Transmission commande porte.....	18
II.5.2 Description de la chaîne cinématique.....	19
II.6 Partie combustion.....	20
II.6.1 Combustion et combustible.....	20
II.6.2 Le combustible gazeux.....	20
II.6.3 Pouvoir calorifique.....	20
II.6.4 Combustion.....	20
II.6.5 Dispositif.....	21

II. 7	Partie régulation	23
II. 7.1	La régulation du four de chauffe 1000Kg/h.....	23
II. 7.2	La boucle de régulation de température.....	24
II. 7.3	Fonction de transfert du système	25
II. 7.4	Régulation présente dans le four de chauffe de notre centre forge	26
II. 7.5	Circuit électrique du régulateur.....	27
II. 7.6	Régulateur PID.....	27
II. 7.7	Pompage limite	29
II. 7.8	Recherche des paramètres du PID pour le four de chauffe :.....	30
II. 8	Conclusion.....	34
Chapitre III		
	Modélisation du cycle d'allumage Par GRAFCET	
III. 1	Introduction.....	36
III. 2	Définir le GRAFCET	36
III. 2.1	<i>Histoire du GRAFCET</i>	36
III. 2.2	<i>Dans l'industrie</i>	36
III. 3	Description de la représentation du GRAFCET.....	37
III. 3.1	Etape initiale.....	37
III. 3.2	Actions associées à l'étape	37
III. 3.3	Niveau d'un GRAFCET	38
III. 4	Modéliser notre allumage du four par GRAFCET niveau 2.....	39
III. 5	Conclusion.....	40
Chapitre IV		
	Automate programmable S7-300 et sa programmation à l'aide Step7	
IV. 1	Introduction	45
IV. 2	Choix de l'automate.....	45
IV. 3	Le SIMATIC S7-300.....	47
IV. 3.1	Configuration matérielle.....	47
IV. 3.2	Gamme des CPU.....	47
IV. 3.3	Le commutateur de mode indique :.....	48
IV. 3.4	Microcarte mémoire MMC.....	48
IV. 3.5	Gamme de modules.....	48
IV. 4	Programmation de l'automate à l'aide du Step7	51
IV. 4.1	Comment configurer le projet ?	51
IV. 4.2	Comment écrire un programme sur l'automate ?	54
IV. 5	Programmer Le bloc de Régulation de Température.....	55

<i>IV.5.1 Blocs utilisateurs</i>	55
<i>IV.5.2 Le FB58 " TCONT_CP'</i>	56
IV.5.3 Conclusion.....	60

Chapitre V

Visualisation de la température du four de chauffe

V.1 Introduction.....	62
V.2 Présentation du WinCC flexible	62
V.3 SIMATIC TP 170A	65
V.4 <i>Mode Opérateur de l'application de visualisation de la température du four</i>	67
V.4.1 Le HMI (Humain Machine Interface).....	67
V.4.2 La CPU : la CPU 314C-2DP est l'élément clé de l'application.	68
V.4.3 Les fenêtres d'affichage du TP170A.....	68
V.4.4 Architecture de programmation.....	69
V.4.5 Lecture de la valeur de mesure.....	71
V.5 Canne pyrométrique	72
V.5.1 Construction du thermocouple.....	72
V.5.2 Principe de mesure des thermocouples	72
V.5.3 Les différents types de thermocouples	73
V.5.4 <i>Mode de fonctionnement</i>	73
V.6 Transmetteur "SISTRANS TK/TK-H"	76
V.6.1 Mode opératoire du transmetteur.....	76
V.6.2 Câblage du transmetteur.....	76
V.6.3 Configuration du transmetteur.....	77
V.6.4 Programmation à l'aide du WinCC flexible.....	79
V.7 Conclusion	80

Chapitre VI

Proposition d'une conception pour charger et décharger les pièces

VI.1 Introduction	82
VI.2 Description.....	82
VI.3 Cycle de fonctionnement.....	85
VI.4 Modélisation du la conception par GRAFCET (niveau 2) :.....	86
VI.6 Conclusion.....	89
Conclusion générale.....	90

Introduction générale

Parce que la mission d'un ingénieur est de trouver la solution aux problèmes industriels et par esprit de nationalisme je choisis pour clore ma formation pédagogique de m'approcher de la SNVI, qui durant ces cinq dernières années déposa bilan négative, faillit fermer ce qui a été durant plus d'une génération, une fierté nationale, une source de revenu pour l'état et pour de milliers de foyers, nous essaierons dans ce travail de mettre un point sur l'état d'un des bâtiments qui contribuera à la chaîne principale de la construction des produits de la SNVI, il se placera au début de l'échelle, là où la matière sera traitée à l'état brut, nous travaillerons au centre forge.

Le centre forge au sein de la DVI, observe depuis 1999 une dégradation importante de la fumisterie et la briqueterie des fours de chauffe, d'une croissance que le centre n'a pas auparavant noté depuis la création de la société mère, l'éventualité de péremption du produit est à écarté, une étude de la question a été établie qu'une mauvaise gestion des matériaux réfractaires et la gestion des matériaux et leurs qualités a fait objet lors des années 1999-2003, au moment où la société passait par une période critique, où les fours ont été utilisés, sans tenir compte des consignes d'utilisation.

L'étude stipule qu'une mauvaise préparation de la matière concernant la reconstruction du four peut être à l'origine de la dégradation, donc la préparation du béton n'aurait pas respecté les normes du constructeur, ceci peut être ne serait en quantité d'eau ajoutée, qui dans ce cas provoque un frittage du béton entre les briques ou un décollage en bloc par effet de l'élévation de la température, l'isolation de la porte fait partie de la mauvaise construction, le contact en température élevée de la porte entraînera un éclatement du béton puis fissuration de la porte.

En outre on citera que les matières achetées sont généralement parvenues de firmes étrangères reconnues par leur renommées sur la scène mondiale qui ne leur permettrait pas un défaut de qualité que la S.N.V.I ne lésinerait pas elle aussi sur la matière achetée qui assurera la garantie et l'endurance des productions.

Le travail qui sera effectué se portera sur l'automatisation des fours de la forge en modifiant la régulation présente, pour palier au problème de détérioration de la fumisterie, du fait que la manipulation de la régulation au centre de forge se fait d'une manière aléatoire, ce qui nuit à la fois au four et en qualité de pièces à forger, l'élévation de température peut avoisiner ou dépasser la température maximale dont les matières réfractaires constituant le four ne pourraient supporter, sans oublier aussi que les fours ne possèdent aucune sécurité en temps actuel.

Le but final est de centraliser les fours de chauffe, que nous traitons individuellement puis nous généraliserons nos résultats pour des fours de même types et même caractéristiques, à travers cette étude nous leverons le voile sur les aléas de l'industrie locale et nous répondrons à la fois aux exigences de célérité de l'évolution de la technologie à savoir dans notre domaine encore fertile "l'automatisme" et aux ambiguïtés de l'application des notions théoriques dans le domaine pratique.

- Dans un premier temps, on modélisera par un GRAFCET le mode d'allumage du four qui est présent en technologie câblée, en vue de le transformer en technologie programmée.
- En suite, on choisira un automate à la fois économique et adéquat au cahier de charge de la centralisation des fours.
- Il faut aussi, chercher une solution pour la régulation, qui doit être soit en gardant les régulateurs MINICOR présents ou bien choisir un automate qui l'assurera.
- Pour faciliter la manipulation centralisée il nous faut trouver une solution pour visualiser le processus en temps réel, afin d'intervenir face à tout problème.
- Et enfin, on proposera une conception automatisée, pour charger et décharger les pièces dans le four.

Chapitre I

Présentation de la S.N.V.I

I.1 PRESENTATION GENERALE DE LA S.N.V.I

I.1.1 Historique :

La **S.N.V.I** (Société Nationale de Véhicules Industriels) à été créée sous le sigle **SONACOME** en 1967, dix ans auparavant (juin 57) fut implanté par la société française BERLIET "Usine de montage de véhicule poids lourd", puis transformé en société mixte par participation Algérienne de 40% en 1964, la SONACOME regroupait 11 entreprises qui devenait autonome en 1980, C'est en juillet 81 qu'elle fut nommée SNVI.



Société Nationale de Véhicules Industriel

Des mai 95, la **S.N.V.I** change de statut pour être une société par actions au capital social de **2,2 milliards** de dinars, suivant le mécanisme décrit par le décret législatif n° **93.08** du **25.04.1993** et les dispositions réglementaires particulières applicable à l'entreprise Publique Economique. Elle siège à Rouiba - Alger- RN5, BP : 153.

I.1.2 Organisation de l'entreprise :

Depuis décembre 2000, on parle de la réorganisation de l'entreprise en **S.N.V.I- DVI** qui est une unité de production de véhicules industriels (Camions, cars, bus, minicars, minibus). Regroupant six bâtiments de productions dont trois affectés à l'usinage et trois autres au montage.

I.1.2.a Centres de production d'usinages

- Mécanique (ME).
- Forge (FO).
- Département réalisation outillages (DRO).

I.1.2.b Centres de production du montage et leurs activités

- Tôlerie emboutissage (TE).
- Montage camions (MC).
- Montage autobus (MA).

La DVI compte en novembre 2002, 3433 employés, dont 225 cadres, 354 maitrises et 2648 exécutants.

I.1.3 Organigramme de la DVI

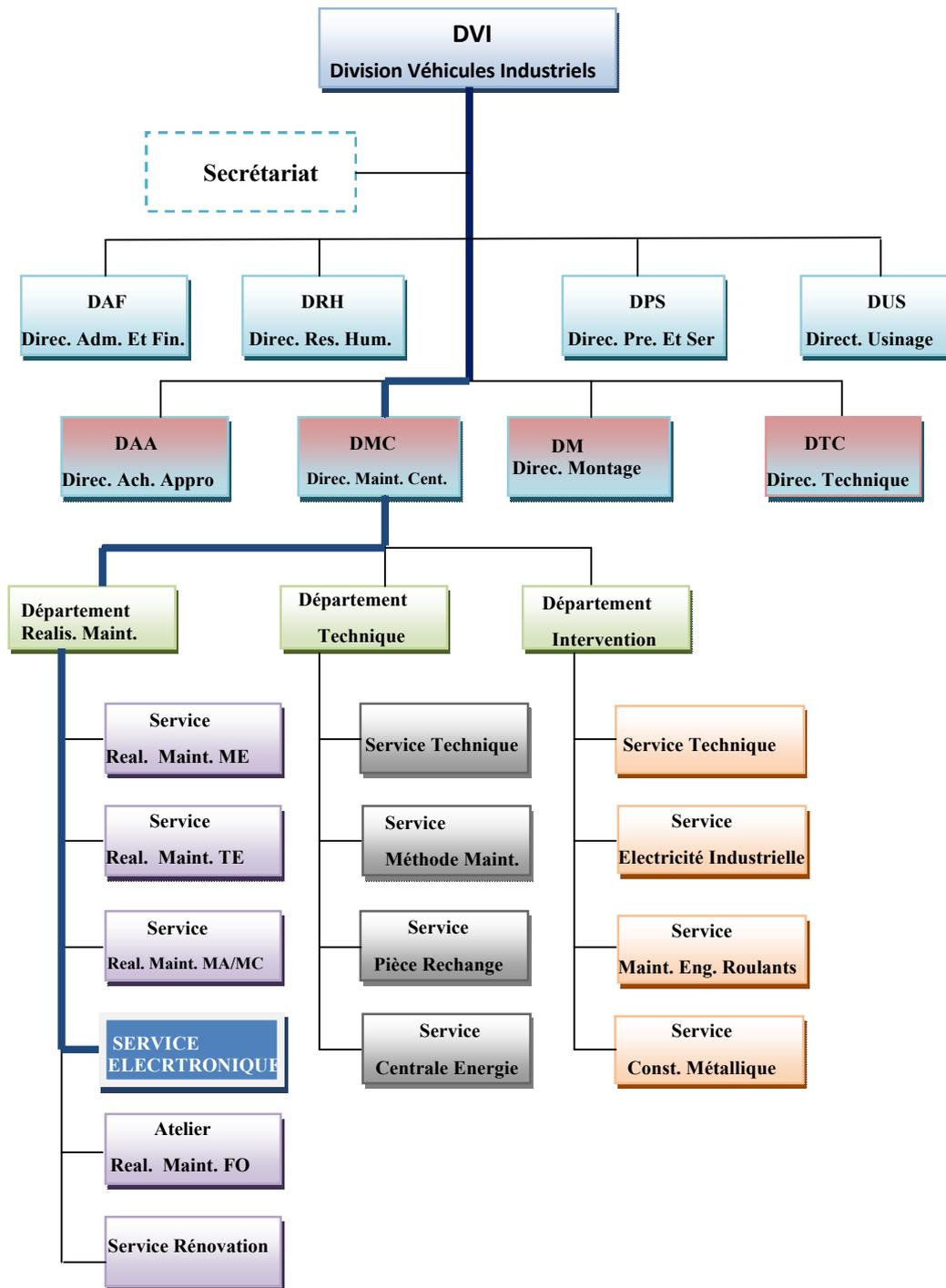


Figure I : Organigramme de la DVI

- **Légende :**

-  : Chemin de l'étude.
-  : Cadre de l'étude.

I.2 Présentation du centre forge

I.2.1 Production du centre

Ce centre occupe une superficie de 1200 m² couverte, sa capacité en production est de l'ordre de 4550 véhicules équivalent à une mise en œuvre d'environ 3000 t/année d'acier de différentes nuances.

Ce centre produit :

- Arbres de transmissions.
- Essieux.
- Coulisseaux.
- Fourchette de boîte à vitesse.
- Fumée.
- Leviers.
- Arbres de roue.



Centre Forge

I.2.2 Equipements le bâtiment compte 68 machines et installations dont cinq marteaux pilons allant de 1.31t à 9.5t de masse tombante, il est disponible aussi pour cela un atelier outillage pour la conception, la fabrication et la réparation de matrices du marteau pilon.

I.2.3 Rôle de la forge le centre à pour vocation principale la fabrication de pièces brutes destinées à l'usinage et moulage, pour la fabrication des véhicule industriels par la technique de transformation des métaux à chaud.

I.2.4 Technologie l'estampage est l'opération qui consiste à chauffer le métal à une température qui le maintien dans un état suffisamment malléable pour qu'il puisse être déformé par le choc ou par pression.

I.2.5 Le centre estampage possède :

- 5 marteaux pilons, (2 pour 1,31t, 1 de 2,3t, 5,5 et 9,5 pour les grandes pièces tel que les essieux)
- 2 machines à forge horizontales et verticales de 600t.
- 13 fours de chauffe à gaz d'une capacité de 600 à 1000kg/h.
- 5 presses hydrauliques.

Après estampage la pièce passe vers un travail de finition qui consiste au débitage pour la nettoyer de tous résidus tel que la calamite puis un traitement thermique et enfin le contrôle qui l'envoie vers le bâtiment mécanique pour l'usinage.

I.2.6 Présentation et diagnostique des fours présent au centre Forge :**I.2.6.a Four 600 Kg/h**

C01060 Four de chauffe 600 Kg/h, Marque : CFI, Type : Dormant, Date de mise en service : 17/07/74.

C01061 Four de chauffe 600 Kg/h, Marque : CFI, Type : Dormant, Date de mise en service : 22/01/75.

C01061 Four de chauffe 600 Kg/h, Marque : CFI, Type : Dormant, Date de mise en service : 17/07/74.

C01063 Four de chauffe 600 Kg/h, Marque : CFI, Type : Dormant, Date de mise en service : 17/07/74.

C01064 Four de chauffe 600 Kg/h, Marque : CFI, Type : Dormant, Date de mise en service : 17/07/74.

L00186 Four de chauffe 600 Kg/h, Marque : CFI, Type : Dormant, Date de mise en service : 22/01/75.

L00187 Four de chauffe 600 Kg/h, Marque : CFI, Type : Dormant, Date de mise en service : 22/01/75.

I.2.6.a.1 Diagnostic, partie régulation

Régulateur MANICOR obsolète (un régulateur en fonctionnement pour deux fours)

Une zone de chauffe.

Réglette manquante.

Pas de sécurité.

I.2.6.a.2 Diagnostic, matériel

Fumisterie à rénover,

Porte en bonne état.

Etanchéité en état médiocre.

Protection à changer (fusibles).

Turbine d'air combustion à changer.

I.2.6.b Four 1000 Kg/h

L00271/A Four de chauffe 1000 Kg/h, Marque : CFI, Type : Dormant, Date de mise en service : 11/07/75.

L00271/B Four de chauffe 1000 Kg/h, Marque : CFI, Type : Dormant, Date de mise en service : 11/07/75.

L00184/A Four de chauffe 1000 Kg/h, Marque : CFI, Type : Dormant, Date de mise en service : 20/01/75.

L00184/B Four de chauffe 1000 Kg/h, Marque : CFI, Type : Dormant, Date de mise en service : 20/01/75.

I.2.6.b.1 Diagnostic, partie régulation

Deux régulateurs MINICOR obsolètes.

Deux couples S.

Deux zones de chauffe.

Réglettes manquante, Pas de sécurité.

I.2.6.b.2 Diagnostic, matériel

Fumisterie à rénover,

Porte à changer.

Etanchéité en bonne état.

Protection à changer (fusibles).

Turbine d'air combustion à changer.

Chapitre II

Présentation du fonctionnement du four de chauffe de la SNVI

II.1 Introduction

L'activité de forgeron est apparue en même temps que la découverte du travail des métaux, environ 5 000 ans av. J.-C. ; elle est devenue un métier à part entière à mesure que les peuples exprimèrent leur besoin d'avoir des objets plus résistants et aux usages variés (armes, parties mécaniques, grilles, clefs, bijoux, etc).

La Forge est le lieu où travail le forgeron. Le Forgeage est le terme pour désigner le travail du métal à chaud par l'utilisation d'un marteau, une forge classique contient un foyer pour chauffer le métal (principalement le fer et l'acier) à une température où le métal devient malléable (traditionnellement rouge vif), où à une température où l'érouissage cesse de s'accumuler. Elle contient également une enclume (qui sert de support à la pièce métallique tandis qu'elle est martelée), et un baquet d'eau (pour refroidir rapidement, et donc durcir, la pièce forgée). Les outils à la disposition du forgeron sont les pinces, pour tenir le métal chaud, et le marteau pour travailler le métal, une fois que la forme finale a été obtenue, le fer ou l'acier subissent souvent certains types de traitements thermiques. Cette dernière étape permet de contrôler le durcissement ou l'adoucissement de la pièce suivant les détails du traitement,



De nos temps cette activité à évoluée, et n'est plus ce qu'elle à été, la technologie à donné une autre forme au forgeage.

L'étude technologique dans ce mémoire portera sur l'état de fonctionnement du four de chauffe 1000 Kg, ce choix est établi sur son importance sur le plan constitution, présence de deux cellules, et sur le plan volume et capacité, donc cette étude consiste à étudier toutes les parties constituant l'équipement ainsi que les différents circuits énergétiques qui le commandent.

II.2.1 Principe de fonctionnement du four de chauffe 1000 Kg/h

Le fonctionnement du four se caractérise par l'alimentation en air et gaz des bruleurs contribuant à l'élévation de la température pour le chauffage des pièces destinées au forgeage. [1,3]

Cette opération de chauffe se réalise par l'alimentation des bruleurs en :

arrivée air : par l'intermédiaire d'un moto-ventilateur d'un débit de 1280 m³ /h, donnant lieu à un air comprimé de 6 bar et dont le réglage se fait par une vanne motorisée commandée elle aussi par un régulateur pyrométrique.

arrivée gaz : par l'ouverture de la vanne principale d'arrivée gaz, en passant par la suite par un détendeur puis un régulateur de proportion d'air qui ne permettra le passage du gaz qu'à certaine proportion d'air, constituant ainsi un genre de pilotage permettant à la membrane d'ouvrir le circuit et enfin d'arriver au limiteur de débit pour atteindre enfin de compte le bruleur, ce dernier ne peut fonctionner malgré la présence de l'air et du gaz en son niveau que par mise en action des veilleuses.

Ces veilleuses sont alimentées au contraire des bruleurs par un mélange préalable d'air/gaz, ayant lieu dans un mélangeur spécifique, une fois ce mélange arrivé aux veilleuses l'allumage se fait par des bougies alimentées par des transformateurs de (5000 Volts), donnant lieu à l'existence d'étincelles à leur niveau provoquant ainsi l'allumage des veilleuses.

Une fois les conditions réunies : l'allumage veilleuses et présence air/gaz, l'allumage des bruleurs aura lieu.

II.2.2 Constituant et structure du four

Le four de chauffe est en effet constitué de deux parties essentielles :

- Structure.
- Equipement.

II.2.2 .a Structure Ayant une forme d'un parallépipède, le four 1000 Kg/h, se distingue dans sa construction par la décomposition suivante :

- Tôlerie.
- Fumisterie.
- Cheminée d'évacuation.

- *La carcasse* est constituée de tôle soudée en forme parallépipède protégeant la brique et le béton réfractaire contre la casse.

- *La fumisterie* est réalisée à l'intérieur par :

- Un isolant réfractaire de faible densité.
- Doublé de canaux calorifuges, limitant au minimum les pertes calorifiques afin de maintenir une température homogène.

-Le rôle essentiel des *cheminées* se caractérise par l'évacuation des poussières d'oxydes, les vapeurs d'huile ainsi que la chaleur pour éviter sa propagation sur les lieux de travail selon une conduite d'évacuation prévu dans ce sens.

II.2.2.b Equipement deux circuits sont présents :

b - Circuit électrique : Le circuit permet la commande de la porte du four ainsi que la commande des organes faisant partie du système de régulation permettant le fonctionnement normal du four.

a - Circuit pneumatique : constitué de deux parties :

-air : Cette partie a pour rôle d'alimenter les brûleurs par l'intermédiaire d'un moto-ventilateur et permet aussi la commande de l'ouverture et l'ouverture de la porte par un vérin.

-Gaz : le circuit gaz permet l'alimentation des brûleurs et des veilleuses afin de permettre l'allumage des brûleurs par le mélange air/gaz.

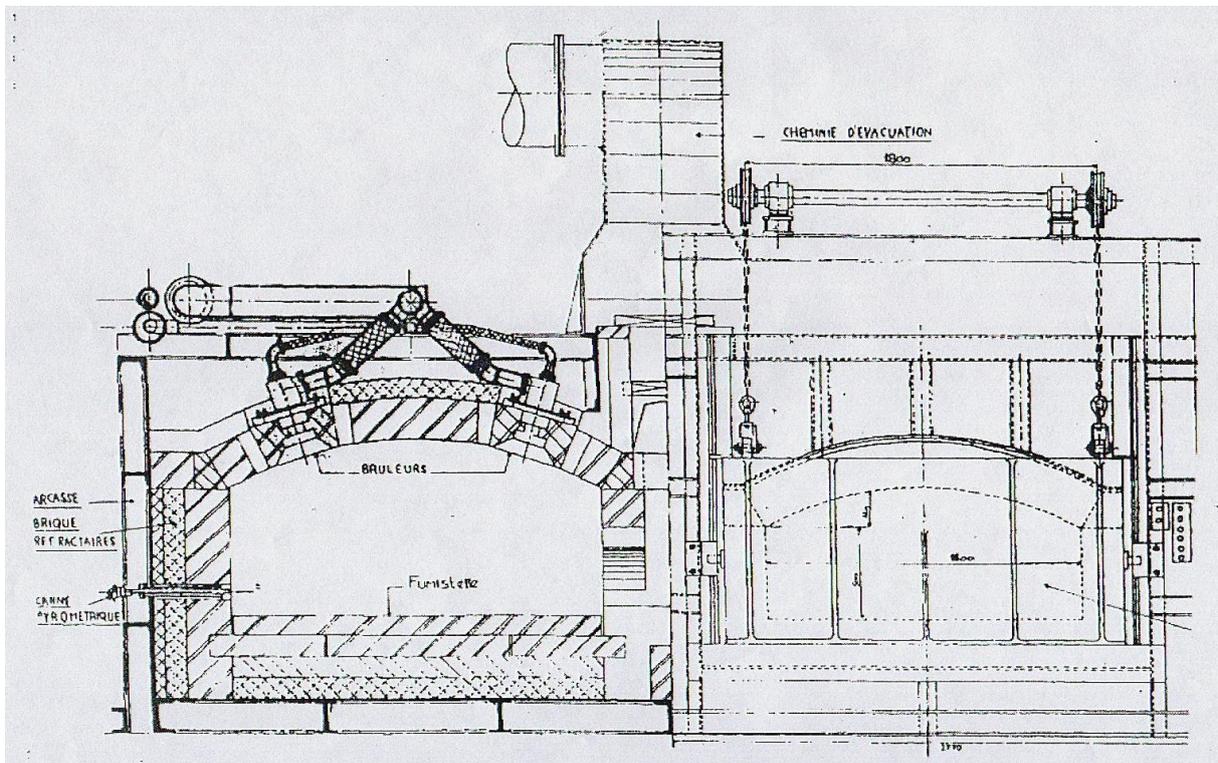


Figure II.1 : Schémas vue de plan du four de chauffe 1000 Kg/h

II.3 Partie électrique

II.3.1 Circuit électrique

Le circuit électrique présenté dans la figure II.2 assure l’allumage des bruleurs du four de chauffe ainsi que l’ouverture et la fermeture de la porte, nous expliquerons dans ce qui suit le mode opératoire.

Par mesure de sécurité, avant la mise en fonctionnement du four, il est obligatoire d’ouvrir la porte afin d’éviter le risque d’explosion, lors de la mise sous tension par fermeture manuelle du sélectionneur, la lampe

L1
s’all
um
e.
(Fig
II.2 :
ligne
1)
[1,2,
3]

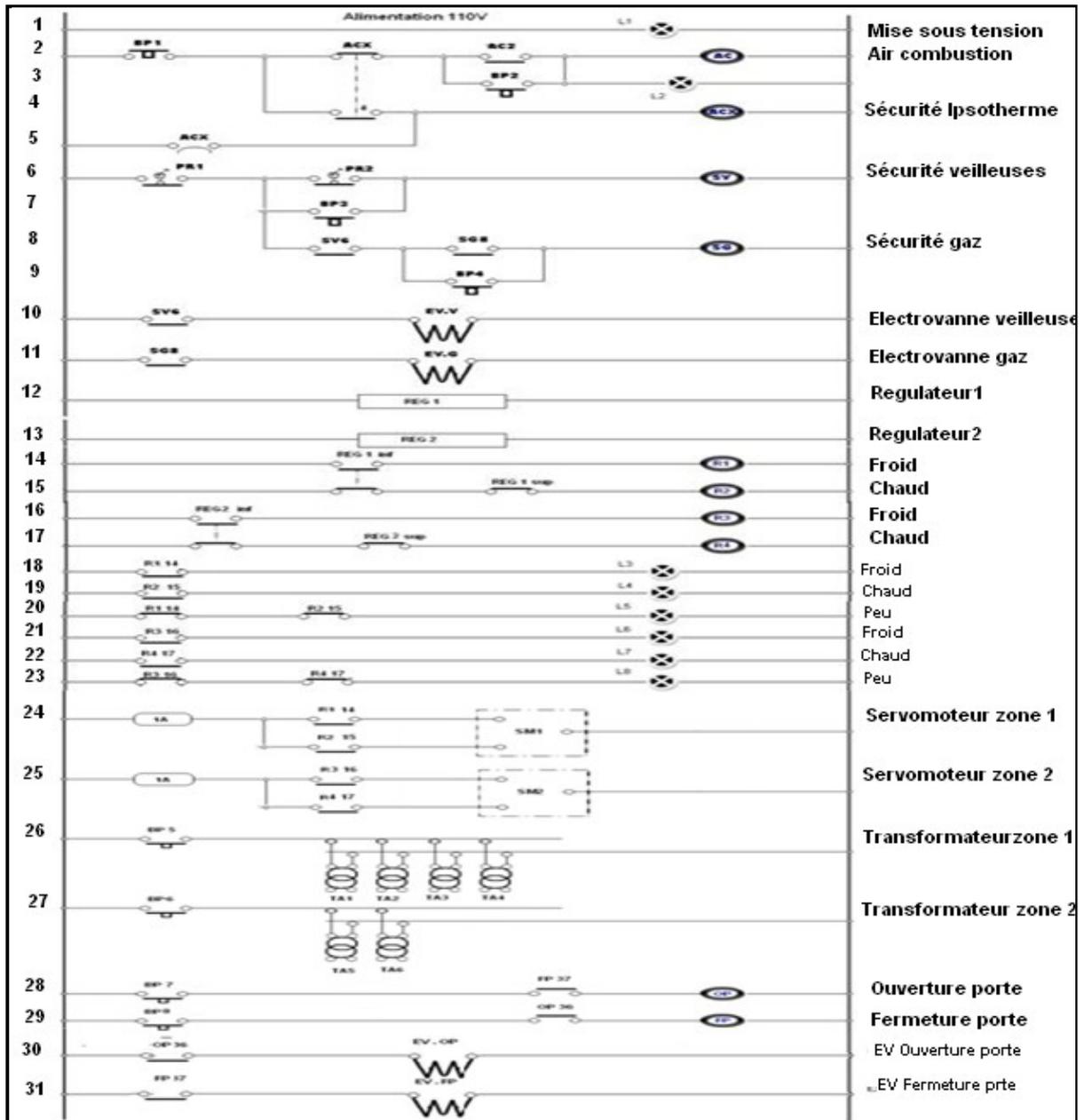


Figure II.2 : Circuit électrique d'allumage des bruleurs et ouverture de porte

II.3.2 Mécanisme porte

L'ouverture de la porte s'effectue comme suit :

- On actionne le BP7, la bobine du contacteur OP s'excite. (Fig II.2 : ligne 28)
- le contact d'ouverture OP(36) se ferme.
- La bobine de l'électrovanne OP s'excite, donc la porte s'ouvre. (Fig II.2 : ligne 30)

La fermeture se fait comme suit:

- Action sur BP8, la bobine du contacteur FP s'excite. (Fig II.2 : ligne 29)
- Le contact à la fermeture FP(37) se ferme et le contact à l'ouverture OP s'ouvre.
- La bobine de l'électrovanne FP s'excite et provoque la fermeture de la porte. (Fig II.2 : ligne 31)

II.3.3 Mise en fonctionnement du moto-ventilateur

Pour allumer le moto ventilateur il faut :

- Actionner BP2, excite la bobine AC (air comprimé). (Fig II. : ligne 3)
- Le contact AC2 se ferme et L2 s'allume.
- La bobine ACX (sécurité isotherme) assure la sécurité par le contact ACX/4. (Fig II.2 : ligne 5)

II.3.4 Alimentation des veilleuses

Pour effectuer une combustion on doit exciter les veilleuses et provoquer une étincelle à l'aide des bougies.

- Action sur BP3, la bobine SV (sécurité veilleuses) s'excite. (Fig II.2 : ligne 7)
- Le contact SV6 se ferme.
- La bobine EV.V (électrovanne veilleuses) s'excite. (Fig II.2 : ligne 10)
- Action sur BP4, la bobine SG (sécurité gaz) s'excite. (Fig II.2 : ligne 9)
- Le contact SG8 se ferme. Se qui assure l'excitation de la bobine EV.G (électrovanne gaz général) permettant ainsi le passage du gaz et l'ouverture du circuit vers les bruleurs.
- Les contacts R3 ou R4 se ferme et les lampes L6 ou L7 s'allument témoignant la présence du froid ou du chaud.
- Le servomoteur SM2 permet le réglage du débit d'air par la commande du régulateur pyrométrique.

II.3.5 Alimentation des bougies

- Action sur BP5, les transformateurs d'allumage (Zone.2) alimentant les bougies des 4 bruleurs à 5000 Volts permettant ainsi la présence des étincelles servant à l'allumage des bougies en présence du mélangeur air/gaz en son niveau.
- le BP6 permet l'alimentation des deux transformateurs (Zone.1) servant à l'allumage des bougies de ces deux autres bruleurs.

II.3.6 Régulateurs REG.1, REG.2

La régulation est assurée par deux régulateurs Reg 1 et Reg 2.

- La bobine du régulateur Zone.1-REG.1 actionne ces contacts REG.1, donnant lieu à l'excitation des bobines des contacteurs R1 (Froid) ou R2 (Chaud) et provoque la fermeture des contacts R1(14) ou R(15) et les lampes L3 et L4 s'allument témoignant le froid ou le chaud.
- Le servomoteur SM1 Zone.1 règle le débit d'air selon les recommandations des régulateurs.
- La bobine du régulateur Zone.2-REG.2 actionne ces contacts REG.2 afin de faire fonctionner les contacteurs R3 froid ou R4 chaud.
- Les contacts R3, R4 se ferment et les lampes L6 ou L7 s'allument témoignant la présence du froid ou du chaud.
- Le servomoteur SM.2 Zone.2 permet le réglage de débit d'air par commande du régulateur pyrométrique.

II.4 Partie pneumatique

La pneumatique du four englobe trois fonctions, l'ouverture de la porte, l'allumage des brûleurs et le circuit d'arrivée gaz.

II.4.1 Commande porte

Le circuit de commande de la porte est tel que le montre la figure II.3

L'ouverture de la vanne à boisseau ouvre le passage de l'air comprimé d'arrivée de 6 bars au clapet anti-retour vers le groupe de conditionnement approprié à la filtration, graissage de l'installation et vérification de la pression. [1,2,3]

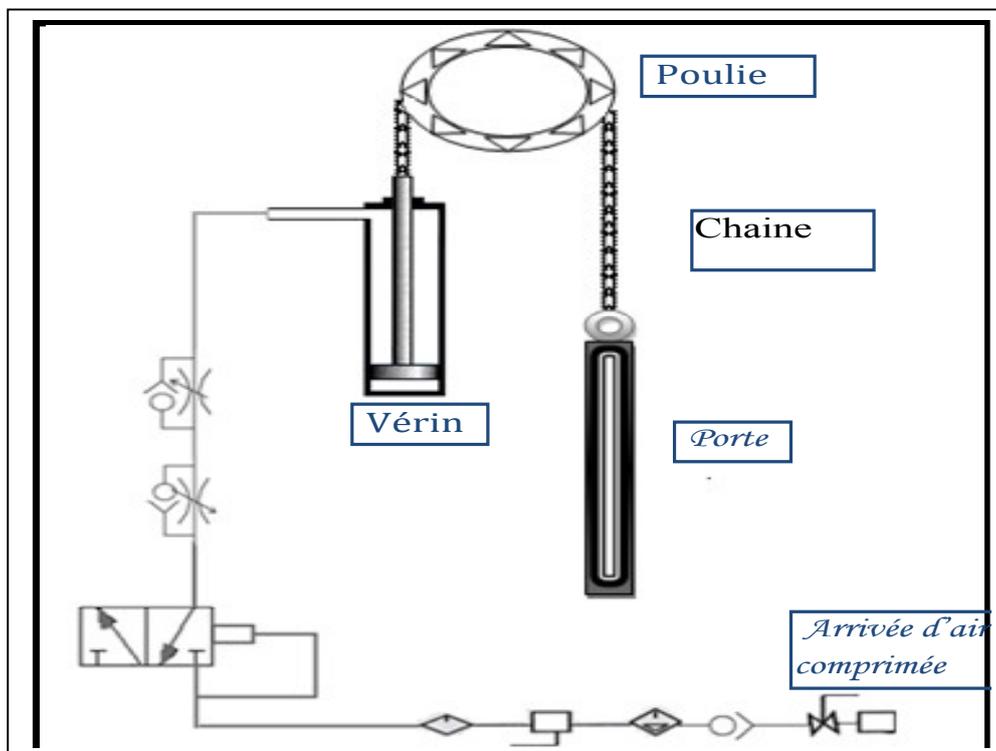


Figure II.3 : Circuit pneumatique de commande de la porte

II.4.1.a Ouverture de la porte

Sur action du BP, la bobine de l'électrovanne sera excitée et le passage de l'air s'ouvre à travers les deux soupapes de réglage de course du montée et descente de la porte jusqu'à arrivée au vérin simple effet qui attèle à une barre transversale transmettra par la descente du piston du vérin, l'ouverture de la porte.

II.4.1.b Fermeture de la porte

La désexcitation de la bobine remettra l'électrovanne à sa position initiale, le piston du vérin reprend sa position de départ et la porte se ferme.

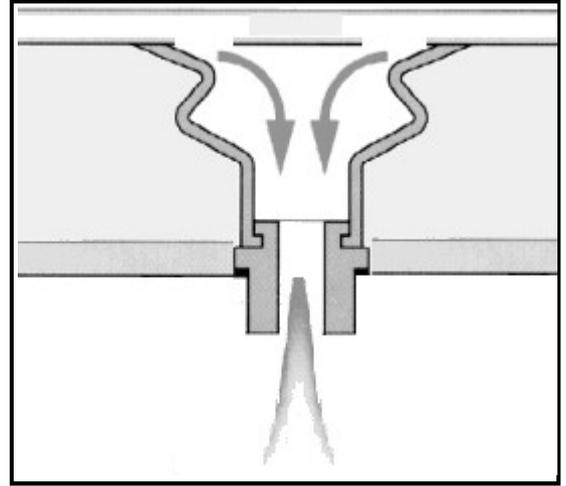


Figure II.4 : brûleur

II.4.2 Alimentation des brûleurs

La mise en fonctionnement des brûleurs nécessite son alimentation en air qui se réalise par l'intermédiaire d'un moto-ventilateur fournissant de l'air comprimé à 6 bars de pression.

L'excitation des vannes motorisées dans le circuit d'air commandé par le système pyrométrique permet le réglage de débit d'air envoyé vers les brûleurs.

Un pressostat placé en amont de la vanne motorisée réglé au préalable empêche le fonctionnement du circuit en cas de basse pression.

II.4.3 Circuit Gaz :

- L'ouverture du circuit du gaz vers les différents composants formant le circuit, aura lieu par l'ouverture de la vanne à boisseau principale.
- L'excitation des électrovannes EV.G et EV.V permet le passage du gaz vers les mélangeurs destinés aux veilleuses d'un côté et vers le régulateur de proportion puis le limiteur de débit pour atteindre les brûleurs de l'autre côté.
- Le circuit de gaz est régulé en effet par le régulateur de proportion selon la quantité d'air qu'il reçoit à partir des vannes motorisées commandées par le régulateur pyrométrique afin d'avoir la position voulue du fonctionnement du four, soit froid, chaud ou peu.

II.5 Partie Mécanique

II.5.1 Transmission commande porte

La mécanique est basée essentiellement sur la commande de l'ouverture et la fermeture de la porte du four.

Ce mécanisme consiste à faire monter ou descendre la porte selon une course bien définie.

Le Mouvement de la porte se fait par la mise en fonctionnement d'un vérin à simple effet de 900 mm de course attelé à une plaque de tôle transversale contenant à chaque extrémité un crochet auquel est reliée une chaîne d'un côté glissant sur des roues de guidage le long du four jusqu'aux crochets existant sur la porte de l'autre côté.

- Par appui sur le BP de l'EV.OP, le vérin prendra le niveau bas entraînant avec lui la plaque attelé à son niveau faisant glisser la chaîne sur les roues de guidage qui à leur tour accrochées à la porte l'entraînant vers le haut et l'ouverture de la porte aura lieu.
- Par appui sur le BP de l'EV.FP, le vérin reviendra en position haut poussant la chaîne en sens inverse qui donnera la descente de la porte qui fermera l'accès au four.

- 1- Poulie.
- 2- Vérin.
- 3- Chaîne.
- 4- Porte.
- 5- Organe d'attache.
- 6- Plaque de tôle.

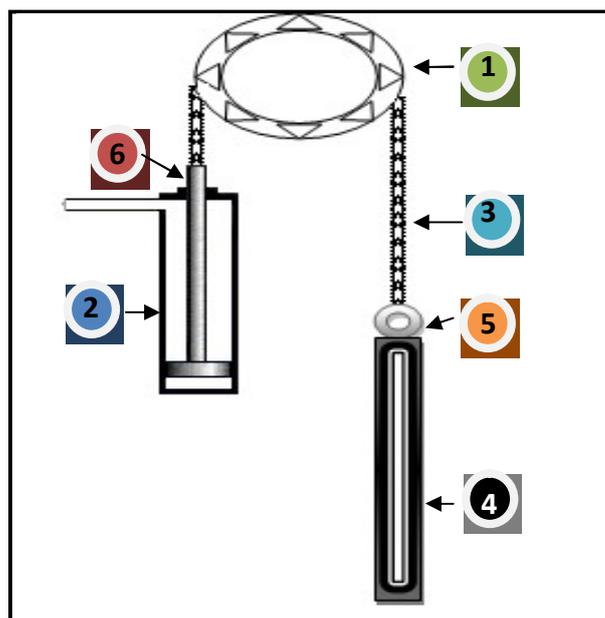


Figure II.5 : schémas de la chaîne cinématique

II.5.2 Description de la chaîne cinématique

La chaîne cinématique est caractérisée par un dispositif équipé de deux arbres montés en parallèles de 1900 mm de long et 70 mm de diamètres, fixés à une distance de 1500 mm de long et 70 mm de diamètre, fixés sur la partie supérieure de la carcasse du four.

A l'extérieur de chaque arbre est monté une poulie de diamètre 300 mm sur ces poulies passe deux chaînes à maillons fixées d'un côté, cette dernière est fixée sur la tige du vérin simple effet pour être entraîné à la montée et à la descente du vérin.

L'impulsion sur BP7, la tige du vérin à simple effet étant sous pression de 6 bars, tire 2 chaînes faisant tourner les 4 poulies (deux de chaque côté) montés sur les arbres entraînant ainsi la montée de la porte qui est fixée aux extrémités de ces deux chaînes.

II.6 Partie combustion

II.6.1 Combustion et combustible

On appelle combustible des combinaisons de carbone qui en brûlant dégagent une forte quantité de chaleur, tous les combustibles sont d'origine organique, selon son état physique il se présente sous forme solide, liquide ou gazeuse, on distingue des combustibles naturels et artificiels, dans notre cas le combustible utilisé est gazeux. [Bib.4]

II.6.2 Le combustible gazeux

Est constitué du mélange de gaz combustible, des gaz combustibles on site : l'hydrogène H_2 , l'oxyde de carbone CO , le méthane CH_4 , l'hydrogène sulfuré H_2S et l'hydrocarbure, le plus précieux est l'hydrogène.

Le combustible gazeux est avantageux du fait :

- qu'il est facile à transporter et à répartir à l'aide des canalisations.
- son rendement est très élevé quand il brûle.
- sa combustion ne produit aucun résidu solide (cendre).
- il ne contamine pas l'environnement par les poussières.
- le réglage du débit en fonction de la charge est aisé et peut être automatisé.
- s'enflamme rapidement et ne coûte pas cher.

II.6.3 Pouvoir calorifique

On appelle pouvoir calorifique d'un combustible, la quantité de chaleur fournie par la combustion complète de 1Kg ou 1m³ de combustible gazeux dans les conditions naturelles.

II.6.4 Combustion

Pour que la combustion puisse avoir lieu il est indispensable de fournir au combustible une quantité d'air déterminée, on compte que l'air sec atmosphérique comporte 21% d'oxygène et 79% d'azote (en unité de volume) suivant la quantité d'air fournie, la combustion peut être complète ou incomplète.

II.6.5 Dispositif

On emploie des brûleurs à gaz qui doit jouer un grand rôle dans le rendement thermique et la précision de chauffe d'un four à gaz.

Le démarrage doit être extrêmement rapide pour réduire le temps de mise à température et cependant le rapport air/gaz doit être toujours voisin de la température thermique sans formation de fumée.

L'employé doit régler la vanne d'arrivée gaz à la 1ère utilisation en regardant la flamme afin d'avoir une flamme bleu, lors de l'excitation des bougies.

II.6.6 Détermination simplifiée du bilan thermique

Le bilan thermique exprime la différence entre les énergies fournies et les énergies consommées ou dissipées, l'énergie fournie par le combustible se déduit de la formule :

$$Q = V \times P.C.I \quad [I.1]$$

Q : Energie thermique, exprimé en thermie/heure, apportée par le combustible

V : Volume en m³/heure (Ou kg/h) de combustible.

PCI : est le pouvoir calorifique

II.6.7 Chaleur d’air introduit dans le système

La quantité nécessaire à la combustion dépend exclusivement de la composition du combustible utilisé, une partie du volume totale d’air sera nécessaire pour cette opération le reste constituera un excès, le tableau suivant détermine le facteur d’air qui nous formulera la quantité d’air totale.

Le tableau suivant et comparatif du gaz d’Arzew à celui de Skikda :

Si le facteur d’air λ est :

- $\lambda = 1$: la combustion est dite neutre.
- $\lambda > 1$: la combustion est oxydante avec excès d’air.
- $\lambda < 1$: la combustion est réductrice avec excès d’air.

$$\lambda = 1 + \left(\frac{\text{CO}_2 \text{ max}}{\text{CO}_2 \text{ mesuré}} - 1 \right) \times \frac{\text{Volume de fumé sèche}}{\text{Volume d'air neutre}} \quad [I.2]$$

Données moyennes sur les combustibles	Gaz naturel Arzew	Gaz naturel Skikda
P.C.S moyen en thermies.	10,30	9,65
P.C.I. moyen en thermies.	9,44	8,69
Volume d'air nécessaire à la combustion neutre en m ³ .	10,31	9,71
Volume de N ₂ . (azote) de l'air nécessaire à la combustion neutre en m ³ .	8,14	7,67
Volume des fumées neutres sèches en m ³ .	9,32	8,74
Volume de CO ₂ (gaz carbonique) dans les fumées neutres sèches en m ³ .	1,11	1,03
Volume de CO ₂ maximum dans les fumées neutres sèches en m ³ .	11,90	11,75
Volume des fumées neutres humides en m ³ .	11,40	10,73
Volume de vapeur d'eau dans les fumées neutres humides en m ³ .	2,08	1,99
Volume de N ₂ et divers du combustible en m ³ .	0,07	0,04

t°C	Air	O ₂	N ₂	CO ₂	CO	H ₂ O	H ₂	SO ₂	CH ₄	C ₂ H ₄
25	0,310	0,316	0,310	0,408	0,310	0,356	0,308	0,420	0,388	0,480
50	0,310	0,316	0,310	0,408	0,310	0,358	0,308	0,428	0,390	0,482
100	0,311	0,316	0,311	0,409	0,311	0,358	0,308	0,433	0,390	0,487
150	0,312	0,316	0,312	0,421	0,312	0,360	0,310	0,443	0,406	0,514
200	0,313	0,319	0,313	0,433	0,313	0,362	0,311	0,453	0,422	0,540
250	0,314	0,321	0,313	0,441	0,314	0,364	0,311	0,462	0,438	0,560
300	0,315	0,324	0,314	0,449	0,315	0,366	0,311	0,470	0,454	0,589
350	0,317	0,326	0,315	0,457	0,317	0,369	0,311	0,478	0,470	0,612
400	0,319	0,329	0,316	0,464	0,318	0,372	0,312	0,485	0,485	0,635
450	0,320	0,331	0,318	0,472	0,319	0,375	0,312	0,490	0,500	0,657
500	0,321	0,334	0,319	0,479	0,320	0,378	0,312	0,496	0,514	0,679
550	0,322	0,336	0,321	0,486	0,322	0,381	0,312	0,501	0,528	0,699
600	0,324	0,338	0,322	0,492	0,324	0,384	0,313	0,507	0,542	0,718
650	0,326	0,340	0,323	0,498	0,326	0,387	0,313	0,511	0,555	0,736
700	0,328	0,343	0,324	0,504	0,328	0,390	0,314	0,515	0,568	0,754
750	0,330	0,345	0,326	0,509	0,330	0,393	0,314	0,520	0,581	0,770
800	0,332	0,347	0,328	0,513	0,332	0,397	0,315	0,524	0,594	0,786
850	0,333	0,348	0,330	0,518	0,334	0,400	0,315	0,527	0,607	0,801
900	0,334	0,350	0,331	0,522	0,335	0,404	0,316	0,530	0,619	0,815
950	0,336	0,352	0,333	0,526	0,337	0,407	0,317	0,533	0,631	0,828
1000	0,338	0,354	0,334	0,530	0,338	0,410	0,318	0,536	0,642	0,841

Nota : Pour utiliser ce tableau, ramener d'abord, s'il y a lieu, les volumes de gaz en m³ dans les conditions normales de température et de pression (0°C ; 760 mm Hg)

Tableau 1: Donnée moyenne sur les combustibles

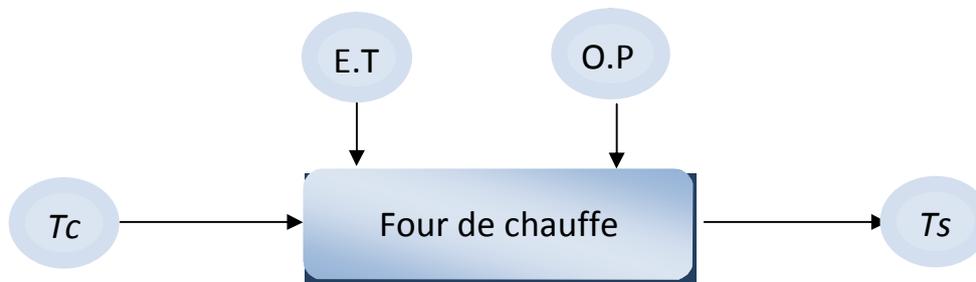
Tableau 2: Chaleur volumique à pression constante

II.7 Partie régulation

[5]

II.7.1 La régulation du four de chauffe 1000Kg/h

Notre four comporte une chambre de chauffe à l'intérieur de laquelle la charge est chauffée à une température de 1200 °C, cette température est obtenue par un brûleur qui injecte un mélange air/gaz, qui s'enflamme au contact de la flamme de la veilleuse, la variation de la température se fait par un régulateur qui commande l'ouverture et la fermeture de la vanne motorisée, celle-ci agit sur le débit d'air, la température du système est perturbée par deux perturbations qui entraînent une baisse ou élévation de la température, comme suit;



E.T : Echange thermique.

O.P : Ouverture de porte.

Tc : Température de consigne.

Ts : Température de sortie

Figure II.6 : Schémas des perturbations du four

1- Echange thermique

La température initiale de la pièce est différente de celle de la chambre de chauffe, alors dès que cette pièce se positionne à l'intérieur, il y'aura échange thermique entre la pièce et le milieu, l'échange entraîne une baisse de température du milieu et l'élévation de celle de la pièce.

2- Ouverture de la porte

A l'ouverture de la porte du four, on remarque la sortie d'une quantité de chaleur vers l'extérieur, cette perte provoque une baisse de température de la chambre.

II.7.2 La boucle de régulation de température

Est tel que le montre la figure suivante :

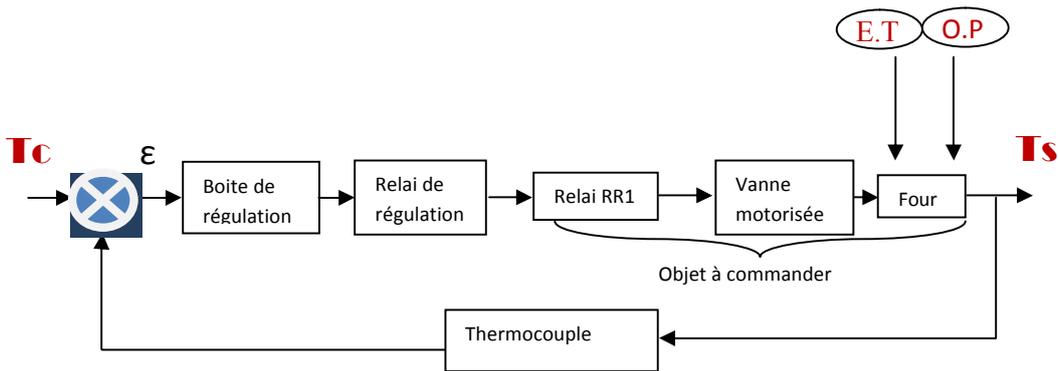


Figure II.7 : la boucle de régulation de la température

La température de sortie de la chambre de chauffe est mesurée à l'aide d'un thermocouple (Canne pyrométrique) qui transfère la température en une grandeur mesurable (F.e.m) celle-ci est comparée à la consigne pour évaluer l'erreur en fonction de cette dernière adéquate sur la vanne motorisée qui à son tour agit sur le débit qui est le paramètre intrinsèque dans tout changement éventuel de température, donc, dans le cas où :

a) $T_{\text{mesure}} = T_{\text{consigne}} \quad : \quad \xi(t) = T_m - T_c = 0,$

➡ Système en régime permanent, le débit d'air est maximal d'où la sortie de la régulation sans effet (nul).

b) $T_{\text{mesure}} > T_{\text{consigne}} \quad : \quad \xi(t) = T_m - T_c > 0,$

➡ La vanne motorisée s'ouvre pour augmenter le débit d'air donc augmente la température de sortie.

$$c \setminus T_{\text{mesure}} < T_{\text{conigne}} \quad : \quad \xi(t) = T_m - T_c < 0,$$



La vanne motorisée se ferme jusqu'à obtenir une $T_m = T_c$.

II.7.3 Fonction de transfert du système

$$\xi(t) = T_c - T_m, \quad \text{avec} \quad U(t) = G_1 \xi(t); \quad \text{on a:} \quad t_m = G_4(t) t_s(t)$$

$$t_s(t) = G_3(t) G_2(t) U(t) = G_3(t) G_2(t) G_1(t) \xi(t)$$

$$t_s(t) = G_3(t) G_2(t) G_1(t) (t_c - t_m) = G_3(t) G_2(t) G_1(t) (t_c - G_4(t) t_s(t)).$$

Donc, on déduit :

$$t_s(t) = \frac{G_3(t) G_2(t) G_1(t)}{1 + G_3(t) G_2(t) G_1(t)} (t_c) \quad [I.3]$$

On pose :

$$\frac{G_1 G_2 G_3}{1 + G_1 G_2 G_3 G_4}$$

On aura $t_s(t) = G(t) t_c(t)$  $G(t) = t_s(t) t_c(t)$

II.7.4 Régulation présente dans le four de chauffe de notre centre forge

On utilise Un régulateur MINICOR, du fait du volume important de notre four dans un but de sécurité, il a été établi de puis 2004 d'utiliser deux canne pyrométriques identiques pour avoir avec précision l'état du four d'une manière homogène et en temps continu. [2]

La figure (I.13) représente le pupitre de commande du régulateur pour les deux zone de chauffe du four 1000Kg/h ou pour chaque zone un afficheur de régulation et un autre pour la sécurité, dans celui de régulation il indique d'abord la température de la chambre de chauffe, puis l'ouverture de la vanne d'air et enfin en bas la consigne demandé par l'utilisateur.

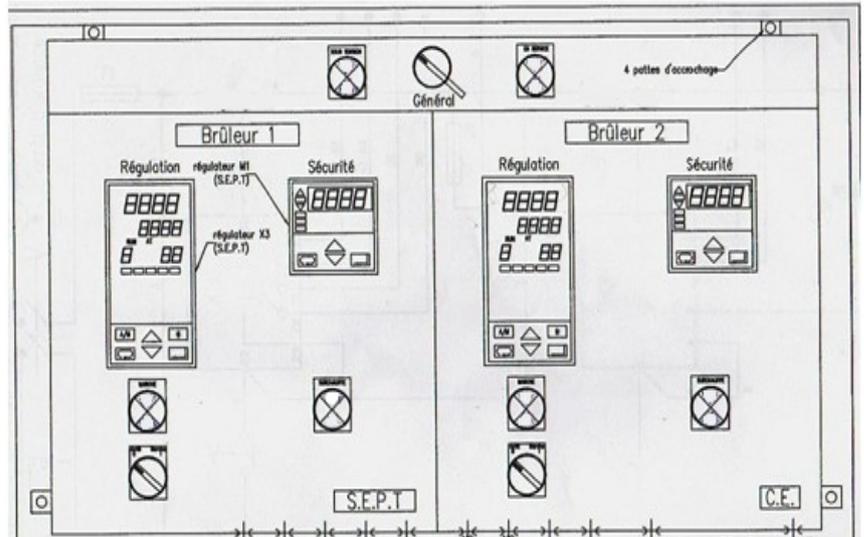


Figure II.8 : Pupitre de commande du régulateur

II.7.5 Circuit électrique du régulateur

Ce schéma est celui du régulateur, il est alimenté par les bornes (25, 26), il reçoit l'information des bornes (11 et 12) qui seront reliés à la canne pyrométrique, (31, 32, 33) est un relai double contact pour l'ouverture ou la fermeture de la vanne.

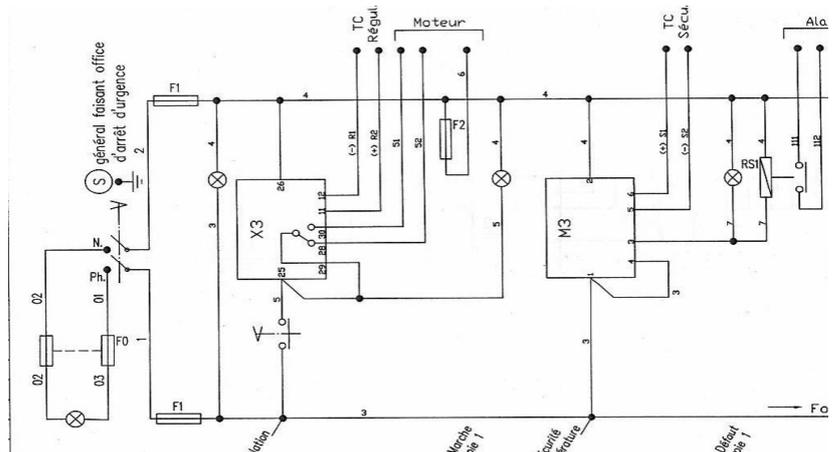


Figure II.9 : Schémas électrique du régulateur

II.7.6 Régulateur PID

Un régulateur, Proportionnel Intégral Dérivé (PID) est un organe de contrôle permettant d'effectuer une régulation en boucle fermée d'un système industriel, c'est le plus utilisé dans l'industrie et permet de contrôler la grande majorité des procédés. [2]

II.7.6.a Principe général :

Le PID permet 3 actions simultanées sur l'erreur Consigne \ Mesure :

- Une action proportionnelle : l'erreur est multipliée par un gain Gr.
- Une action intégrale : l'erreur est intégrée sur un intervalle de temps Ti.
- Une action dérivée : l'erreur est dérivée suivant le temps Td,

Il existe plusieurs architectures possibles pour combiner les 3 effets (série, parallèle ou mixte) on prendra une architecture parallèle dans ce contexte,

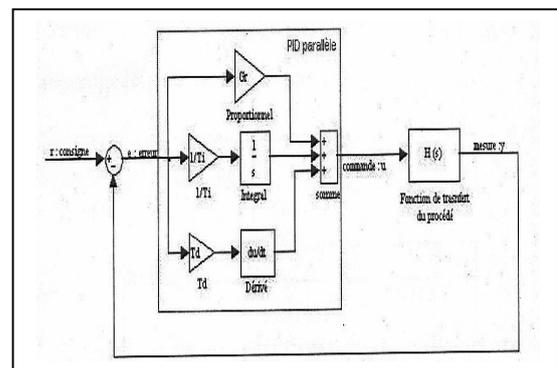


Figure II.10 : architecture parallèle du régulateur PID

La fonction de transfert avec la transformée de Laplace du régulateur PID parallèle est la somme des 3 actions :

$$C(s) = Gr + Td \cdot S + \frac{1}{Ti \cdot S} = \frac{(Gr \cdot Ti \cdot S + Td \cdot Ti \cdot S^2 + 1)}{Ti \cdot S} \quad [I.4]$$

Les paramètres à trouver sont Gr, Td, Ti, pour régler le procédé ayant pour fonction de transfert H(s), Il existe de nombreuses méthodes pour trouver ces paramètres, cette recherche est communément appelée réglage, la fonction de transfert du contrôleur PID idéal est irréalisable car l'ordre du numérateur est supérieur à l'ordre du dénominateur, dans la réalité on ajoute un paramètre α sur l'action dérivée pour obtenir

un 2eme ordre

$$\frac{Td \cdot S}{1 + Td \cdot S}$$

avec $\alpha \ll 1$, on aura obtenu une nouvelle fonction de transfert réalisable pour notre régulation

$$C(s) = \frac{(Gr.Ti.Td. \alpha + \alpha.Td.Td) S^2 + (Gr.Ti + \alpha.Td)S + 1}{\alpha.Ti.Td.S^2 + Ti.S} \quad [I.4]$$

II.7.6.b Réglage d'un PID

Le réglage d'un PID consiste à trouver les coefficients Gr, Ti et Td dans le but d'obtenir une réponse adéquate du procédé et de la régulation, l'objectif est d'être robuste, rapide, précis et de limiter les dépassements, la robustesse est sans doute le paramètre le plus important et délicat, On dit qu'un système est robuste si la régulation fonctionne toujours, même si le modèle change un peu, par exemple, les fonctions de transfert varient en fonction de la température ambiante, notre régulateur doit être capable d'assurer sa tâche même avec ces changements pour éviter de redévelopper un nouveau régulateur chaque semaine.

La réponse type d'un procédé stable doit avoisiner ceci :

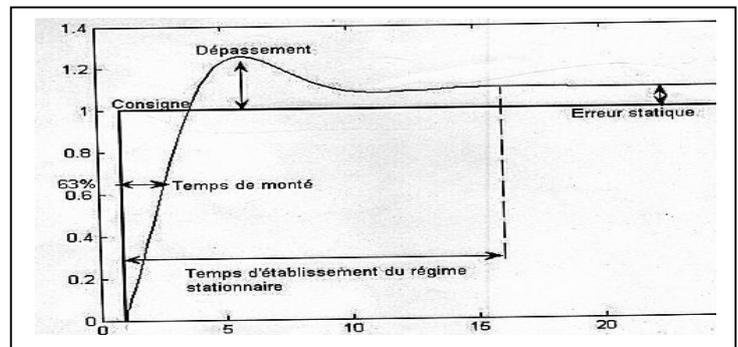


Figure II.11 : l'allure d'un procédé stable par effet du PID

Les paramètres du PID influencent la réponse du système de la manière suivante :

- **Gr** augmente, le temps de montée est le plus court mais il y a un dépassement plus important, le temps d'établissement varie peu et l'erreur statique se trouve améliorer.
- **Ti** augmente, le temps de montée est plus court mais il y a un dépassement plus important, le temps d'établissement au régime stationnaire s'allonge mais dans ce cas on assure une erreur statique nulle.
- **Td** augmente, le temps de montée change peu mais le dépassement diminue, le temps d'établissement au régime stationnaire est meilleur, pas d'influence sur l'erreur statique.

L'analyse du système avec PID est très simple mais sa conception peut être délicate, voir difficile car il n'existe pas de manière unique pour résoudre ce problème, on est face à des compromis, le régulateur idéal n'existe pas.

En général, on se fixe un cahier de charge à respecter sur la robustesse, le dépassement et le temps d'établissement du régime stationnaire, la méthode la plus utilisée dans l'industrie est celle de **Ziegler-Nichols**, (Méthode de pompage limite)

II.7.7 Pompage limite

On annule ou l'on met au minimum les actions intégrale et dérivée. On réduit progressivement la bande proportionnelle (c'est-à-dire que l'on augmente le gain), jusqu'à obtenir une oscillation presque entretenue : **le système pompe** (Il faut, pour chaque valeur de gain, solliciter le système par une petite variation de la consigne).

On note alors la bande proportionnelle, B_0 , qui correspond à l'oscillation presque entretenue, ainsi que la période des oscillations (ou oscillations lentement amorties)

T_0 (en minutes).

Les réglages préconisés par Ziegler-Nichols sont les suivants pour un régulateur PID :

$BP = 1.6 B_0,$ $Rep/min=2/ T_0,$ $T_d (min) =T_0/ 8,$

Type de correcteur	Gain K	Ti	Td
Proportionnel	$0,5.K_o$		
PI	$0,45.K_o$	$0,83.T_o$	
PID	$0,6.K_o$	$0,5.T_o$	$0,125T_o$

Tableau 3 : Réglage d'un correcteur P, PI ou PID selon Ziegler Nichols

II.7.8 Recherche des paramètres du PID pour le four de chauffe :

Dans le but d'automatiser la régulation du four, nous aurons besoin de calculer les paramètres du PID, qu'on utilisera pour notre régulateur, pour notre cas, du fait que modéliser le système est délicat, se référant à la méthode de Ziegler, On agira sur le régulateur existant sur le four, qui est déjà réglé par des techniciens de la SNVI par les valeurs suivantes:

$K = 5.$ $Ti = 60.$ $Td = 12,0.$ - paramètres (1) -

Notre travail sera de mettre au minimum l'action intégrale et dérivé, et on fera varier le gain jusqu'à obtenir une oscillation périodique.

L'allumage se fait à 4h :00 du matin, à cet effet on ne pourra pas avoir les valeurs du démarrage (ce qui nous oriente vers la méthode de *Ziegler-Nichols*) notre consigne va être descendu à 800°C pour les besoins de la manipulation, cette valeur sera la valeur initiale de calcul .

1^{er} cas :

$K = 5.$ $T_i = 60.$ $T_d = 12,0.$ - paramètres (1) -

Pour cette étape nous préleverons l'allure de la température, en fonctionnement pour les paramètres (1) afin d'avoir une référence, pour les modifications que l'on attribuera.

Pendant l'allumage du four on prélève les températures affichées sur le régulateur chaque minute et jusqu'à la valeur de consigne, qui sera 1200°C, on obtient la courbe suivante, obtenue avec le logiciel Matlab 6.5

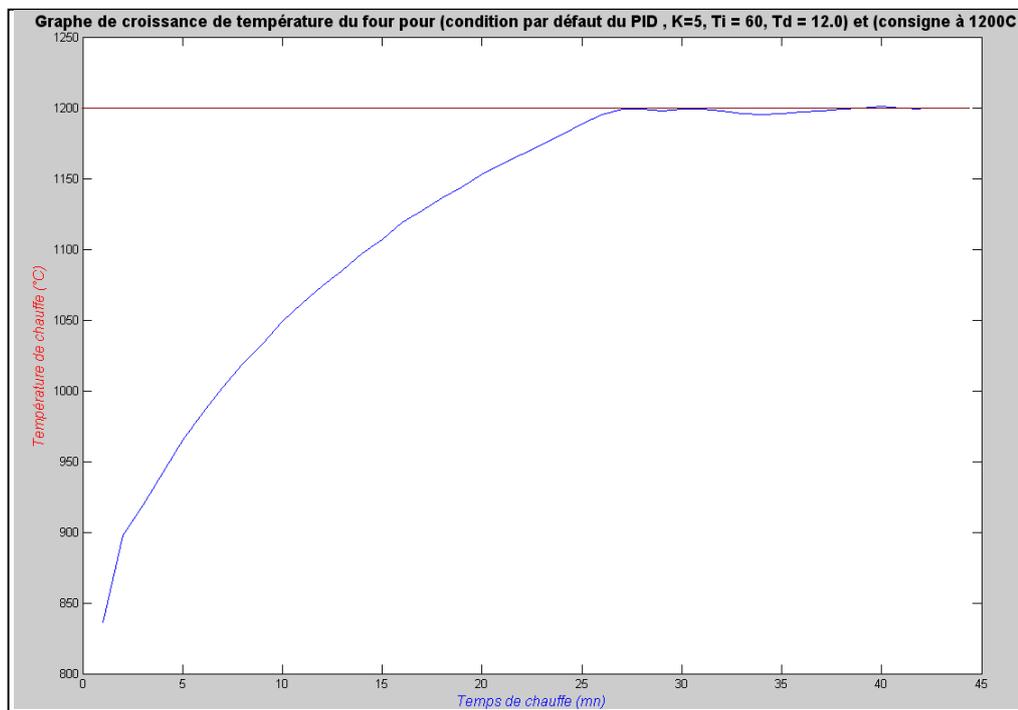


Figure II.12 : Courbe de température pour paramètres (1)

Notre four atteint la consigne au bout de 29 mn, il n'y a pas de dépassement, il oscille entre 1198 et 1201 puis se stabilise sans écart statique tout au long du chauffe du moment que la porte n'est pas ouverte et qu'il n'y a aucune perturbation.

2^e cas :

Pour ce cas on diminuera les paramètres à des valeurs minimales pour obtenir : $T_i = 0$, $T_d = 0$, la valeur minimale du gain programmée pour le régulateur est 0,5. On obtient le graphe suivant :

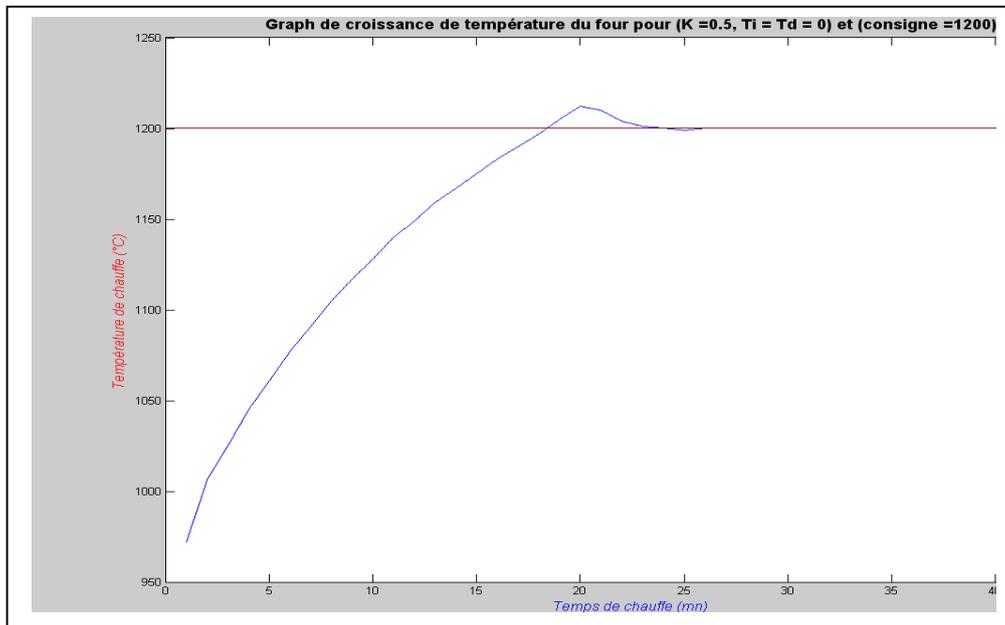


Figure II.13 : Courbe de température pour ($k=0.5$, $T_i=T_d=0$)

Pour la même valeur de consigne on prenant comme valeur initiale $T = 950^\circ\text{C}$, la consigne est atteinte au bout de 17 mn, mais il y'a un dépassement de 14°C , qui sera récupérer très vite, la température décroît jusqu'à 1200°C et se stabilise à cette valeur.

- Le fait que la manipulation prend un temps important et que le four est quasiment occupé en permanence, il fallait trouver directement la valeur du gain, tout en prenant le risque d'avoir un dépassement dangereux pour le four qui ne possède aucune sécurité, or on voit bien que les valeurs par défaut enregistré sur le régulateur se rapprochent nettement de ce que l'on attend du bon fonctionnement du four.
- Donc on test par le théorème de Ziegler le gain utilisé : $K = 5$, on déduit que $K_0 = K/0,6 = 8.33$.
Pour cette valeur on prélève la courbe.

3^e cas :

On prendra un gain de $K = 8$ et on élimine le T_d et T_i , le fait de travailler avec une consigne de 1200°C nous amène à 6h de calcule pour aller de 850°C à 1200°C avec une progression de $1^\circ\text{C}/\text{mn}$, on est contraint de diminuer la consigne à 1000°C et on obtient la courbe suivant :

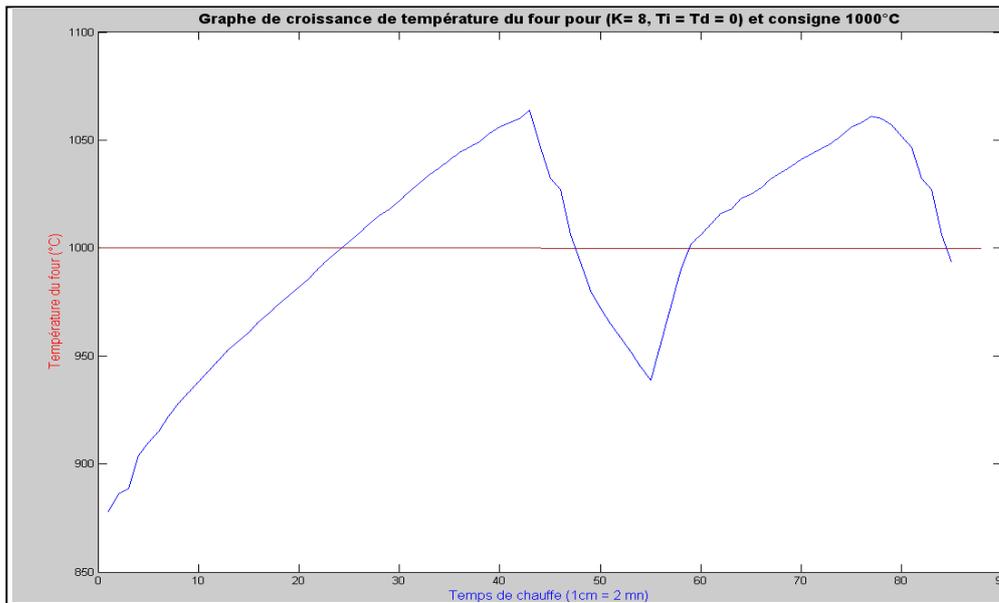


Figure II.14 : Courbe de température pour ($K=8, T_i=T_d=0$)

- La consigne est atteint au bout de 47 mn, la température monte pendant 38mn jusqu'à 1064°C et redescend encore à la valeur minimale de 939°C (1h50 depuis le but du cycle). Il fait une période de 57 mn (48 mn pour le sens positif et 9 mn pour le sens négatif), la deuxième oscillation donne la même allure pour une période presque identique mais avec amplitude qui descend à 1061.
- La périodicité est vérifiée pour la manipulation, le théorème de Ziegler est vérifié par cette valeur, ceci nous fait gagner du temps et nous permet de conclure que la valeur (gain =5) est bien choisie, On ignore si les valeurs sont pris par tâtonnement ou par calcul judicieux, ceci est peu probable du fait que si on calcule T_i, T_d par notre K_0 . $T_0 = 57\text{mn}$

$T_i = 28 \text{ mn}$ et $T_d = 7,125 \cong 7.1$ Ce qui s'éloigne des paramètres (1).

Ces données ont été proposées aux techniciens de la forge, on à obtenu le résultat suivant.

4^e cas :

Pour le gain $K = 5$ et $T_d = 7,1$ avec $T_i = 28$, la consigne à 1200°C on obtient ceci :

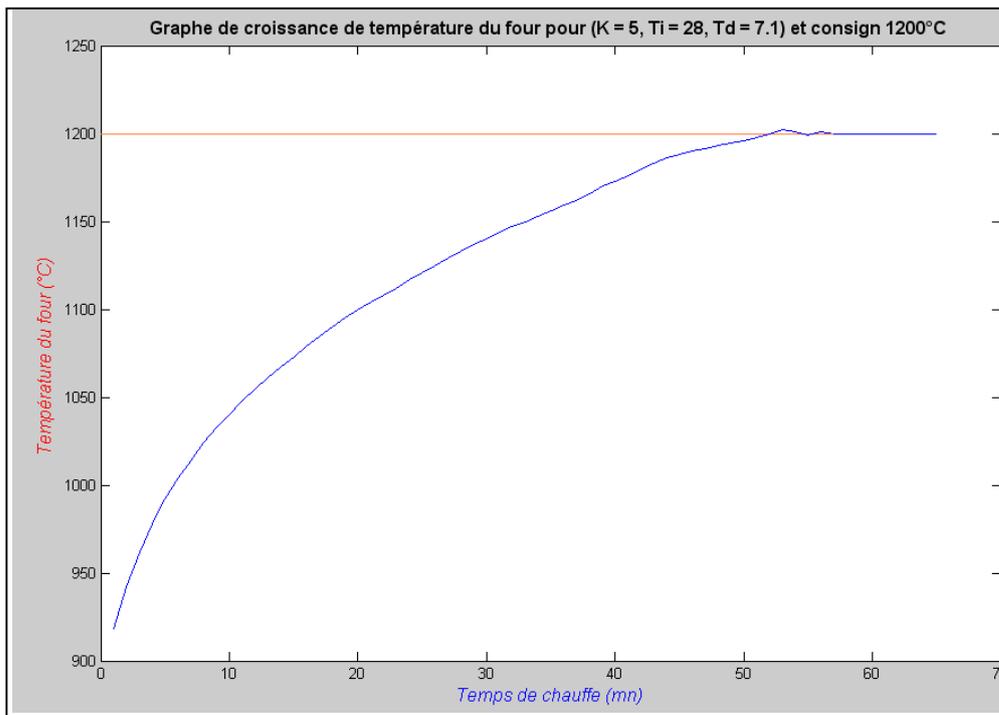


Figure II.15 : Courbe de température pour (K=5, Ti=28, Td=7.1)

Ce paramétrage est nettement adéquat à notre four, il n'y a pas de dépassement, pas d'écart statique ni d'oscillations, mais il reste trop lent, le temps de réponse est relativement grand

II.8 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté le four utilisé pour chauffer des pièces destinés à être forger, l'étude des parties électriques, pneumatiques, mécaniques et combustion nous permettra de mieux se familiariser avec le four que l'on devra automatiser, pour résoudre notre problème de régulation nous avons calculé les paramètres du PID, par la méthode de Ziegler-Nichols, nous avons obtenu des paramètres qui répondent aux exigences de la méthode, mais désormais représentent un obstacle, qui est le fait que le temps d'arriver à la consigne de travail est nettement élevé, or l'esprit industriel demande un rendement au minimum de temps, l'étude faite au niveau de la SNVI, "Etude de l'amélioration de la durée de vie de la fumisterie des fours de chauffe" stipule que le fait de brusqué la matière réfractaire par choc thermique provoque l'accélération de sa nuisance, à cet effet on a présenté des valeurs du PID qui doivent régler le problème, donc l'allumage devra prendre plus de temps, afin de préserver le four.

Cependant dans ce travail nous proposerons l'automatisation des fours de chauffe à l'aide d'automate programmable présent sur le marché, en premier lieu ceci prépare le fait que ces fours doivent être centralisés par la même technologie.

Chapitre III

Modélisation du cycle d'allumage Par

GRAFCEP

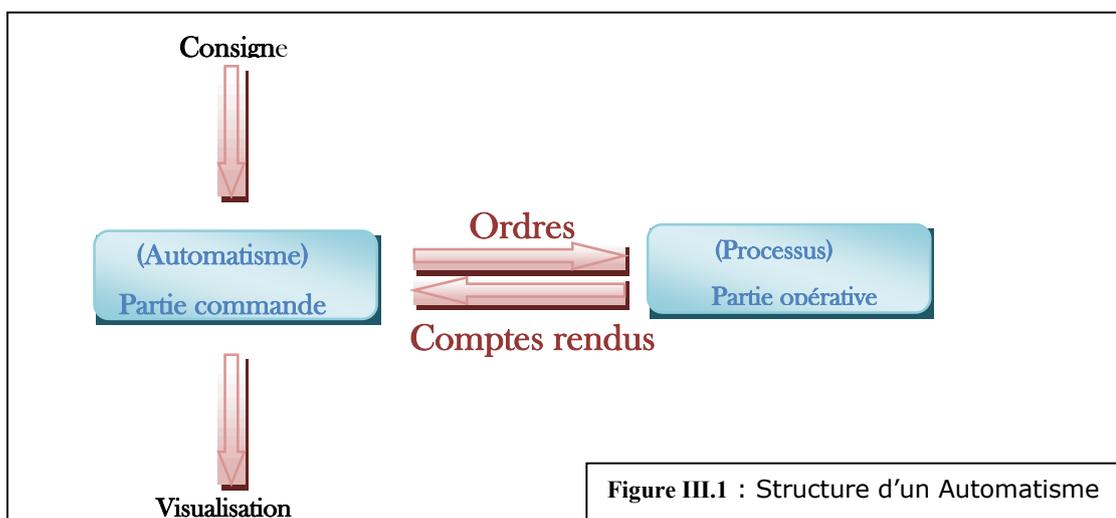
III.1 Introduction

La création d'une machine automatisée nécessite un dialogue entre le client qui définit le cahier des charges (qui contient les besoins et les conditions de fonctionnement de la machine) et le constructeur qui propose des solutions. Ce dialogue n'est pas toujours facile : le client ne possède peut-être pas la technique lui permettant de définir correctement son problème. D'autre part, le langage courant ne permet pas de lever toutes les ambiguïtés dues au fonctionnement de la machine (surtout si des actions doivent se dérouler simultanément). C'est pourquoi l'**ADEPA** (Agence pour le Développement de la Productique Appliquée à l'industrie) a créé le **GRAFCET**.

III.2 Définir le GRAFCET

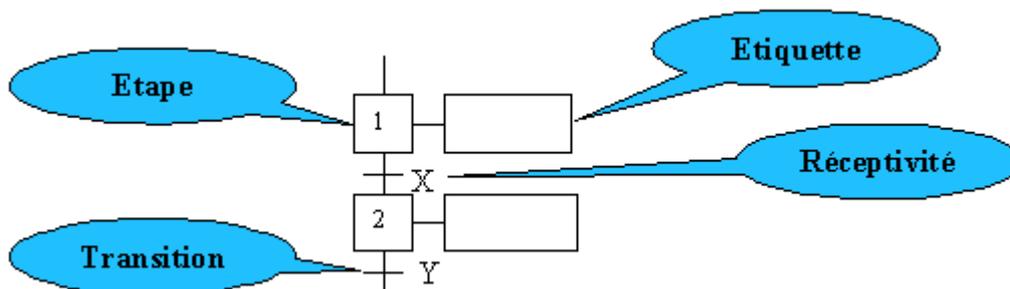
III.2.1 Histoire du GRAFCET : Le (Graphe Fonctionnel de Commande des étapes et Transitions) est l'outil de représentation graphique d'un cahier des charges. Il a été proposé par l'ADEPA (en 1977 et normalisé en 1982 par la NF C03-190) Dès 1978 le GRAFCET fait son entrée dans l'éducation Nationale. Il est maintenant le pilier du programme d'Automatique et d'Informatique Industrielle. D'autres outils complémentaires du GRAFCET ont été créés. En 1985, SIEMENS (leader européen des automatismes) adopte le GRAFCET et le promeut en Allemagne. En 1986 ALLEN & BRADLEY (leader mondial des automates programmables) adopte et développe le GRAFCET, y compris pour le marché américain. [9]

III.2.2 Dans l'industrie : Le GRAFCET est un outil graphique de définition pour l'automatisme séquentiel, en tout ou rien. Le système de commande se compose en deux parties : Partie Opérative (PO) et partie commande (PC), la première comprend le processus physique que l'on veut piloter (actionneurs, pré-actionneurs, et capteurs), la (PC) constitue l'automatisme qui élabore les ordres destinés au processus et les sorties externes (tel la visualisation) à partir des entrées externes (consigne) et de l'état du système.



III.3 Description de la représentation du GRAFCET

Le GRAFCET est une représentation alternée d'**étapes** et de **transitions**. Une seule transition doit séparer deux étapes.



Une **étape** correspond à une situation dans laquelle les variables de sorties conservent leur état. Les **actions** associées aux étapes sont inscrites dans les **étiquettes**.

Or, Une **transition** indique la possibilité d'évolution entre deux étapes successives. A chaque transition est associée une condition logique appelée **réceptivité**.

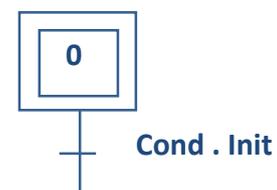
On numérote chaque étape par un entier positif, mais pas nécessairement croissant par pas de 1, il faut simplement que jamais deux étapes différentes n'aient le même numéro.



[9]

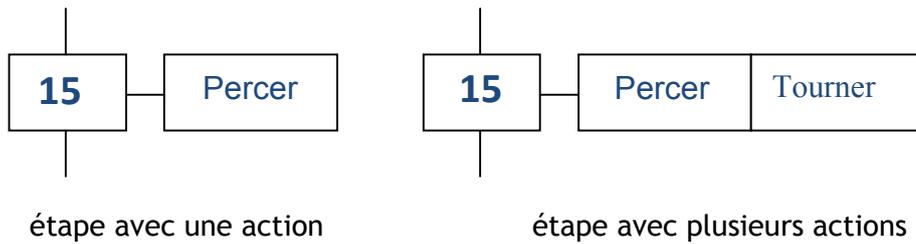
III.3.1 Etape initiale

Certaines étapes sont actives en début de fonctionnement du système automatisé. Ce sont les étapes initiales. Elles se représentent par un double carré. Il peut y avoir plusieurs étapes initiales sur un GRAFCET. Ces étapes peuvent alors être placées n'importe où sur le GRAFCET ou à une seule étape initiale, on privilégiera la position haute pour en faciliter la lecture, on peut aussi rencontrer une étape initiale source.



III.3.2 Actions associées à l'étape

1. Actions simples : On précise pour chaque étape, à l'intérieur d'un rectangle l'action ou les actions à effectuer lorsque l'étape est active.

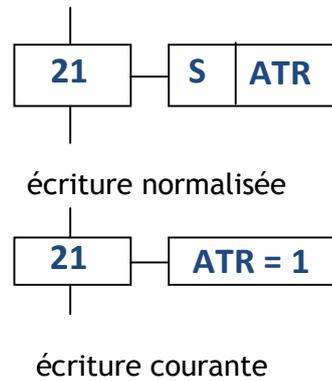


Les actions peuvent être de natures diverses, le rectangle peut avoir des dimensions quelconques et comporter plusieurs actions.

2. Actions conditionnelles : Certaines actions associées à des étapes peuvent être conditionnées par des contraintes externes ou internes.

L'ordre émis peut être :

- soumis à un retard, noté D (Delay),
- d'une durée limitée, noté L (Limited),
- fugitif, noté P (Ponctual)
- maintenu actif, noté S (Set)
- désactivé, noté R (Reset).

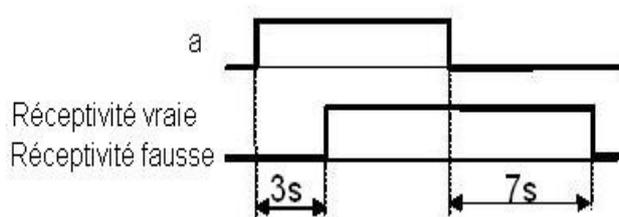


3. Réceptivité dépendante du temps

La notation est de la forme « t1/variable/t2 », dans ce cas ci-contre, la réceptivité n'est vraie que 3s après que « a » passe l'état 1, elle ne devient fausse que 7s après que « a » passe de l'état 1 à 0.

III.3.3 Niveau d'un GRAFCET

Le GRAFCET est modélisé en 3 niveaux :



A - GRAFCET niveau 1 : est le niveau de la partie commande, il décrit l'aspect fonctionnel du système et les actions à faire par la partie commande en réaction aux informations provenant de la partie opérative indépendamment de la technologie utilisée, les réceptivités sont décrites en mots et non en abréviations, on associe le verbe à l'infinitif pour les actions.

B- GRAFCET niveau 2 : est le niveau de la partie opérative, il tient compte de plus de détails des actionneurs, des pré-actionneurs et capteur, la représentation des actions et réceptivités est décrite en abrégés et non en mots, on associe une majuscule à l'action et minuscule à la réceptivité.

C -GRAFCET niveau 3 : pour obtenir ce niveau, au niveau 2, on affecte les informations aux étiquettes d'entrées et les ordres aux étiquettes de sortie, le GRAFCET niveau 3 s'adapte aux caractéristiques de traitement de l'automate programmable industriel.

III.4 Modéliser notre allumage du four par GRAFCET niveau 2

Dans cette partie nous transformerons le langage câblé décrit dans la **Figure II.2** du chapitre 1, en langage programmé, or nous négligerons l'ouverture et la fermeture de la porte.

1- Les abréviations utilisées dans ce GRAFCET de niveau 2

Actions

FSP : Fermer sélecteur principal

AcBPi : Activer Bouton poussoir (i= 1..6)

OCij : Ouvrir contact (ij : ACX)

Pr2: pressostat (pression dans le canal de pilotage suffisant pour l'allumage)

ABZi : Allumer bruleur zone (i = 1, 2)

PC : Provoquer la combustion.

CTMV : Contrôler température du moto-ventilateur.

COM Tf/Tc : Comparer la température du four à celle de consigne.

ECSM: Elever le clapet du Servomoteur.

FCRi, OCRs : Fermer le contact R (indice inf : R1 et R3), Ouvrir le contact R (indice sup)

Ex Bij : Exciter Bobine (ij : AC, ACX, SV, SG, EVG, EVV)

[AC : Air Combustion, ACX: Sécurité Ipsotherme, SV : Sécurité Veilleuses, SG : Sécurité Gaz,
EVG : Electrovanne Gaz, EVV : Electrovanne Veilleuse]

Réceptivité

mst : Mise sous tension.

Cimm : Conditions initiales en mode manuel.

Li : Lampes allumés (i= 1..4).

Bpiac : Bouton poussoir actionné (i = 1..6).

Bijex : Bobine excitée (ij : ac, acx, sv, sg).

Cijf : Contact fermé (ij : ac, acx, sg,sv).

mv : Moto ventilateur en marche.

acxo : Contact (acx) ouvert.

Pri : pressostat (i=1 : gaz d'arrivée général, i= 2 : pilotage).

Evgex : Electrovanne gaz excité.

Evvex : Electrovanne veilleuse excité.

Tziex : Transformateur zone (I=1, 2) excité.

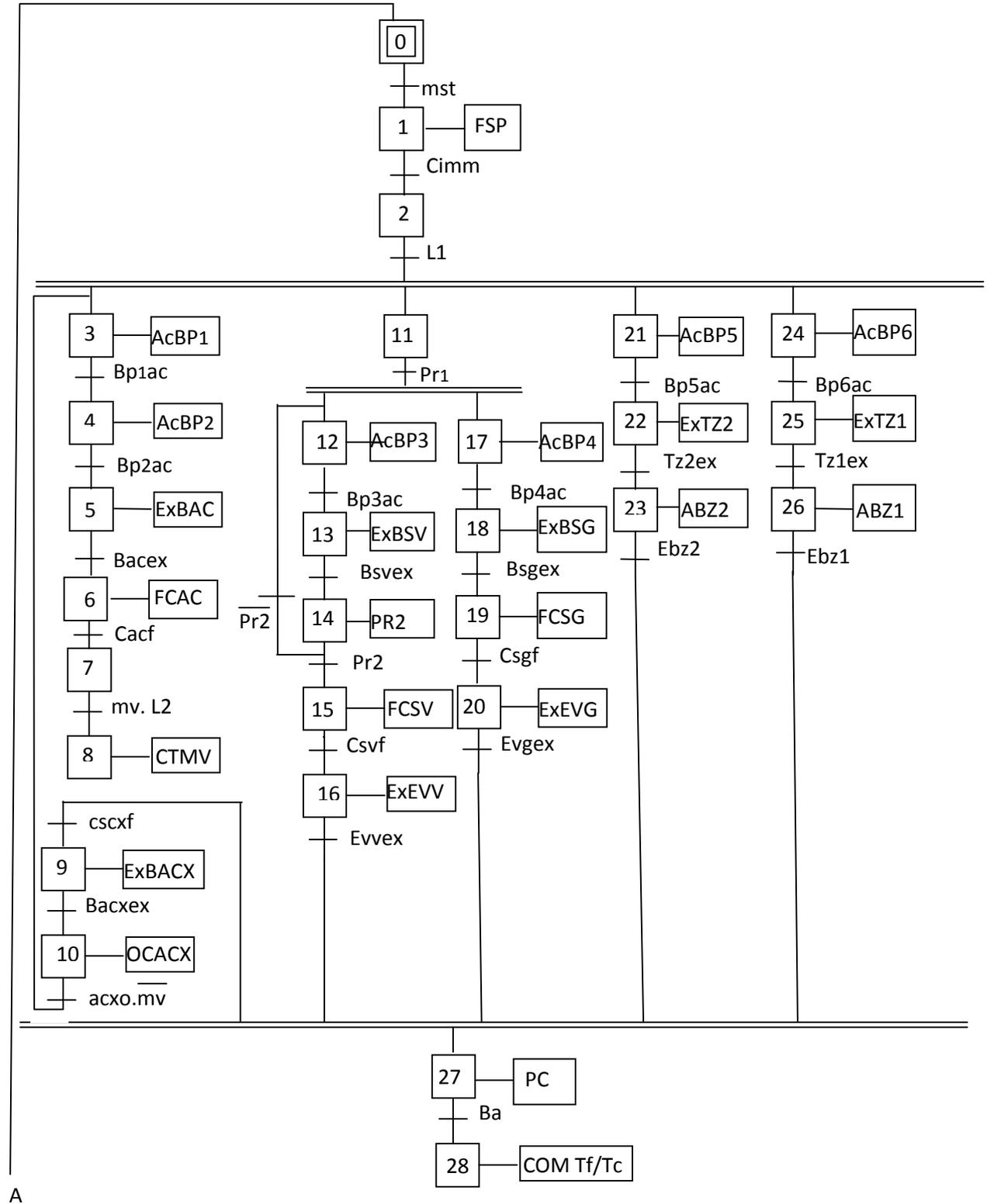
Ebzi : Etincelle au bruleur zone (i =1, 2).

Ba : Bruleur allumé.

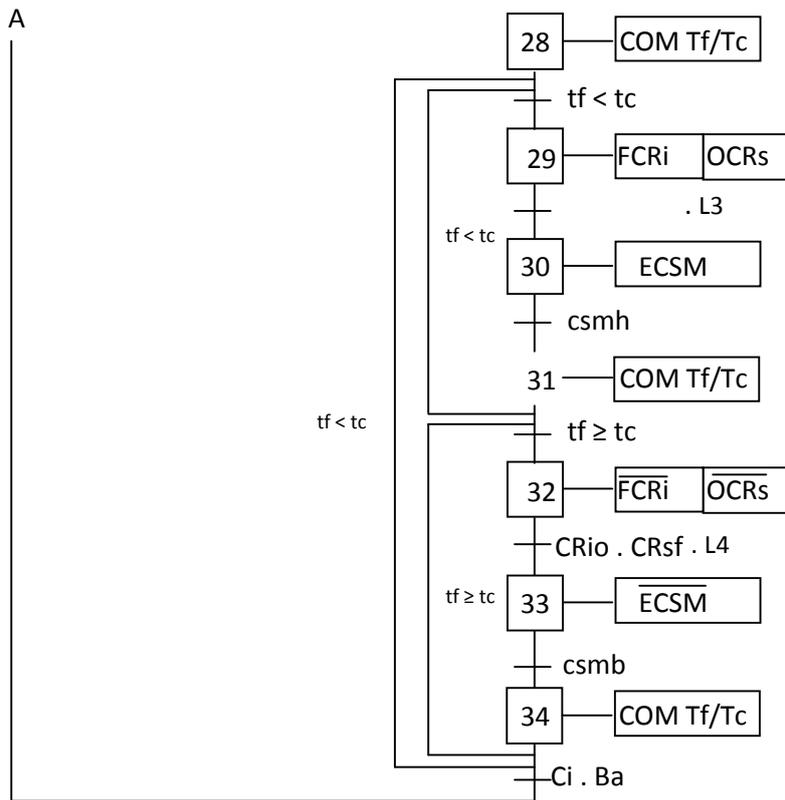
Csm(h,b) : clapet servomoteur (élevé vers le haut ou baissé vers le bas).

{	C (ri, rs) f : Contact Ri ou Rs fermé.	{	Ri : (R1 ou R3) pour indice froid zone 1 ou 2.
	C (ri, rs) o : Contact Ri ou Rs ouvert.		Rs : (R2 ou R4) pour indice chaud zone 1 ou 2.

2 –Le GRAFCET niveau 2



A



3 - Programmation en LADDER

Grace à ce GRAFCET nous pourrons programmer en faisant établir les équations logiques pour chaque étape et action :

Les étapes initiales :

$$Xi = (CAXi + Xi \cdot \overline{CDXi} + \overline{Init}) \cdot \overline{AUDur}$$

$$CAXi = (Xi-1 \cdot Ti-1 + \overline{Init}) \cdot \overline{AUDur}$$

$$CDXi = Xi+1 \cdot \overline{Init} + \overline{AUDur}$$

Les étapes non initiales :

$$Xi = (CAXi + Xi \cdot \overline{CDXi}) \cdot \overline{Init} \cdot \overline{AUDur}$$

$$CAXi = Xi-1 \cdot Ti-1 + \overline{Init} \cdot \overline{AUDur}$$

$$CDXi = Xi+1 + \overline{Init} + \overline{AUDur}$$

Les actions : $A = Xi \cdot \overline{AUDoux}$

Avec : Conditions d'activation (CA), Conditions de désactivation (CD), Arrêt d'urgence dur (AUDur), Arrêt d'urgence doux (AUDoux).

III.5 Conclusion

Le but de cette modélisation est de mettre en profil le fonctionnement de l'allumage déjà décrit en chapitre I, bien que le fait programmer en LADDER, ce qui est déjà automatisé en langage câblé est aisé, mais cette modélisation permettra aux lecteurs non initiés au langages de programmations pour automates de comprendre le mécanisme de programmation, le GRAFCET est un outil de modélisation très puissant qui permet facilement le passage d'un cahier des charges fonctionnelles à un langage d'implantation.

En tenant compte de la complexité et la difficulté du processus ainsi que des contraintes imposés par le centre forge, on à élaboré ce GRAFCET qui obéit aux caractéristique du mode d'allumage du four,

Le GRAFCET permettra de faciliter aux usagers de comprendre le mode que nous préconisant pour automatiser notre four, donc identifier les fonctions nécessaires au bon fonctionnement ainsi que les entrées et sortie de l'automate, pour mieux visualiser les étapes que l'on utilisera dans notre programmation du four, donc en final, de voir l'effet de la suppression de régulateurs et son remplacement par régulation effectuer par un automate, qui assurera l'allumage du four, sa régulation, sa visualisation.

Chapitre IV

*Automate programmable S7-300 et sa
programmation à l'aide du Step7*

IV.1 Introduction

L'introduction de l'informatique dans l'industrie et particulièrement dans le domaine de la fabrication a considérablement accéléré le développement de l'automatisation avec les API (Automate programmable industriel) sont ensuite, apparues des machines à commande numérique, dont les mouvements sont enregistrés sur une unité de stockage et qui peuvent accomplir plusieurs opérations d'usinage.

En effet une automatisation automatique et flexible des machines et des équipements passe par des solutions optimales, adaptées à chaque domaine d'application, ceci concerne aussi bien la construction d'équipements et de machines que l'industrie manufacturière ou le génie des procédés et la fabrication à l'unité ou en série.

D'une façon générale un automatisme est un dispositif qui permet à la machine ou à des installations de fonctionner avec une réduction maximale de l'intervention humaine et qui peut :

- Prendre en charge des tâches répétitives ou dangereuses, pénible à exécuter.
- Contrôler la sécurité du personnel et des installations.
- Accroître la production et la productivité, réaliser des économies de la matière et de l'énergie.
- Accroître la flexibilité des installations pour modifier les produits ou le mode de fabrication.

Ainsi, les API représentent cette solution optimale pour les tâches de commande ou de sécurité grâce à leur robustesse et leur disponibilité sur long terme, ils se prêtent à tout moment à une extension flexible avec des modules d'E/S.

EN Algérie, l'automatisation prend une grande ampleur dans le domaine de l'industrie.

IV.2 Choix de l'automate

Pour proposer à une entreprise un investissement tel un automate, IL est absurde de ne pas prendre le facteur économique en question, la dépense devrait être justifiée du fait qu'elle soit rentable et efficace. Le marché industriel offre une variété de gamme d'automates proposés par de nombreuses firmes, qui offrent les unes et autres des options divers pour répondre aux exigences du marché.

Pour notre four nous changerons la régulation présente en éliminant le régulateur MEDICON et utiliser un automate qui possède le bloc de régulation dans son architecture, et du moment que le but est de centraliser les 4 fours 1000 Kg, il s'imposera de fait que l'automate doit être modulaire " possibilité d'extension doit être permise en cas d'ajout de fours supplémentaire.

Au tour de moi, des chefs d'entreprises optent pour les produits **ZELIO**, d'autres conseille la gamme de produits **Schneider**, vu le fait que ma formation à porter sur le langage de programmation pour automates **Siemens**, et que les prix proposés sont pratiquement concurrentiel et varie vers la même fourchette pour les même options proposés. J'opterai pour la gamme SIMATIC. [10]

Si nous nous intéressant sur les prix proposés on trouve ceci :

- **Les automates S7 200** : La famille S7 200 est la plus petite. Elle peut servir à automatiser de petites applications industrielles ou pour de la domotique chez des particuliers. Les prix varient entre **147€** et **556€**. L'automate peut avoir jusqu'à 40 entrées/sorties pour une mémoire interne de 8 Ko. L'utilisation est aisée et la mise en place est rapide.
- **Les automates S7 400** : Les S7 400 sont les plus puissants. Les prix varient entre 1 033 € pour le S412 à 10 560€ pour le S417-2DP. Ils sont implantés dans des systèmes automatisés complexes demandant une importante puissance de calcul. Ils sont entièrement modulables et évolutifs permettant une grande adaptabilité aux différents besoins.
- **Les automates S7 300** : Les S7 300 sont les automates Siemens les plus vendus grâce à leurs bonnes performances pour une entrée de gamme à prix modéré. Ils sont utilisés dans la majorité des applications industrielles. Il existe une vaste gamme de modules de périphérie pour plus de flexibilité et pour optimiser les automates en fonction des tâches à effectuer. La fourchette de prix va de 400€ à 2800€. Le prix moyen est d'environ 1275€ pour le S314-2DP, que l'on utilisera.



S7-200



S7-400



S7-300

Il est bien visible que

- Le S7-200 n'est pas suffisant en caractéristique pour notre tâche,
- Le S7-400 est chère et son utilisation et sera sous utilisé, vu sa capacité et puissance.
- Le S7-300 répond parfaitement à notre requête, le fait que cet automate peut gérer jusqu'à 32 chaînes industriel, notre travail se fera avec ce choix, comme ceci.

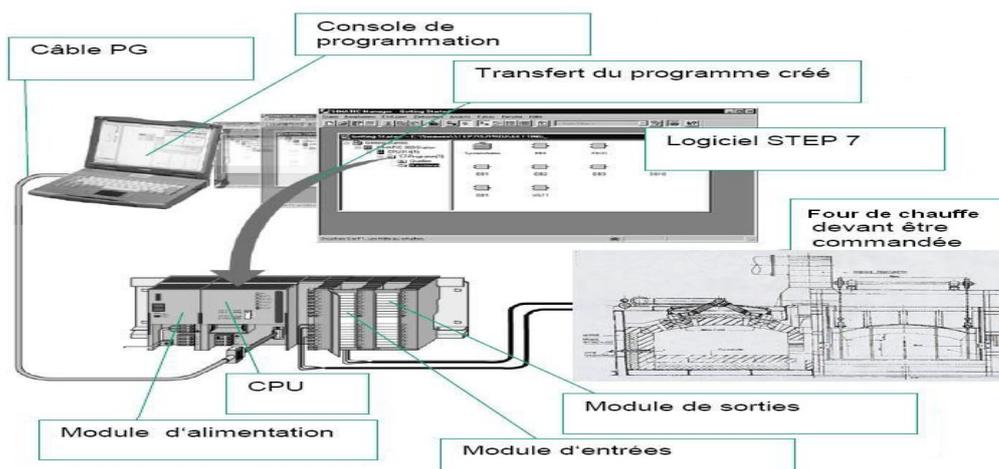


Figure VI.1 : automatisation du four de chauffe

IV.3 Le SIMATIC S7-300

[7]

Le SIMATIC S7-300 est l'automate le plus vendu dans le monde, dans le contexte "Totally integrated Automation", il fait état d'une multitude de référence dans les secteurs industriels les plus variés :

- Fabrication manufacturière.
- Industrie (automobile, d'emballage, agro-alimentaire).
- Construction (mécanique générale, machines spéciales, machines de série).
- Génie des procédés.

Il est conçu pour des solutions dédiés aux secteurs manufacturiers et constitue une plate-forme d'automatisation universelle et optimale pour les applications dans l'architecture centralisée et décentralisée.

IV.3.1 Configuration matérielle

Le S7-300 possède une structure modulaire et compacte, il suffit de disposer d'un profilé pour l'accrochage et le vissage, donc si la tâche nécessite plus de 8 modules, le châssis de base du S7-300 peut être complété avec des châssis d'extension, la configuration maximale possible est de 32 modules à raisons de 8 par châssis, la communication entre les châssis est assurée d'une manière autonome par des coupleurs IM.

la configuration maximale est donc 256 E/S sur une rangée, 1024 E/S sur plusieurs rangées et 65536 E/S en liaison avec une périphérie décentralisée via profibus DP (jusqu'à 125 stations) les emplacements sont librement adressables.

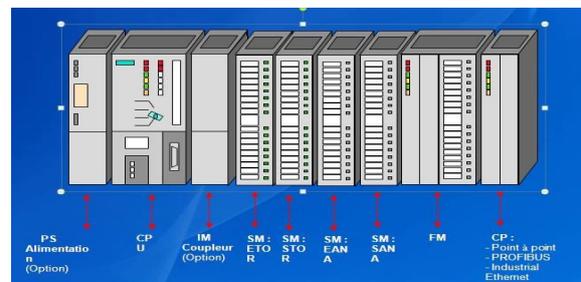


Figure VI.2 : Structure modulaire du S7-300

IV.3.2 Gamme des CPU

La CPU lit les états des signaux d'entrées, exécute le programme utilisateur et commande les sorties, dans notre travail on a choisit de travailler avec **CPU 314C-2DP**.

Une vaste gamme CPU est disponible pour la réalisation d'un automate, elles générant grâce à leur vitesse d'entraînement élevé des temps de cycle court.

Il existe des CPU compacte de 80mm ou de 120mm de largeur dotées d'une périphérie intégrées (TOR/analogique) et de fonctions technologiques intégrées, ce qui évite maints investissements dans des modules supplémentaires par exemple :

- Comptage/ Mesure rapide avec accès direct aux compteurs industrielles.
- Positionnements simple avec commande directe des variateurs de fréquence MICROMASTER.
- Régulateurs PID avec bloc fonctionnel intégré.



Figure VI.3 : CPU 314C-2DP

Dans notre travail on a choisit de travailler avec : **CPU 314C-2DP**.

IV.3.3 Le commutateur de mode indique :

- MRES : effacement général (module reset).
- STOP : arrêt, le programme n'est pas exécuté.
- RUN : le programme exécuté, accès en lecture seule avec une PG.
- RUN.P : le programme est exécuté, accès en lecture et en écriture avec une PG.

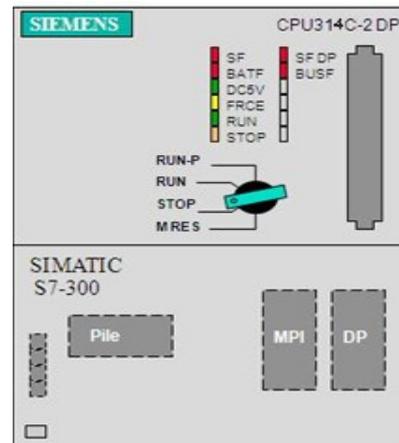


Figure VI.4 : commutateur du CPU

IV.3.4 Microcarte mémoire MMC

La mémoire de chargement est hébergée sur une SIMATIC Micro Memory Card (MMC).

Sa taille correspond exactement à celle de la MMC. Elle sert à l'enregistrement de blocs de code et de données, ainsi que de données système (Configuration, Liaisons, paramètres de modules.. etc).

La MMC est un support de mémoire compact satisfaisant aux exigences industrielles les plus élevées en matière de protection électrostatique et de robustesse mécanique, elle autorise plus de cycles d'écriture.

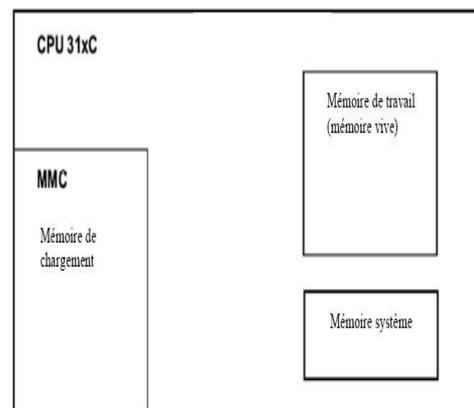


Figure VI.5 : Microcarte mémoire

Les blocs identifiés comme non importants au déroulement du programme seront exclusivement enregistrés dans la mémoire de chargement.

En outre, on peut stocker l'ensemble des données d'analyse d'un projet sur la MMC

IV.3.5 Gamme de modules

La vaste gamme de modules S7-300 permet une adaptation modulaires aux tâches les plus diverses, l'automate supporte de multiples tâches technologiques et offre de vastes possibilités de communication, c'est la CPU avec les fonctions et interfaces intégrées exige une large gamme de modules spécifiques pour la technologie et la communication :

1-Technologie : les modules de fonctions sont des modules intelligents qui exécutent les tâches technologiques, leur rôle intervient lorsqu'on fait face à de forte exigence de précision et de dynamique.



Figure VI.6 : Module pour S7-300

2-Communication : les processus de communication permettent de raccorder l'automate s7-300 aux divers systèmes de bus, réseaux ainsi qu'au couplage point à point.

Le couplage point à point via module de communication (CP) est une alternative très performante aux systèmes bus, son avantage se manifeste lorsqu'il faut coupler peut d'appareils au SIMATIC S7.

Les données de configuration sont chargées dans un bloc de données systèmes qui est stocké sur la CPU, en cas d'échange de modules, le nouveau module est immédiatement disponible.

IV.3.5.a Les différents types de modules

- a- **Module d'alimentation (PS)** : Dans notre cas pour le S7-300 la tension d'alimentation est de 24V, assuré en convertissant la tension 380/220V en tension 24V, ce module permet de sauvegarder le contenu des mémoires RAM au moyen d'une pile de sauvegarde ou d'une alimentation externe, il permet aussi de la surveillance et la signalisation à l'aide de LEDS, on utilisera pour notre cas la **PS 307**.
- b- **Modules d'entrées et sorties** : Ces modules constituent l'interface du SIMATIC S7 avec le processus, une multitude de modules TOR et analogique différents met à disposition le nombre exactement nécessaire d'entrée/sortie TOR et analogiques pour la tâche considéré, on compte : *Modules de signaux (SM), Modules d'entrées/sorties TOR, Modules d'entrées ETOR, Modules d'entrées STOR, Modules d'entrées analogiques, Modules d'entrées analogiques EANA, Modules de sorties analogiques SANA.*
- c- **Coupleurs (IM)** : Les coupleurs IM 360/IM361 ou IM 365 permettent de réaliser des configurations à plusieurs châssis.
- d- **Module réservation** : Le module de réservation DM 370 occupe un emplacement pour module de signaux non paramétré, Cet emplacement est donc réservé pour le montage utilisateur d'un composant par exemple module de fonction.
- e- **Module de fonction (FM)** : Les modules de fonctions offrent les fonctions de comptage, positionnement et régulation.
- f- **Module de communications (CP)** : Les modules de communication permettent d'établir les liaisons homme-machine ou machine-machine à l'aide du point à point, Profibus et Industrial Ethernet .

IV.3.5.b Simplicité de montage

Les capteurs/actionneurs se raccordent par le connecteur frontal et pour remplacer un module il suffit d'enficher le connecteur sur le nouveau module de même type sans décalage.

IV.3.5.c Haute densité d'implantation

Le grand nombre de voies par module explique la structure compacte du S7-300, il existe des modules avec 8 à 32 voies TOR et avec 2 à 8 voies analogiques.

IV.3.5.d Diagnostic, alarmes

De nombreux modules assurent la surveillance, l'appareil peut réagir immédiatement à un défaut du processus, par exemple rupture d'un fil ou court circuit, et à un événement du processus quel qu'il soit, par exemple aux fronts de montée ou de descente sur une entrée TOR.

IV.3.6 La configuration matériel et logicielle requise

Pour assurer un bon fonctionnement on doit avoir :

- 1- Un PC, haute performance (1Go Ram) ou PG.
- 2- Système d'exploitation : Windows 2000/XP.
- 3- Logiciel: Step-7 version 5.3, WinCC flexible 2005 + SP1 WinCC flexible 2005.
- 4- Automate SIMATIC S7- 300.
- 5- Cable MPI.

IV.4 Programmation de l'automate à l'aide du Step7

[12]

Dans STEP 7, chaque projet est créé selon une structure prédéfinie. Les programmes sont enregistrés dans les répertoires suivants :

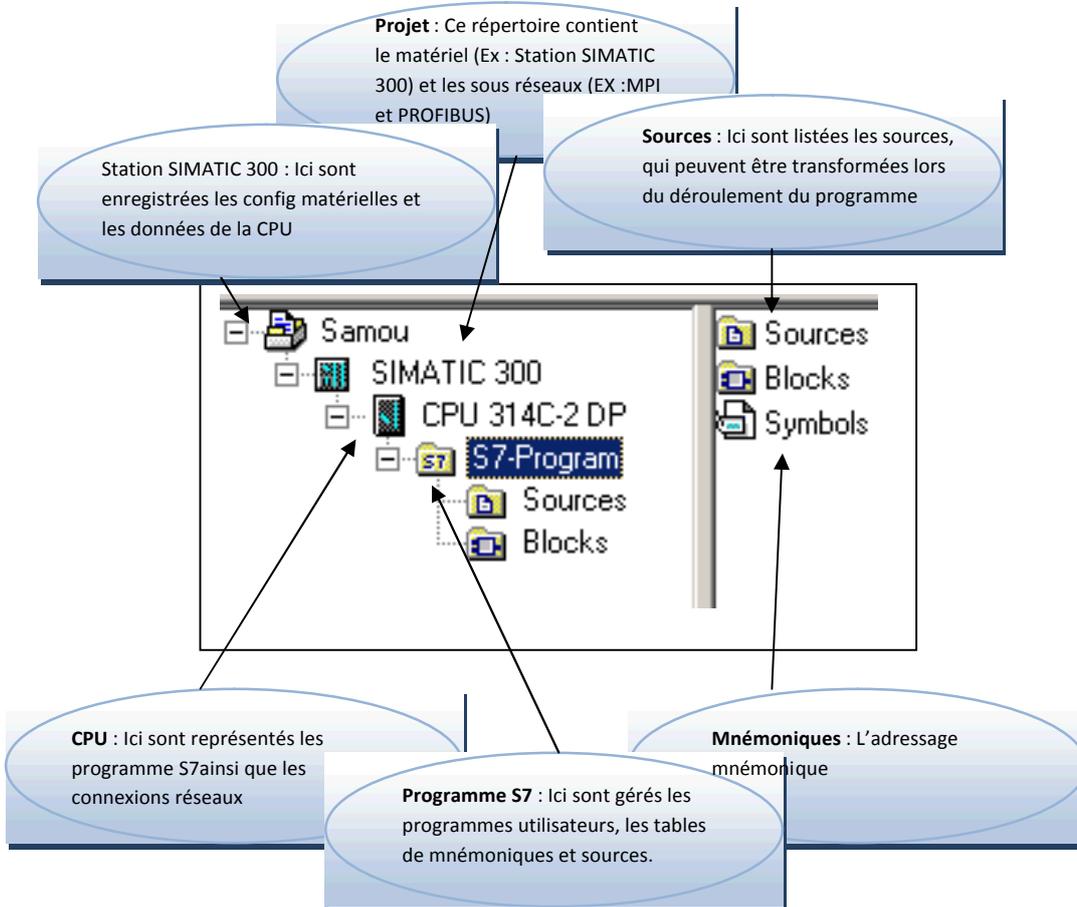
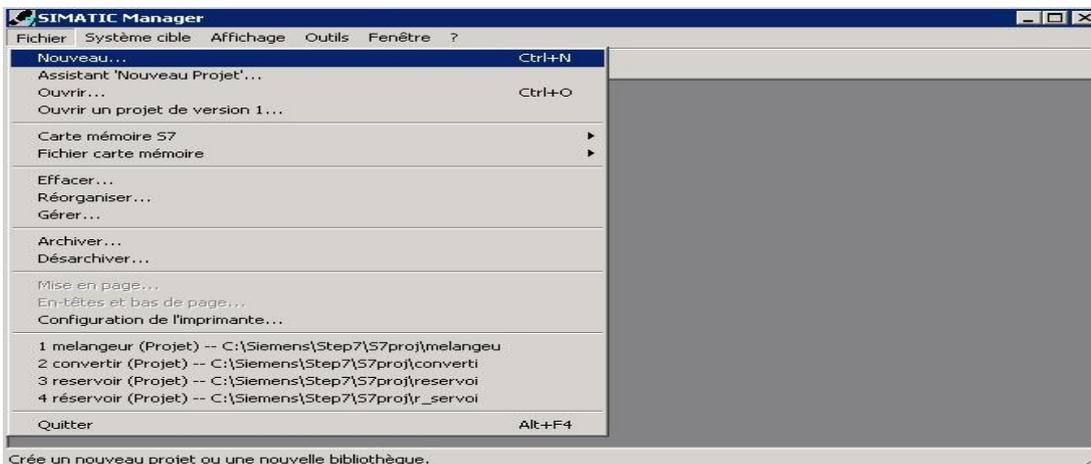


Fig VI.7 : Structure de programmation pour le Step 7

IV.4.1 Comment configurer le projet ?

Les programmes STEP 7 sont organisés en projet. On crée maintenant un projet de ce type (→ Fichier → Nouveau)



➤ Insérez ensuite une **'Station SIMATIC 300'**. (→ Insertion → Station → Station SIMATIC 300)

➤ Double-cliquez sur **'Matériel'** pour ouvrir le panneau de configuration. (☞ Matériel)

➤ Ouvrez le catalogue matériel en cliquant sur l'icône . (→ )

➤ Ici, vous trouverez, répartis en différents répertoires :- PROFIBUS-DP, SIMATIC 300, SIMATIC 400 et SIMATIC

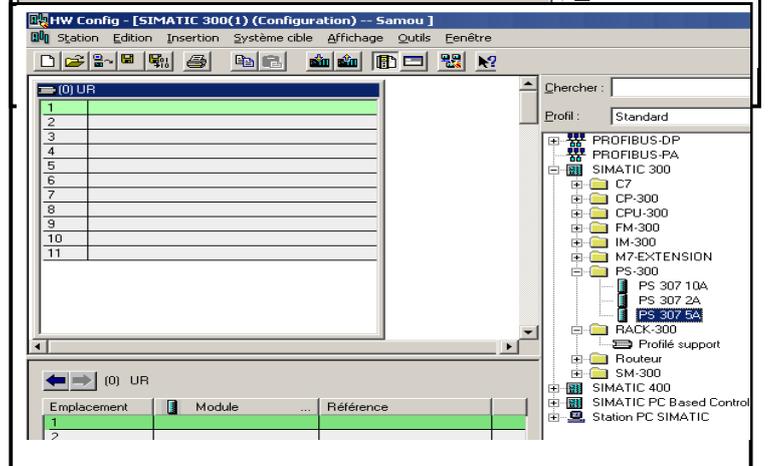
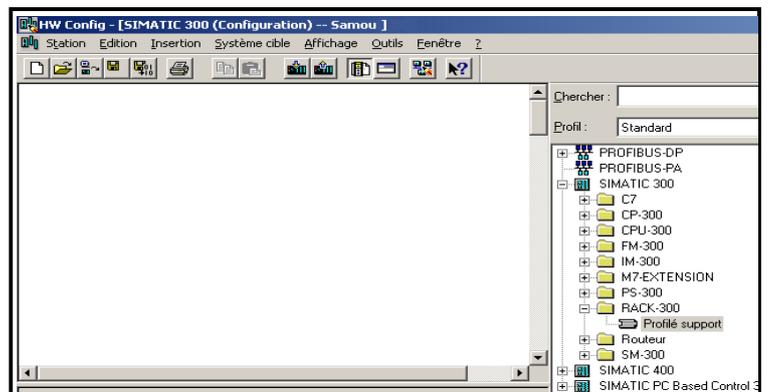
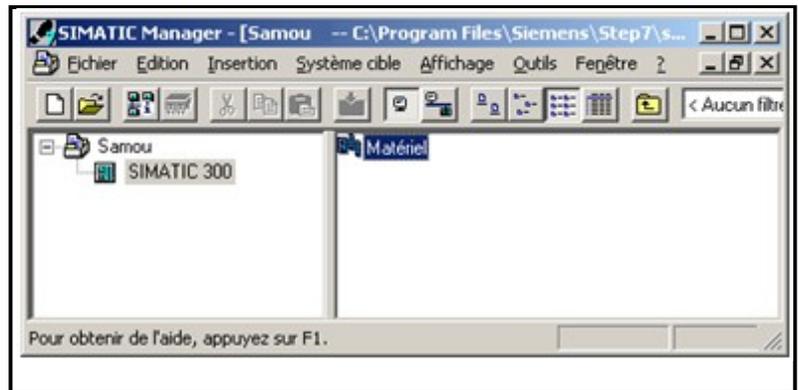
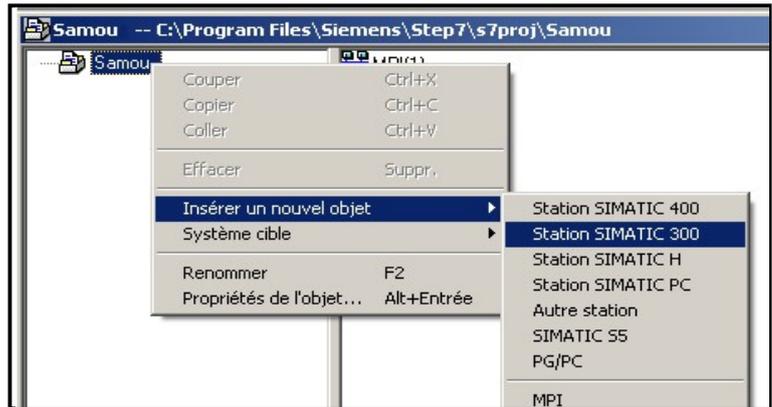
➤ PC Based Control, tous les supports, les modules et les interfaces à votre disposition pour l'étude de votre assemblage matériel.

➤ Insérez un **'Profilé support'** en double cliquant (→ SIMATIC 300 → RACK-300 → Profilé support).

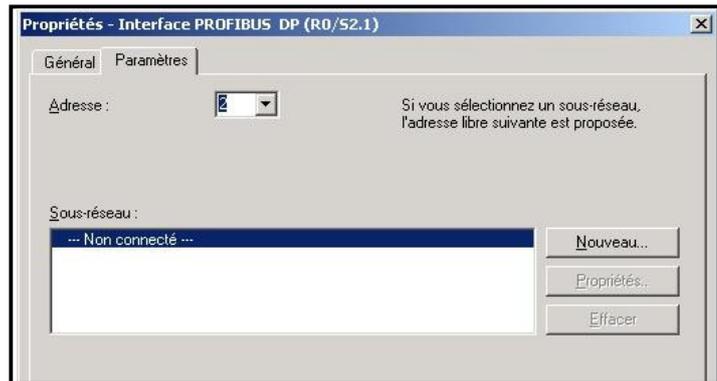
➤ Ensuite, un tableau de Config. pour l'assemblage du rack 0 s'affiche automatiquement. Depuis le catalogue matériel, on peut maintenant sélectionner les modules et les insérer dans le tableau de configuration. Ces modules sont effectivement connectés à votre rack réel.

➤ Pour cela, vous devez cliquer sur la désignation du module, et la glisser coller dans une ligne du tableau de configuration.

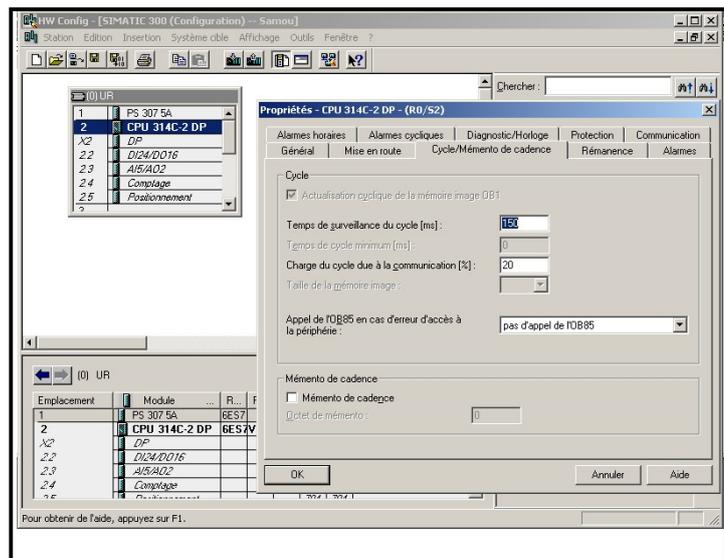
➤ Nous commençons par le bloc d'alimentation **'PS 307 5A'**. (→ SIMATIC 300 → PS-300 → PS 307 5A)



➤ La boîte de dialogue suivante permet d'ajuster l'interface PROFIBUS intégrée. Puisque que nous ne l'utilisons pas ici, nous validons le paramétrage avec ,OK' (→ OK).



➤ Vous pouvez modifier les caractéristiques de chaque module. (→ cliquer sur le module → modifier les caractéristiques → OK).



➤ Les adresses du module d'entrée/sortie peuvent seulement être modifiées pour la CPU S7-300 avec interface PROFIBUS intégrée. Pour cela, double-cliquez sur les modules correspondants, puis ajustez-les dans l'onglet 'Adresses'.

Les adresses devront toujours être indiquées (autrement l'attribution automatique des adresses s'effectue en liaison avec le poste d'enfichage). (→ DI24/DO16 → Adresses → décocher la valeur par défaut système → 0 → OK)

Le tableau de configuration est enregistré et compilé en cliquant sur , puis , puis sur  pour le

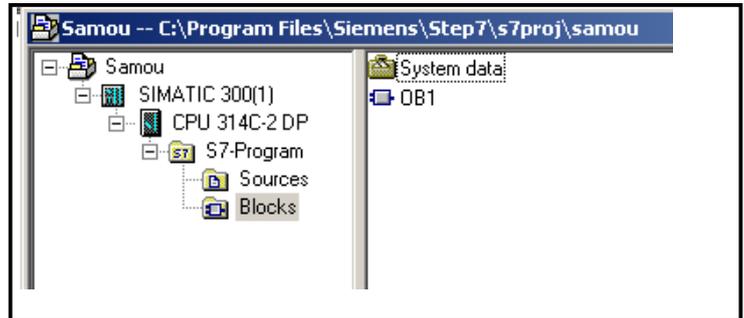
charger dans l'automate. L'interrupteur à clé amovible de la CPU doit être sur la position STOP !

(→  → )

IV.4.2 Comment écrire un programme sur l'automate ?

Structure d'un projet :

➤ Cliquez sur le répertoire « Blocs » (ou sur l'item « Blocs »). La fenêtre de droite devient alors :

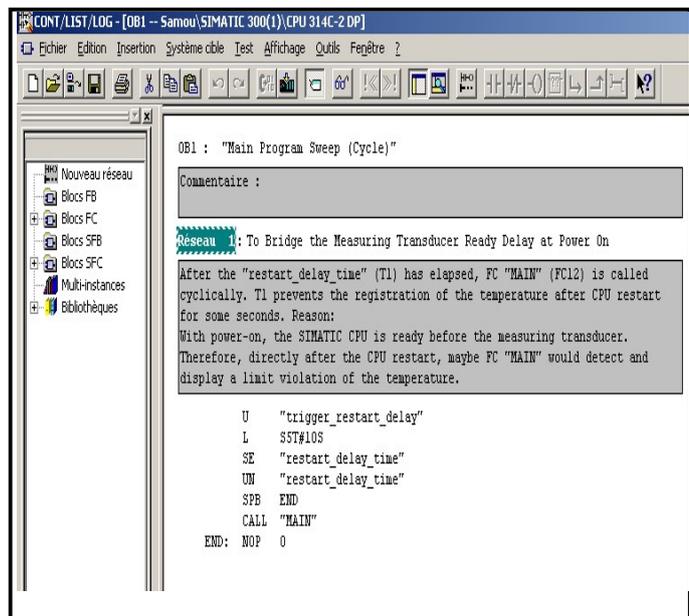


L'item identifié « OB1 » est le bloc organisationnel résultant de la création du projet.

➤ Double cliquez sur l'item « OB1 » pour lancer le logiciel « STEP 7 ». La fenêtre de l'éditeur apparaît alors.

Dans la fenêtre de gauche, nous retrouvons la page de l'éditeur de programme. On y retrouve :

- Un champ pour insérer le titre du bloc (optionnel);
- Une zone de commentaire pour décrire la fonction du bloc (optionnel);
- Un ensemble de réseaux (ou barreaux) ayant :
 - Un champ pour insérer le titre du réseau (optionnel);
 - Une zone de commentaire pour le réseau (optionnel);
 - La zone de programmation du réseau.



IV.5 Programmer Le bloc de Régulation de Température

[8]

IV.5.1 Blocs utilisateurs

IV.5.1.1 Bloc d'organisation (OB) Ils constituent l'interface entre le système d'exploitation et le programme utilisateur, Ils sont appelés pour par le système d'exploitation et gèrent le traitement de programme cyclique et déclenché par alarme, ainsi que le comportement à la mise en route de l'automate programmable et le traitement des erreurs.

L'exécution d'un OB peut être interrompue par l'appel d'un autre OB, cette interruption se fait selon la priorité; les OB de priorité plus élevée interrompent les OB de priorité plus faible.

IV.5.1.2 Bloc de données (DB) Ils servent à stockées, Ils ya deux types :

Blocs de données d'instance : sont associés à chaque appel de bloc fonctionnel transmettant des paramètres, Il contient les paramètres effectifs et les données statiques du FB, On appel instance l'appel d'un bloc fonctionnel.

Blocs de données globaux : Ils servent à l'enregistrement de données utilisateurs, Ils contiennent des données variables que le programme utilisateur utilise. Ils servent aussi à l'enregistrement de données utilisateur pouvant être utilisées par tous les autres blocs.

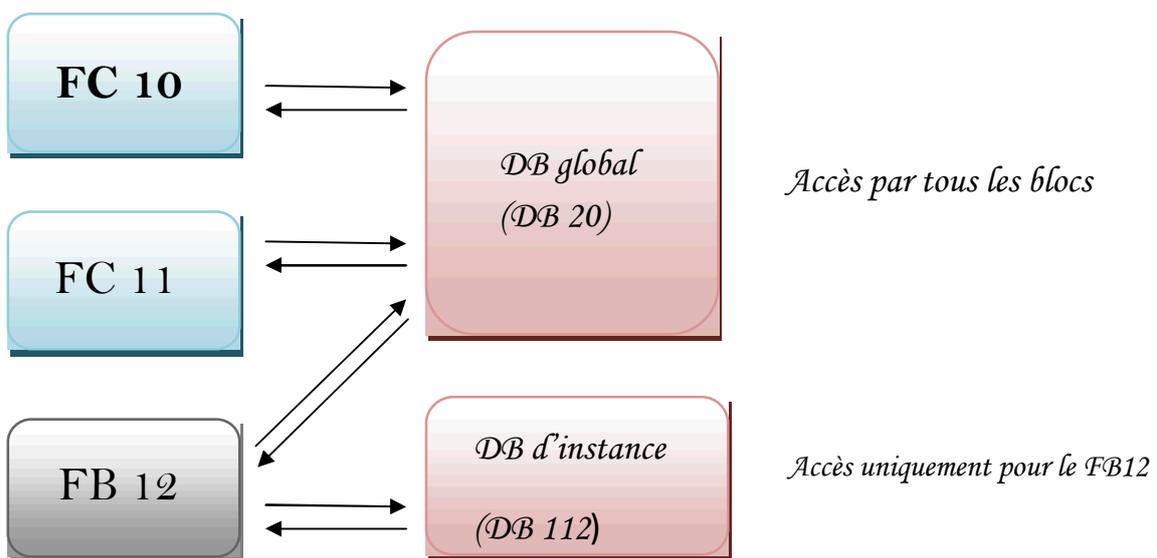


Figure VI.8 : Les différents accès aux blocs de données

IV.5.1.3 Fonction (FC) est un bloc contenant un segment programme mais qui ne dispose pas d'une zone mémoire, les fonctions contenant des routines de programme pour les fonctions fréquemment utilisées, elles peuvent faire appel à des blocs de données globaux pour la sauvegarde des données.

IV.5.1.4 Bloc fonctionnel (FB) est un bloc avec rémanence, un bloc de données d'instance lui est associé qui en constitue la mémoire. Les paramètres transmis au FB ainsi que les variables statiques sont sauvegardés dans le bloc de données d'instance, les données d'instance, ces données sauvegardées dans le bloc de données d'instance ne sont pas perdues à l'achèvement du traitement du FB.

IV.5.2 Le FB58 " TCONT_CP"

Pour notre travail nous travaillerons avec le régulateur de température continu FB " TCONT_CP"

Le FB58 " TCONT_CP" sert à la régulation du processus thermiques, au moyen d'une commande continu, on peut paramétrer ce bloc et activer des fonctions du régulateur PID en fonction de nos besoins à l'aide de l'outil de paramétrage, Il fonctionne suivant un algorithme PID complété par des fonctions spécifiques aux processus thermiques. Donc, le régulateur fournit des valeurs réglés en sorties analogiques, qu'on désignera LMN, on cas d'augmentation de température la valeur de réglage c'est la LMN qui augmente la puissance de chauffage de notre four, Ce bloc contient un module d'optimisation capable de régler lui-même les paramètres PI/PID,

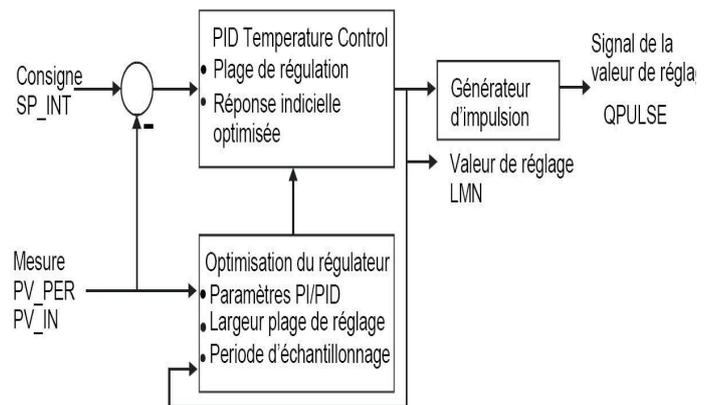


Figure VI.9 : Schéma fonctionnel du régulateur.

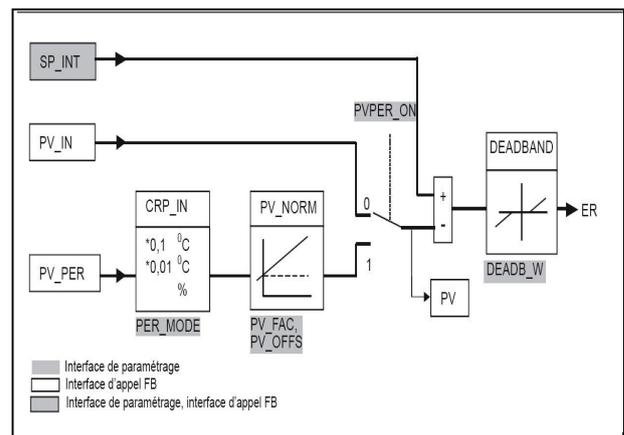


Figure VI.10 : Formation du signal d'écart

❖ **La consigne** : doit être sous forme physique à virgule flottante ou en cas de forme de pourcentage à l'entrée SP_INT (la consigne et la mesure doivent avoir la même unité).

❖ **La mesure (PVPER_ON) :**

- Si on choisi (True) : la mesure sera affectée selon (PEW) à l'entrée PV_PER.
- Sinon pour (False) : la mesure en virgule flottante à l'entrée PV_IN.

❖ **Le format de mesure (CRP_IN) :** c'est une fonction qui convertit la valeur de périphérie en fonction du commutateur PER_Mode en virgule flottante.

PER_MODE	Sortie de CRP_IN	Type d'entrée analogique	Unité
0	PV_PER * 0.1	Thermocouples ; PT100/NI100 ; standard	°C ; °F
1	PV_PER * 0.01	PT100/NI100 ; climat ;	°C ; °F
2	PV_PER * 100/27648	Tension/courant	%

Dans notre cas on choisit :

- PER_Mode=0, du moment qu'on travail avec une pyrométrie. Donc la sortie du **CRP_IN** sera **PV_PER*0.1** ; avec unité °C.

❖ **Normaliser la mesure PV_Norm :** cette

fonction calcule la sortie CRP_IN d'après la règle suivante :

$$\text{"Sortie de PV_NORM"} = \text{"Sortie de CPR_IN"} * \text{PV_FAC} - \text{PV_OFFS} ;$$

Calcul des paramètres :

- PV_FAC = plage des valeurs possibles de PV_NORM/plage des valeurs possibles de CRP_IN;
- PV_OFFS = LI(PV_NORM) - PV_FAC * UG(CRP_IN) ; avec UG : limite inférieure

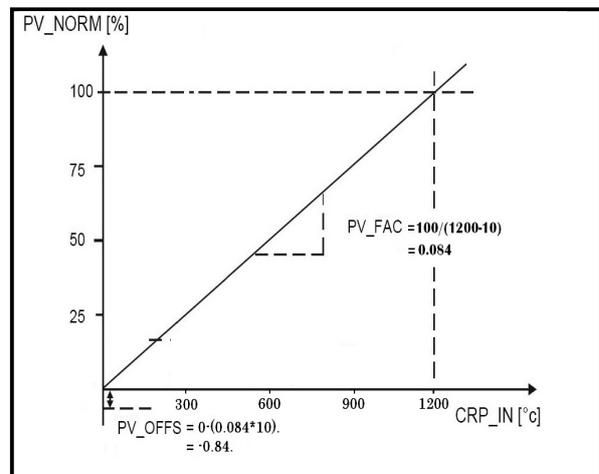


Figure VI.11 : Normalisation de la mesure

Dans notre cas si nous voulons entrer la consigne

sous forme de pourcentage, il faut convertir la plage de température « 10°C-1200°C » connecté à CRP_IN en pourcentage :

- PV_FAC = 0.084.
- PV_OFFS = -0.84.

❖ **Formation du signal d'écart**

Le signal d'écart précédant la zone morte correspond à la différence entre la valeur de consigne et la mesure, la valeur de consigne et la mesure doivent avoir la même unité.

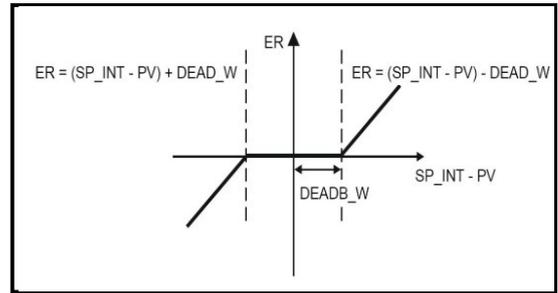


Figure VI.12 : Zone morte

❖ **Zone morte (DEADB_W) :** Le signal d'écart comprend une zone morte (DEADBAND) qui permet de supprimer une faible oscillation.

- Lorsque DEADB_W = 0.0, la zone morte est désactivée.
- Le signal d'écart effectif est indiqué par le paramètre ER.

IV.5.2.1 Algorithme PID

Dans cet algorithme les actions (Prop , Int, Der) sont montées en parallèle et peuvent être activées individuellement pour avoir (P,PI,PI,PD ou PID),

▪ En mettant TI et TD à 0.0, on obtient un régulateur P pur au point de fonctionnement, La réponse indicielle dans la plage de temps correspond à :

$$LMN_Sum(t) = GAIN * ER(0) \left(1 + \frac{1}{TI} * t + D_F * e^{-\frac{t}{TD/D_F}} \right)$$

Où :

LMN_Sum(t) : grandeur réglé lors du fonctionnement automatique du régulateur

- ER (0) :** pas du signal d'écart.
- GAIN :** gain du régulateur.
- TI :** temps d'intégration.
- TD :** temps de dérivation.
- D_F :** facteur de dérivation.

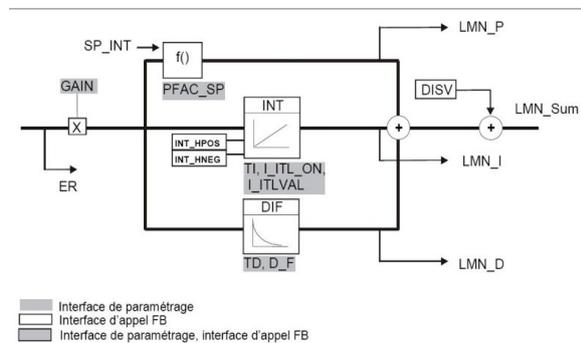


Figure VI.13 : Schéma fonctionnel de l'algorithme PID

IV.5.2.1.a Intégrateur (TI, I_ITL_ON, I_ITLVAL)

En mode manuel : LMN_I = LMN - LMN_P - DISV.

- Si, Ti = 0.0, on désactive l'action Intégrale.
- Si on change de consigne, l'action Prop. diminue pour éviter les dépassements, à l'aide du (PFAC_SP) qui varie sur la plage [0.0-1.0].
 - PFAC_SP = 1.0, lors du changement de consigne l'action Prop est complètement active.
 - PFAC_SP = 0.0, lors du changement de consigne l'action Prop est désactivé.

IV.5.2.1.b Dérivateur (TD, D_F)

- La désactivation de l'action par dérivation D du régulateur s'obtient avec $TD = 0.0$
- Lorsque l'action par dérivation D est activée, l'équation suivante doit être respectée : $TD \geq 0.5 * CYCLE * D_F$
- réglé (régulation commandée).
- Si la mesure PV se situe dans la plage de régulation (CON_ZONE), la grandeur réglée prend la valeur de l'algorithme PID, LMN_Sum (régulation automatique).

IV.5.2.1.c Mode manuel (MAN_ON, MAN)

On peut choisir entre le mode manuel et le mode automatique. En mode manuel, la grandeur réglée est ajustée en fonction d'une valeur manuelle, l'intégrateur (INT) est ajusté de manière interne à $LMN - LMN_P - DISV$ et le dérivateur (DIF) est mis à zéro puis ajusté de manière interne, le passage au mode automatique s'effectue donc sans à-coups.

IV.5.2.1.d Limitation de la valeur réglée

La fonction LMNLIMIT permet de la limiter entre LMN_HLM et LMN_LLM , les bits de signalisation $QLMN_HLM$ et $QLMN_LLM$ indiquent que les limites sont atteintes, en cas de limitation de la valeur réglée, l'action par intégration est désactivée. Dans le cas d'un signal d'écart qui déplace l'action par intégration I dans le sens de l'étendue de réglage interne, l'action par intégration I est à nouveau activée.

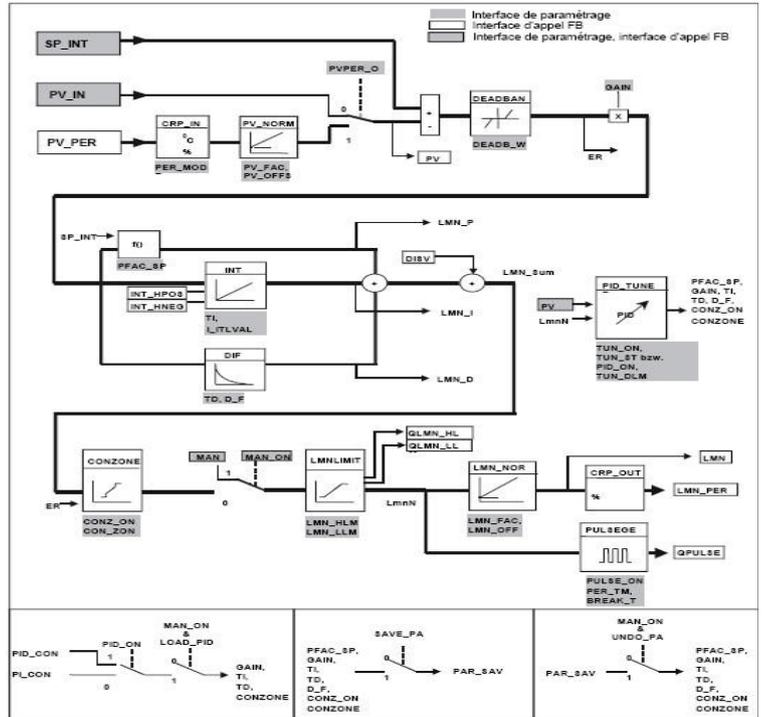


Figure VI.14 : Schémas fonctionnel global du régulateur FB58

IV.5.2.2 Programmation du bloc de régulation FB58

A partir de SIMATIC manager, si on appelle le bloc en CONT on aura le bloc montré en figure III.15:

Le FB TCONT_CP doit être appelé de manière équidistante. On utilise à cet effet une alarme cyclique (par ex : I0B35 dans S7-300).

- La période d'échantillonnage du régulateur ne devrait pas dépasser 10 % du temps d'intégration (TI) déterminé pour le régulateur : $CYCLE \leq TI/10$.
- Le rapport suivant devrait généralement assurer une résolution de la valeur réglée suffisamment précise : $CYCLE_P \leq PER_TM/50$.

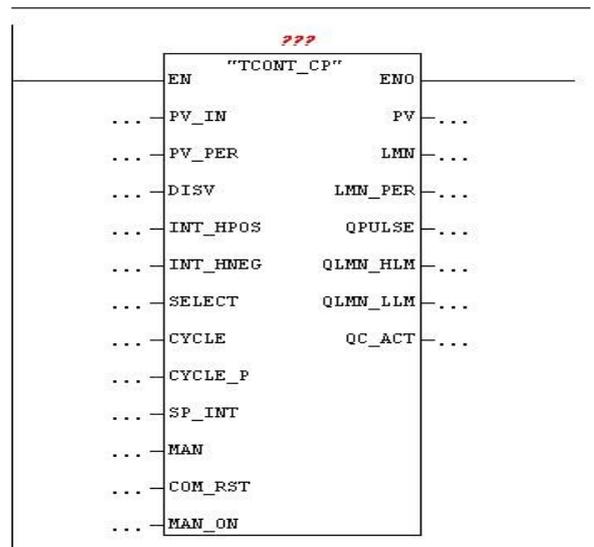


Figure VI.15 : le bloc FB58 affiché en Cont

Pour notre cas on prendra $CYCLE_P=100$ ms, $SELECT=0$, le bloc de régulation et le bloc de processus sont appelés dans l'OB 35 avec un temps de cycle d'alarme cyclique de 100 ms. Les bits de démarrage du régulateur et du système sont mis à 1 au moment du démarrage de l'OB 100.

- On ouvre l'outil de paramétrage en effectuant un double clic sur le DB d'instance DB_TCONT_CP dans SIMATIC Manager.
- Dans le menu Outils, on choisit la commande Optimisation du régulateur.
- On sélectionne "Paramètres PID" et on clique sur Suivant.
- Sélection "Optimisation par accostage du point de fonctionnement avec échelon de Consigne " Paramétrez le point de fonctionnement à 898 et la valeur réglé à 1200,

IV.5.3 Conclusion

Nous avons présenté l'automate programmable, le S7 300, que nous avons choisis comme solution adéquate et extensible, facile à adapter aux divers conditions à condition de maîtriser son langage de programmation Step 7, qui est un langage de programmation très évolué vu ses interfaces facile et ses fonction logicielles qu'il présente, se programme en langage LADDER, sa structure (tache par bloc) et le fait de pouvoir insérer des commentaires sur le programme, le rends plus facile et plus clair à manipuler.

Une fois que ce programme d'allumage à été finaliser, on procède en deuxième lieu au remplissage des paramètres du bloc de régulation de la température tel qu'on la expliquer dans ce chapitre, les valeurs des paramètres PID seront celle trouver par calcul au chapitre I.

Notre programme doit être compilé à l'aide du S7-PLC, afin d'éviter de causer des dégâts sur notre four, il à été établi que notre four doit être visualisé pour qu'il soit gérer contre tout imprévu et en marge des autres fours qui seront mis ou non en service, pour cela on a choisis de visualiser uniquement le facteur principal pour le chauffe qui est la variation de la température.

Chapitre V :

*Visualisation de la température
du four de chauffe en utilisant le
TP107A, programmé avec
WinCC flexible.*

V.1 Introduction

Nous visualiserons dans ce chapitre la température du four, en utilisant un écran d'affichage à touches tactiles, nous utiliserons à cet effet le panneau de contact TP 170A que l'on programmera à l'aide du logiciel WinCC flexible, le centre de forge travail quotidiennement de 4h du matin à 16h, avec une interruption "pause déjeuné" à 10h, le four devra pendant cette période être à une consigne inférieure pour éviter des pertes considérables, or notre panneau doit nous permettre de changer de consigne de travail, de travailler sur des plages différentes de température d'une manière aisée, et de détecter les dépassements dangereux.

V.2 Présentation du WinCC flexible

SIMATIC WinCC flexible est un logiciel HMI (Humain Machine Interface) qui tourne sous Windows et convient à toutes les applications au niveau machine et orienter processus dans le domaine industriel, Il permet une configuration de tous les postes opérateurs SIMATIC HMI, la gamme s'étend des Micro Panel, conçus pour les applications avec le (S7-200) aux solutions réalisées avec des SIMATIC Panel PC et salle de commande locale équipée de PC standard.

En développant WinCC flexible, SIMATIC HMI a réalisé un pas important dans l'innovation de son paysage informatique, cette étape ne forme cependant que l'élément initial d'une stratégie rigoureuse dédiée à la mise en pratique d'une idée ambitieuse : la création d'une plateforme logicielle pour toutes les tâches HMI, de la configuration d'un Micro Panel à la visualisation de processus par un système multiposte.



[9]

V.2.1 Visualisation

SIMATIC HMI de *Siemens Automation and Drives* constitue une panoplie complète d'outils du même fabricant pour de nombreuses tâches de contrôle-commande, avec utilisation du logiciel de supervision pour un contrôle-commande au niveau machine : Les pupitres SIMATIC sont disponibles en tant que purs terminaux d'exploitation, en version Multi Panels avec système d'exploitation intégré pour ressources système supplémentaires et en combinaison avec l'automate S7-300 en tant que système complet, les performances des pupitres SIMATIC sont essentiellement déterminées par leur logiciel : *WinCC flexible* qui permet une configuration cohérente de tous les pupitres, avec un affichage clairement structuré il s'adapte aux différents pupitres :

A - Push Bouton Panels

Compatibles bus, ils sont l'alternative communicante aux panneaux à touches. Ils sont livrés prêts à l'emploi et ne nécessitent aucun logiciel de configuration. Les adaptations s'effectuent directement sur l'appareil par paramétrage, sans logiciel de configuration spécial.

B - Micro Panels

Conçus pour les applications avec le micro automate SIMATIC S7-200 pour les fonctions d'automatisation d'entrée de gamme.

C - Mobile Panels

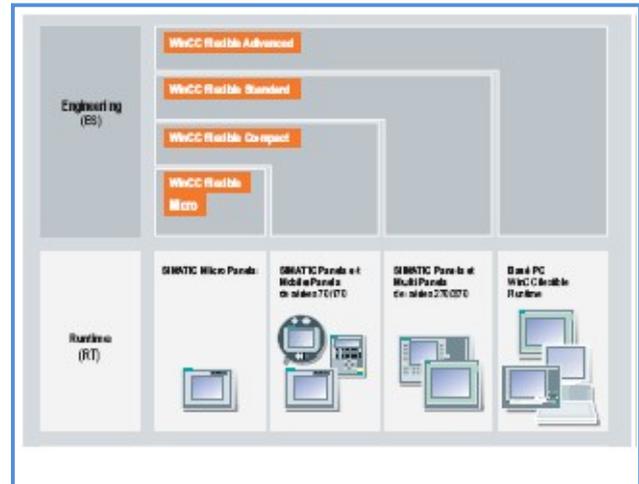
Les pupitres opérateur portables sont conçus pour la conduite et la supervision sur site, avec accès direct au processus et surveillance visuelle des opérations. Les possibilités simples et fiables de connexion/déconnexion en cours de fonctionnement et d'opération mobile offrent une grande souplesse d'emploi sur les machines et installations.

D - Panels

Pupitres proposés en différents niveaux de performances pour la conduite et la supervision efficaces de machines, dans les déclinaisons Touch Panels (TP) à écran tactile et Operator Panels (OP) à clavier à membrane.

E- Multi Panels

Les variantes à écran tactile ou à clavier à membrane de ce pupitre s'utilisent, comme les Panels, pour la conduite et la supervision. Les Multi Panels (MP) se distinguent par leurs performances élevées, leur compatibilité avec d'autres systèmes et leur évolutivité. Ils permettent d'intégrer plusieurs tâches d'automatisation sur une plateforme



F - Panel PC

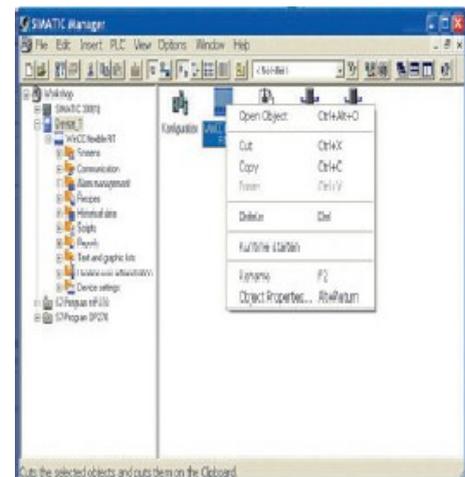
Les SIMATIC Panel PC se destinent à être utilisés dans des armoires standard, pupitres et tableaux de commande. SIMATIC HMI offre trois catégories d'appareils optimal adaptés à la diversité des exigences industrielles : du PC embarqué aux postes performants à touches et à écran tactile munis d'un écran 19".

V.2.2 Intégration dans SIMATIC STEP 7

L'intégration dans l'environnement de configuration de SIMATIC STEP 7 (à partir de V5.3) autorise la gestion de projets WinCC flexible à l'intérieur de STEP 7 et l'utilisation commune des paramètres de communication, variables et messages. Il en résulte une réduction de la fréquence d'erreur et par conséquent du travail de configuration.

Dans le cas d'une application intégrée, la gestion des projets s'effectue par le gestionnaire SIMATIC, qui est une composante STEP 7. Le gestionnaire SIMATIC vous donne accès à tous les objets de WinCC flexible. Vous pouvez par exemple créer, copier ou effacer des postes HMI tout comme des objets HMI individuels, tels que des images ou recettes. Pendant la configuration, vous disposez de la table des mnémoniques et des blocs de données STEP 7 que vous avez définie au moment de l'établissement du programme d'automate. Il n'est de ce fait pas nécessaire de définir des variables du processus pour WinCC flexible.

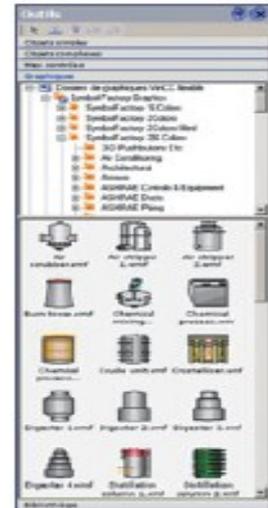
- Les projets peuvent être transférés et exécutés sans conversion sur différentes plates-formes HMI.
- la connexion des pupitres à SIMATIC S7 se fait par : PPI, MPI, PROFIBUS DP et PROFINET (TCP/IP).



V.2.3 Bibliothèques de symboles

WinCC flexible intègre un grand nombre d'objets que l'on peut utiliser dans nos vues. La bibliothèque de symboles (Symbol Factory) contient par exemple diverses représentations générales et métier dans diverses nuances de couleur.

On peut en outre assembler des blocs d'images à partir d'objets simples et les stocker dans la bibliothèque. Les propriétés dynamiques des éléments de vue d'un bloc d'image, telles que la disposition et la visibilité, peuvent à présent être associées à des variables. Cela permet de masquer ou d'afficher pendant l'exécution par exemple divers constituants du bloc d'image, voire le bloc complet, en relation avec une valeur de variable. Il nous suffit de modifier ces blocs d'image en un point central. Le bloc sera aussitôt changé dans toutes les vues du projet dans lesquelles il a été utilisé. Les blocs d'image peuvent être utilisés sans exiger de câblage laborieux, grâce à la possibilité d'une association à des types de données structurés. Pour chaque utilisation du bloc d'image dans une vue il suffit de configurer une variable structurelle du même type de données pour une connexion complète.



V.2.4 Avantages d'utilisation du WinCC flexible.

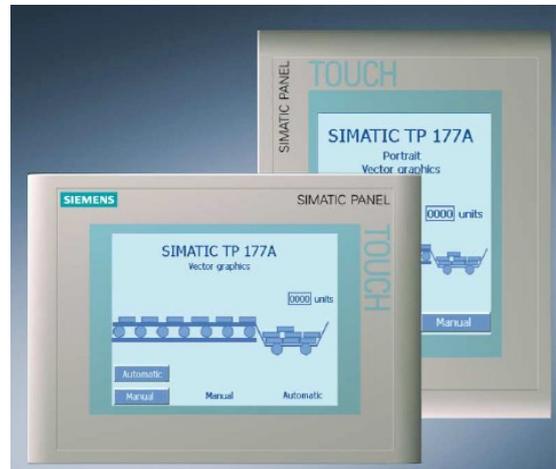
- ▶ La cohérence du logiciel de configuration assure une réduction des coûts de formation, de maintenance et d'entretien tout en étant une garantie d'évolutivité du produit.
- ▶ Outils intelligents pour une configuration simple et efficace.
- ▶ Assistant pour la définition de la structure de base d'un projet de conduite et de supervision.
- ▶ des éditeurs de tableaux facilitent la création et l'édition d'objets similaires, p. ex. pour les variables, textes et alarmes
- ▶ la configuration graphique simplifie les tâches de configuration complexes telles que la définition de trajectoires ou la création du système d'assistance de base de l'opérateur
- ▶ Prise en charge exhaustive de configurations multilingues pour une mise en œuvre globale et vues commutables pour la saisie multilingue de données de configuration.
- ▶ Lexiques spécifiques système et utilisateur
- ▶ Exportation/importation de textes liés l'investissement par :
 - la réutilisation de la configuration réalisée avec les outils de la famille ProTool.
 - la réutilisation de vues statiques et de variables de WinCC V6.0.
- ▶ Fonctions pour toutes les tâches de supervision : fonctions de conduite, représentation de graphiques et de courbes, système d'alarmes, système de journalisation, archivage (option), gestion de recettes (option), diagnostic des pannes du processus.
- ▶ Des concepts de maintenance innovateurs avec commande à distance, le diagnostic, l'administration via intranet/Internet et la communication par courrier électronique améliorent la disponibilité (option)
- ▶ Prise en charge de solutions d'automatisation distribuées simples sur la base de réseaux TCP/IP au niveau machine (option).

“Nous visualiserons notre four à l’aide du TP170A ” :

3 SIMATIC TP 170A

Les ‘Touch Panels’ de la série 170 ont fait leur preuve dans la conduite et supervision de petites applications. Ils sont performants, possèdent une mémoire et une résolution élevée. Les niveaux de performance des appareils sont échelonnés. Les appareils haut de gamme disposent d'un tampon de messages rémanent et les pupitres à écran couleur en plus d'une interface PROFINET / Ethernet. Le TP 170A offre à l'utilisateur des fonctionnalités pratiques pour toutes les tâches à résoudre.

On dispose ainsi de fonctions pour boutons, témoins lumineux, protection par mot de passe, images, champs de saisie/visu. La gestion de messages offre des classes de message (état / alarme) pour définir le comportement d'acquiescement et la représentation des événements. Le graphisme vectoriel offre plus de confort pour la création de graphiques. Des formes géométriques simples (droite, cercle, rectangle) peuvent



être créées directement avec le logiciel d'ingénierie. Le montage possible en position portrait élargit le domaine d'emploi du TP 177A. Il peut ainsi trouver à s'implanter dans un espace réduit. Commande tactile intuitive L'écran tactile permet une conduite et supervision intuitive. Les touches mécaniques sont inutiles. Au moyen des zones tactiles banalisées et auto-explicatives, il est possible de créer des écrans de conduite simples et clairs, ce qui réduit sensiblement les coûts de familiarisation de l'utilisateur et contribue activement à éviter les erreurs de conduite.

Le pupitre tactile TP 170A se distingue par son excellent rapport prix-performances. Il permet aux petites applications de bénéficier à petit budget de terminaux d'exploitation graphiques à commande tactile intuitive. [9]

Caractéristique du TP 170A

- Ecran tactile graphique STN 5,7", Blue mode (4 niveaux) [1" = 1 pouce = 2,54 cm]
- Position portrait possible (résolution 240 x 320 pixels)
- Gestion de messages avec classes de messages définissables et historique de messages.
- Graphisme enrichi : graphique vectoriel
- Utilisation mondiale, jusqu'à 32 langues configurables dans un projet.
- Raccordable aux automates SIMATIC S7.
- Toutes les interfaces (ex. MPI et PROFIBUS DP) intégrées.
- Configurable avec SIMATIC WinCC flexible Compact
- Faibles servitudes d'entretien grâce au montage exempt de maintenance et à la longévité du rétroéclairage.

V.4 Mode Opérateur de l'application de visualisation de la température du four

Cette application permet de contrôler et visualiser la température de notre four de chauffe, à l'aide de notre automate S7-300 relié à un Panneau de contact (**TP170A**), programmé au moyen du logiciel WinCC flexible 2005, qui sera apte de nous :

- Informer lorsque la température est 5°C au dessus de la consigne.
- Arrêter le processus si la température est 50°C au dessus de la valeur désirée.

On reliera notre canne pyrométrique reliée à une entrée analogique par l'intermédiaire d'un transmetteur qui fournit un courant de 4-20mA proportionnel à la température, donc il détecte une température variant entre 10-1250°C et sortira un signal de 4-20mA.

L'automate calculera la température en degrés C en utilisant le signal du capteur de mesure, Il devra diviser la température en 7 sections pour faciliter le traitement, lors de changement de consigne.

Le dépassement de la limite inférieure ou supérieure devrait être indiqué par clignotement, aussi le dernier dépassement depuis le début du chauffage sera enregistré.

V.4.1 Le HMI (Humain Machine Interface)

Le HMI doit être réalisé par un panneau de contact **TP170** :(Touch Panel) à écran de 6 pouces), qui assurera l'affichage de :

- La température de travail (température réelle à l'intérieur du four de chauffe).
- Le dépassement minimal et maximal.
- Date et heure du dernier dépassement.
- La consigne définie par l'utilisateur.

Les opérations suivantes doivent être modifiables :

- Les modifications des entrées des limites des sections de température.
- Les paramètres de dépassements.
- Fin du temps d'exécution.

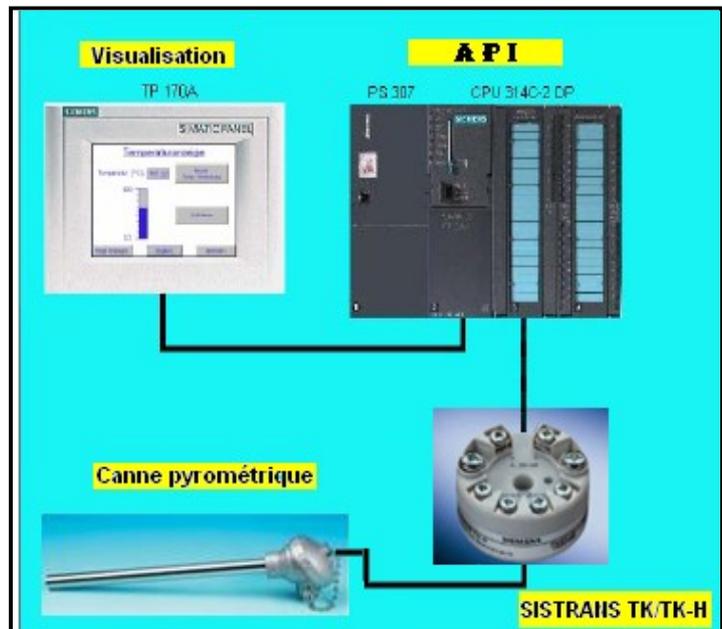


Figure V.1 : Visualisation de la température

Le panneau de contact TP170A est programmé en 3 écrans :

- 1- Température du four (écran d'accueil qui s'allume dès qu'on applique la tension d'alimentation).
- 2- Définir les températures de travail.
- 3- Températures de dépassement.

Le technicien de la **SNVI** changera ces paramètres sur le **TP170A** avec des touches Digitales sur écran.

V.4.2 La CPU : la CPU 314C-2DP est l'élément clé de l'application.

- La canne pyrométrique est reliée à une entrée analogique qui traite le signal dans la CPU.
 - Le TP170A est relié au MPI de l'automate par l'intermédiaire de connexion Profibus.
- Tous les composants sont fournis avec 24V CC par l'intermédiaire de l'alimentation **PS 307**.

V.4.3 Les fenêtres d'affichage du TP170A

A- Ecran "Affichage de température" : L'écran affiche la température dans une barre de [10-1250] °C, l'affichage est exécuté à l'entrée (E 0.0).

- Lorsque E 0.0 = 0, la dernière valeur enregistrée est affichée.
- En cas de température en dehors de l'intervalle de travail, il ne s'affichera rien sur notre anglet d'affichage.

A-1 paramétrage : cet anglet permet d'afficher et reconnaître les dépassements de températures, qui se produisent si les valeurs inscrites dans DB10 sont dépassés.

Température basse : T_Comp [1] : valeur par défaut (200°C).

Température haute : T_Comp [8] : valeur par défaut (1220°C).

Les limites de température sont indiquées avec deux marquages ▲ ▼, ils deviennent invisibles si on dépasse les limites indiquées, ils sont rétablis si on revient à l'intérieur de l'intervalle et que l'alarme est réinitialisée, les T_Comp limites sont changés au niveau de l'écran **Définir temp.**

A-2 Dernier dépassement : permet d'afficher le temps de dernier dépassement (inférieur ou supérieur).

A-3 Définir temp. : Indique les 7 sections de températures pour le contrôle du processus, on peut ici paramétrer les sections.

A-3 Arrêt chauffe : c'est le bouton qui définit le temps d'arrêt d'exécution.

B- Ecran "Définir temp." : Est un écran qui indique d'une manière discrète les 7 secteurs de température de travail et les limites de dépassements.

- On peut définir les valeurs de température à l'aide d'un clavier digital (programmé au préalable par le TP 170A).
- Les valeurs d'entrées sont arrondies à deux décimales, les entrées de températures doivent respecter :
Température $n < \text{Température } n+1$ ($n=1..7$).
- Le fait de dépasser les limites enclenche une alarme et un indicateur sur l'écran.

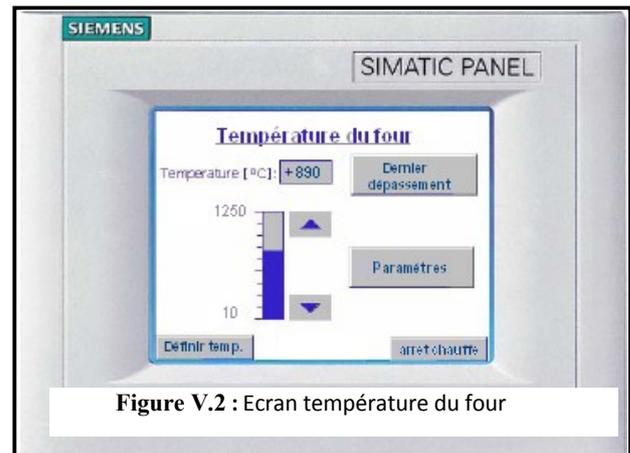


Figure V.2 : Ecran température du four

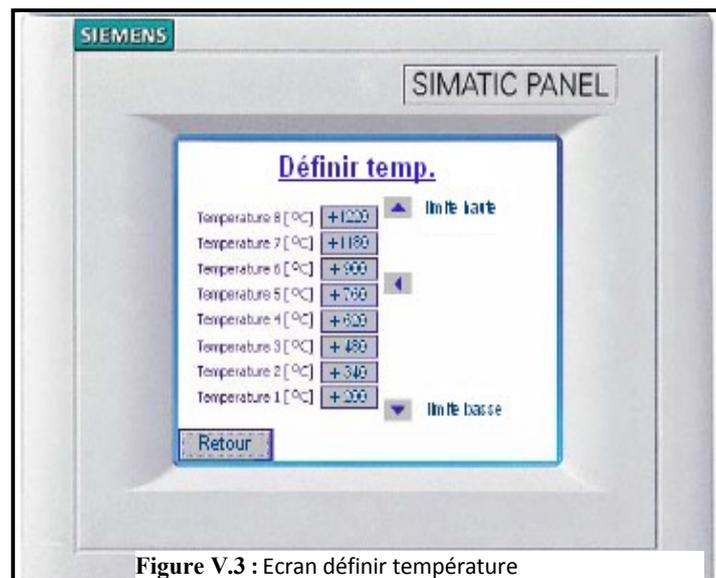


Figure V.3 : Ecran définir température

- La température du four est indiquée par un marquage (▲) qui est à droite des secteurs et défile en fonction de la croissance de température.
- Les dépassements aussi ont un marquage (▲▼) reconnu au préalable.
- Pour revenir à l'écran d'accueil on dispose de l'anglet (Retour).

C- écran "Dernier dépassement" :

Est l'écran qui affiche la dernière remise à zéro, ainsi que le dernier dépassement.

- Si depuis le dernier redémarrage de la CPU aucun dépassement n'a eu lieu, le (Dern. Dépassement) affichera l'heur de dernier redémarrage.
- Sinon si au moins un dépassement à eu lieu, l'heure de ce dépassement sera enregistré et affichée.
- L'anglet Retour est utilisé pour revenir à l'écran 'accueil.

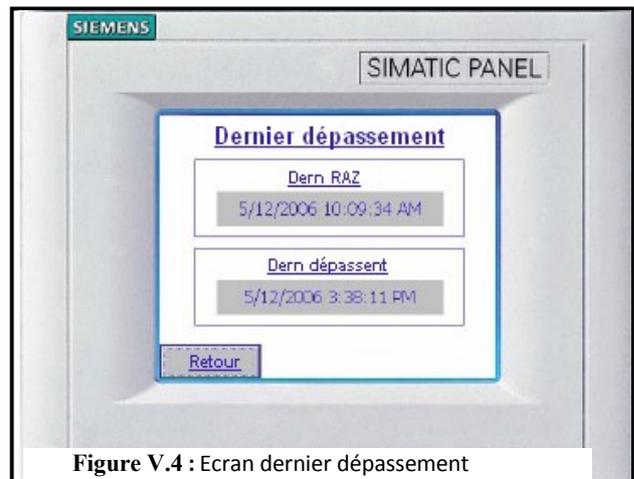


Figure V.4 : Ecran dernier dépassement

V.4.4 Architecture de programmation

Sur l'automate S7-300 on travaillera avec cette architecture, on négligera dans ceci le programme d'allumage du four, et on montrera uniquement la partie visualisation.

Pour comprendre le mécanisme de marche de cette visualisation, on modélisera cette partie par un organigramme.

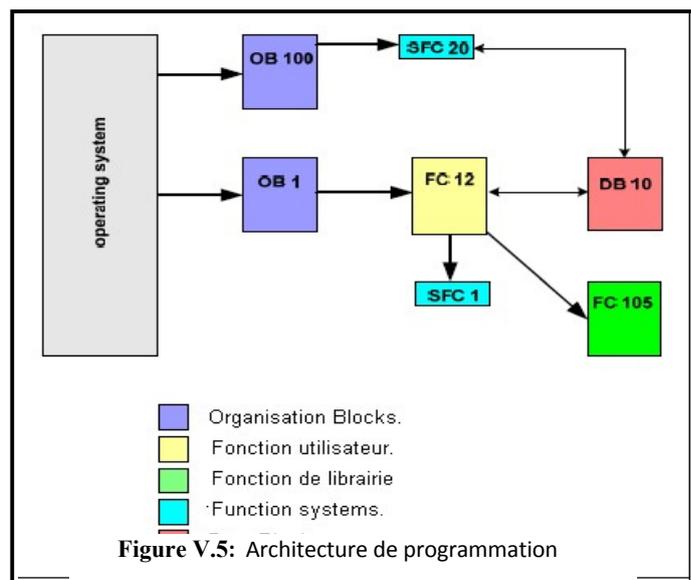
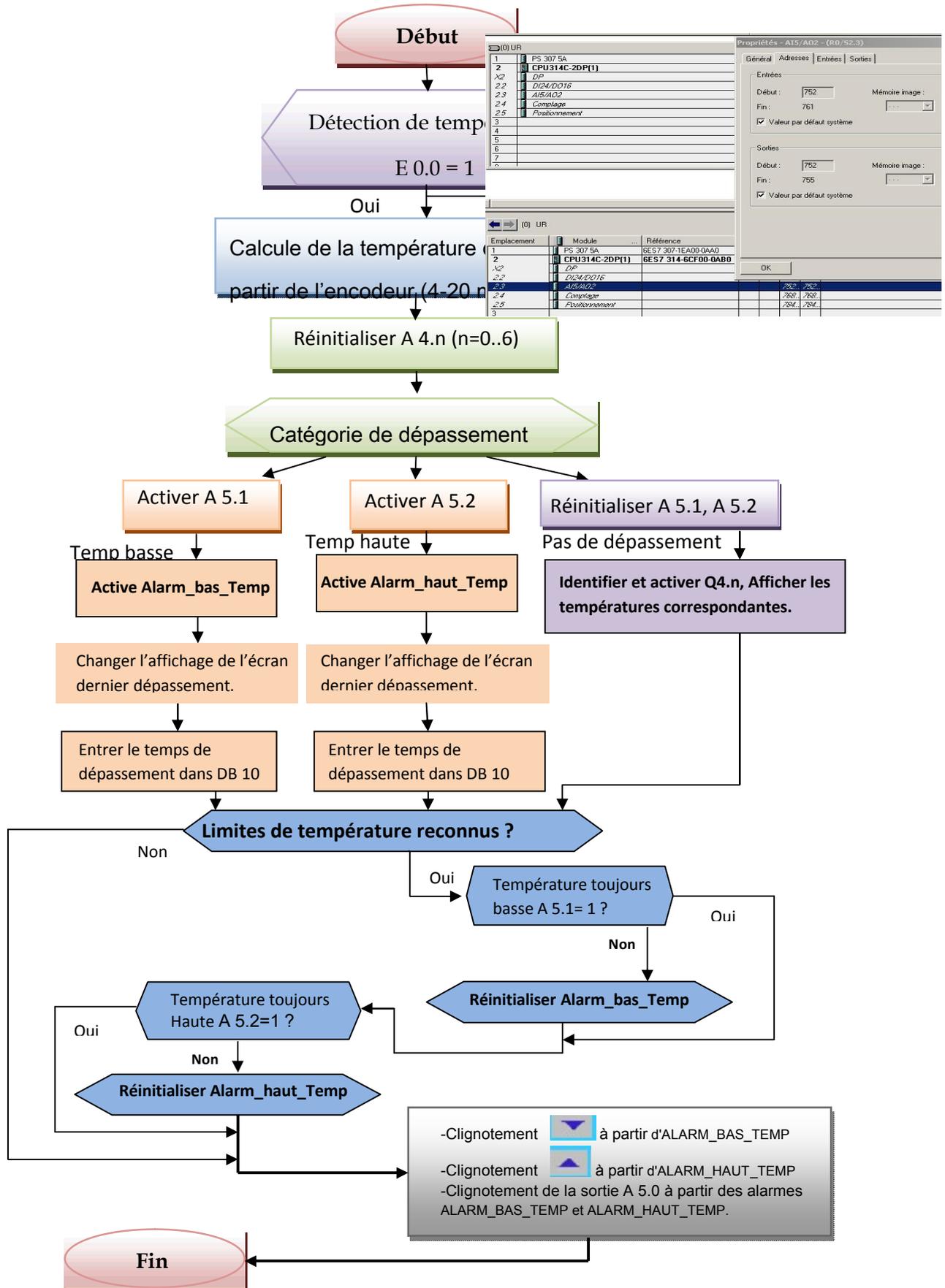


Figure V.5: Architecture de programmation

On travaillera comme le montre l'organigramme suivant :



V.4.5 Lecture de la valeur de mesure

Le signal de 4... 20 mA du capteur de mesure est introduit dans le contrôleur à l'entrée analogique AI.0, Le convertisseur intégré ANALOGIQUE-NUMÉRIQUE convertit le signal analogique en périphérie (PIW), qui est consulté par la fonction FC12. Le paramètre électrique converti et l'adresse PIW sont paramétrés dans le HW config.

La gamme de mesure est placée à 4... 20mA et le résultat de la conversion ANALOGIQUE-NUMÉRIQUE est transféré à PIW 752.

Pendant la conversion ANALOGIQUE-NUMÉRIQUE la gamme mesurée choisie (4... 20mA) est projeté à une gamme numérique de valeur de 0... 27648. Cette gamme de valeur est convertie de nouveau à une vraie gamme 4.0... 20.0 de nombre en utilisant la fonction de bibliothèque "BALANCE", qui est appelé dans FC 12. Ce sera le point de départ pour calculer la température.

Le (FC105) convertit la valeur entière 0... 27648 du PEW 752, qui correspond au rendement de mesure du capteur de courant, vers une variable 4.0... 20.0 selon le rapport : On calcul la température comme suit :

$$T_M = T_{\min} + \frac{(I_M - I_{\min}) * (T_{\max} - T_{\min})}{\Delta}$$

T_M : température mesurée.

I_M : courant de sortie de l'encodeur.

I_{\min} : courant minimal (4mA).

T_{\max} : limite sup. de la gamme de température.

T_{\min} : limite inf. de la gamme de température.

Δ : Gamme de courant (16 mA).

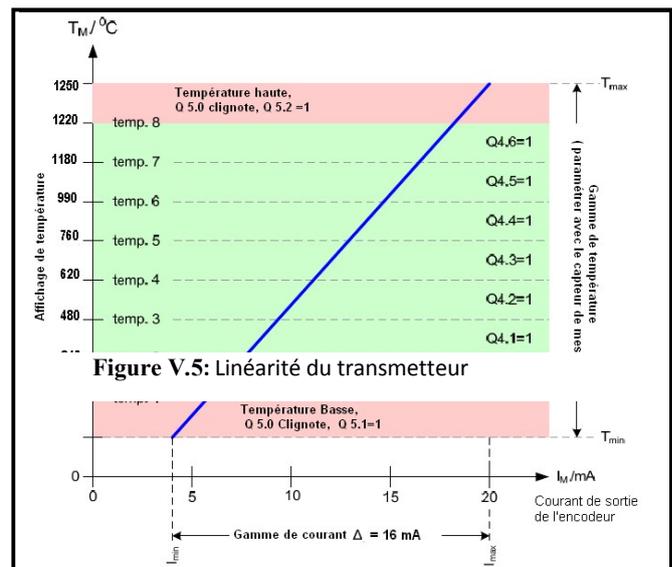
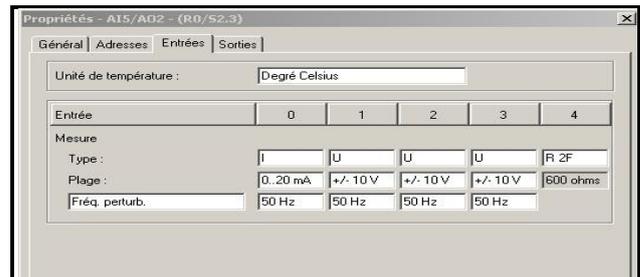


Figure V.5: Linéarité du transmetteur

V.5 Canne pyrométrique

L'élément clé de la mesure au four de chauffe est la canne pyrométrique qui est thermocouple de classe S, nous décrivons dans ce qui suit ce thermocouple.

V.5.1 Construction du thermocouple

Un thermocouple se compose

- d'un couple thermoélectrique (sonde de mesure).
- d'éléments nécessaires au montage et au raccordement.

Le couple thermoélectrique se compose de deux fils en métaux ou alliages différents qui sont brasés ou soudés ensemble à l'une des extrémités qui constitue le point de mesure. [9]

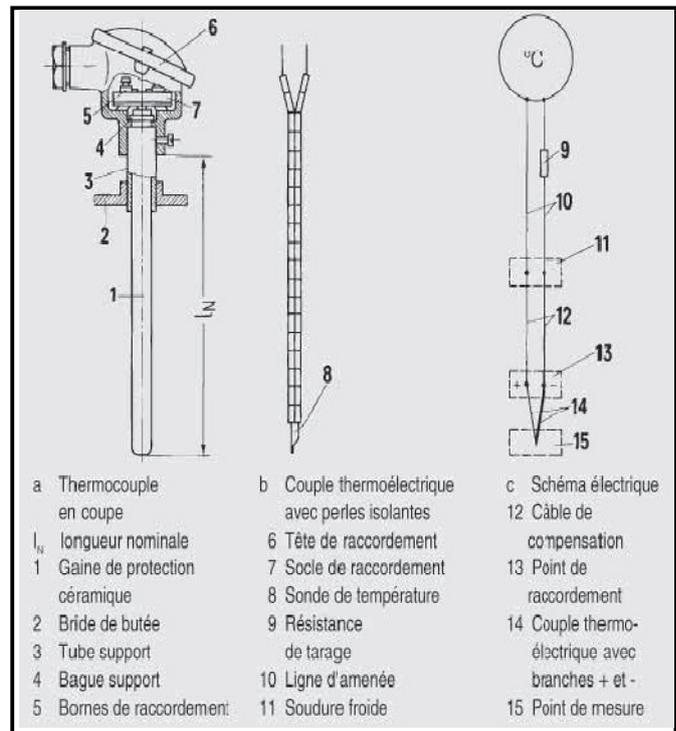


Figure V.6 : Thermocouple

V.5.2 Principe de mesure des thermocouples

Si le point de mesure est à une autre température que les extrémités libres du thermocouple, il est généré à ces extrémités une tension, la tension thermoélectrique (effet Seebeck). La grandeur de cette tension thermoélectrique dépend de la différence de température entre la température du point de mesure et la température aux extrémités libres, ainsi que du type de matériau constitutif du thermocouple. Comme on mesure toujours une différence de température avec un couple

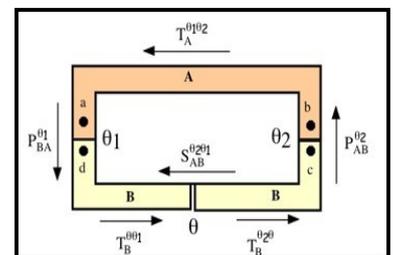


Figure V.7 : Effet Seebeck

Thermoélectrique, il faudra, pour déterminer la température du point de mesure, relier les extrémités libres du couple à une soudure froide destinée à garantir ainsi l'obtention d'une température constante et connue.

[9]

V.5.3 Les différents types de thermocouples

Pour la réalisation d'un couple thermoélectrique on choisit des fils utilisables dans la zone de température attendue pour la mesure et présentant des caractéristiques de précision et de sensibilité convenables. On tient compte également de l'action corrosive du milieu ambiant (atmosphère oxydante, réductrice, sulfureuse, etc...) sur les constituants du couple pour arrêter son choix. Le tableau *suivant* donne les caractéristiques simplifiées des thermocouples les plus courants utilisés.

littéral		Usage intermittent	en %	
K	Nickel - Chrome	0°C à 1100°C	1,5	Bien adapté aux milieux oxydants
	Nickel - Aluminium	-180°C à 1300°C		
T	Cuivre	-185°C à 300°C	0,5	
	Cuivre - Nickel	-250°C à 400°C		
J	Fer	20°C à 700°C	1,5	Pour milieu réducteur
	Cuivre - Nickel	-180°C à 750°C		
E	Nickel - Chrome	0°C à 800°C	1,5	Utilisation sous vide ou milieu légèrement oxydant
	Cuivre - Nickel	-40°C à 900°C		
R	Platine - 13% Rhodium	0°C à 1600°C	1	
	Platine	0°C à 1700°C		
S	Platine - 10% Rhodium	0°C à 1550°C	1	Résistance à l'oxydation à la corrosion
	Platine	0°C à 1700°C		

Tableau 4 : Caractéristiques simplifiée de thermocouples

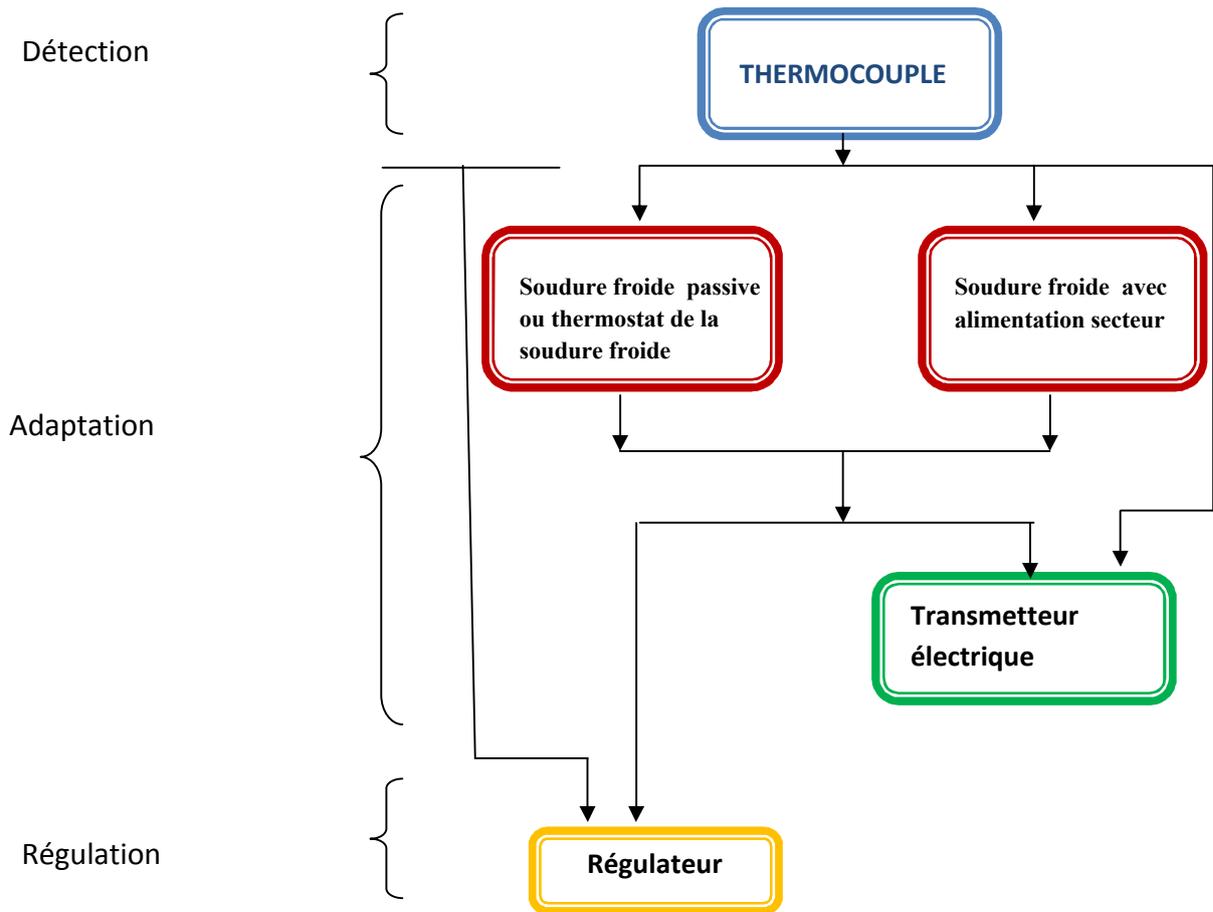
V.5.4 Mode de fonctionnement

A partir des bornes de la tête du thermocouple, les thermocouples sont reliés par des fils de compensation jusqu'à une position où la température est maintenue constante (soudure froide). Les lignes de compensation ont les mêmes couleurs de repérage que les éléments correspondants des thermocouples ; le pôle positif est rouge. Il faut respecter la polarité des liaisons ; sinon, il faut s'attendre à de grosses erreurs de mesure, jusqu'à 200 °C

Les valeurs de base et les tolérances des thermocouples sont également valables pour les lignes de compensation associées. L'influence des variations de température à la soudure froide peut être compensée par l'utilisation d'un circuit d'équilibrage (boîte de compensation par ex.). La température de référence est de 0 ou 20 °C, les appareils de mesure du Four sont reliés à la soudure froide par des lignes de cuivre.

[9]

V.5.5 Connexions du thermocouple



V.5.6 Armatures de protection/Gaines de protection

Le thermocouple peut être protégé contre la température élevée du four et les chocs mécaniques ou les attaques chimiques par une gaine de protection qui sera fixée dans la conduite ou dans le réservoir par bride, raccord vissé ou soudure. Le thermocouple se termine par la tête de raccordement.

V.5.7 Choix de la canne

Les thermocouples sont particulièrement polyvalents, il est ainsi toujours possible de trouver les types de forme et de taille adaptées aux différents problèmes posés. Le point sensible à la température est pratiquement ponctuel. C'est pourquoi les thermocouples sont particulièrement adaptés pour les mesures de températures variant rapidement.



V.6 Transmetteur "SISTRANS TK/TK-H"

Pour ce projet nous disposerons du transmetteur de température de la firme Siemens qui permet :

- D'éviter les pertes d'interférences du aux longues lignes d'alimentation, ainsi éviter de perdre le signal.
- Transformer le signal transmit du thermocouple en signal électrique (420mA).



Figure V.8 : Le transmetteur SISTRANS TK/TK-H

V.6.1 Mode opératoire du transmetteur

Le signal fournit par le thermocouple est amplifié à l'entrée comme première étape, La tension proportionnelle à la variable d'entrée est alors converti en signal numérique dans le convertisseur

A\N, ce signal est expédié à travers une isolation électrique à un microprocesseur qui les converti selon un paramétrage (atténuation, température ambiante...), là, un convertisseur N\A les converti en courant continu 4-20mA, l'alimentation est située à la sortie du circuit.

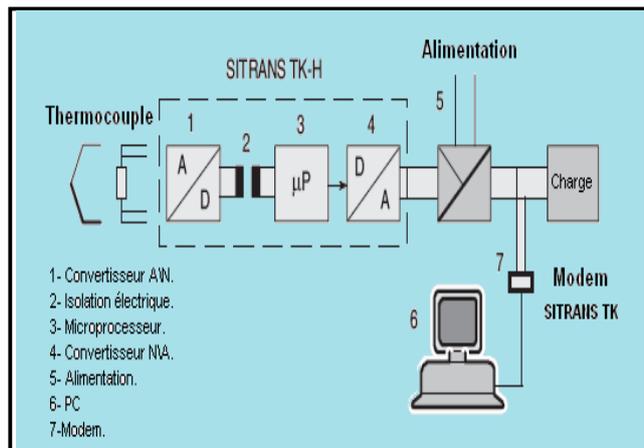
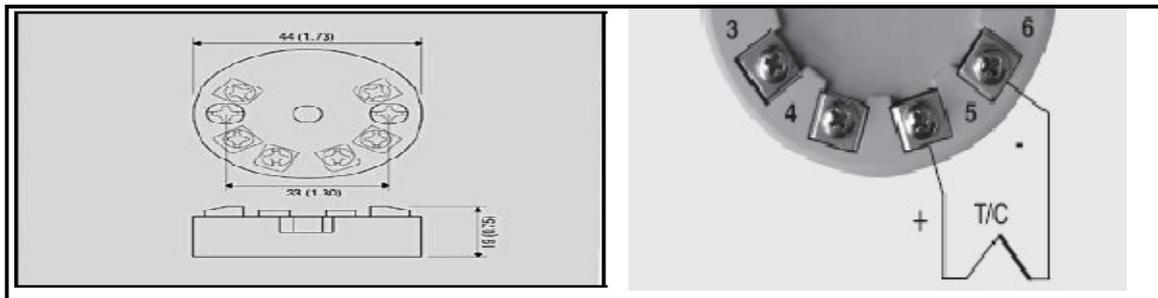


Figure V.9 : composition du SISTRANS TK/TK-H

V.6.2 Câblage du transmetteur



On relie notre thermocouple à l'entrée analogique A 1.0 après à travers le transmetteur après avoir configuré ce dernier. Le SISTRANS TK\TK-H est connecté à 2 fils aux points : 5 et 6, pour la connexion à la soudure froide du thermocouple comme le montre la figure.

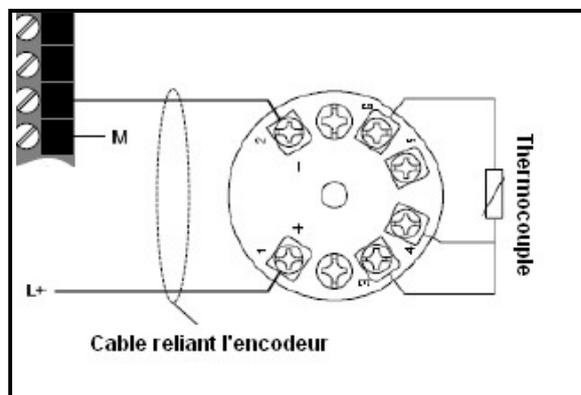
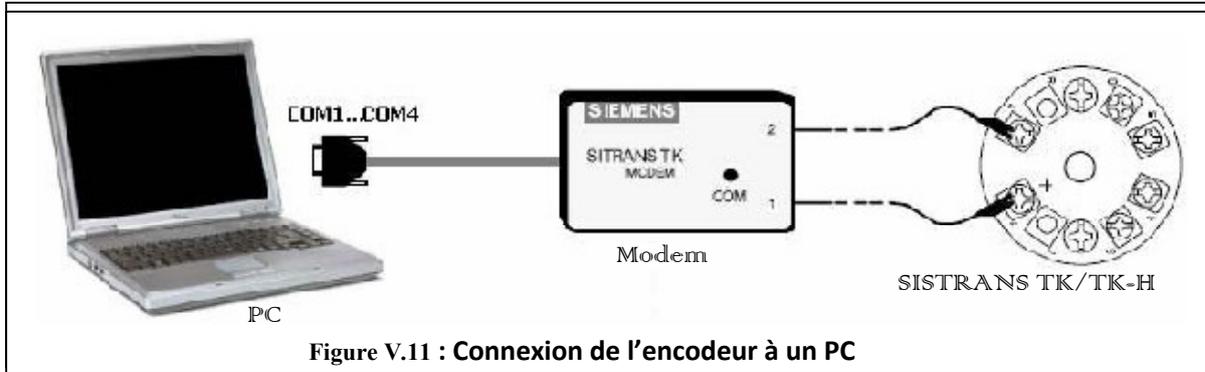


Figure V.10 : Connexion du SISTRANS TK\TK-H au S7-300

V.6.3 Configuration du transmetteur

Ce capteur de mesure est configuré à l'aide d'un logiciel de configuration, (logiciel **SIPROM TK**). On commence par connecter le transmetteur SISTRANS TK/TK-H à notre PC au port COM 1 via un modem SISTRANS TK. comme le montre la figure suivante.



Une fois installé on procède aux modifications nécessaires :
En entrée.

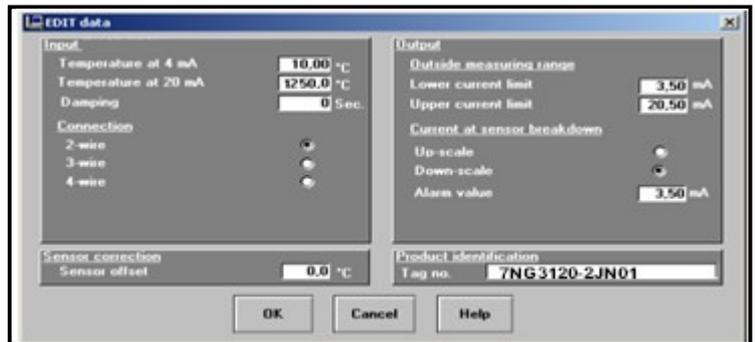
- Temp à 4mA = 10°C.
- Temp à 20mA = 1250°C.

En sortie.

- Limite basse du courant = 3.5mA.
- Limite haute de courant = 20.5 mA.

En Utilise une connexion à 3 fils.

Le transmetteur ne fonctionne pas pour la valeur limite minimale de 3.5mA.

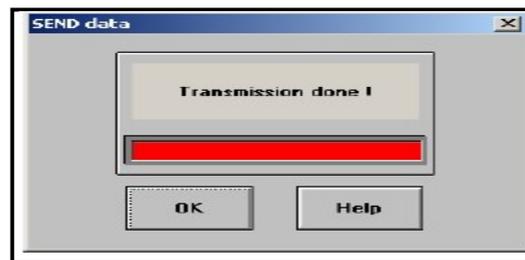


- Numéro d'identification de notre transmetteur : 7NG 3120- 2JN01.

Puis en envoie les informations enregistrées :



On patiente pendant l'envoi des paramètres au microprocesseur comme le montre la figure. Et on enregistre à 8 caractères max. pour une extension de (*.Dat).



V.6.4 Programmation à l'aide du WinCC flexible

Le WinCC est un logiciel qui viens s'accomplir au Step7 pour construire une structure complète, du fait qu'il se servira du programme déjà programmé sur Step7, au quel on attribuera une indexation graphique.

A - Créer nouveau projet

On ouvre une fenêtre sur notre WinCC flexible, et on crée notre projet on paramétrant l'écran (TP170A) avec le quel nous allons travailler, On sélectionne l'API et réseau de communication PROFIBUS et on procède à la configuration système de supervision Figure V.12.

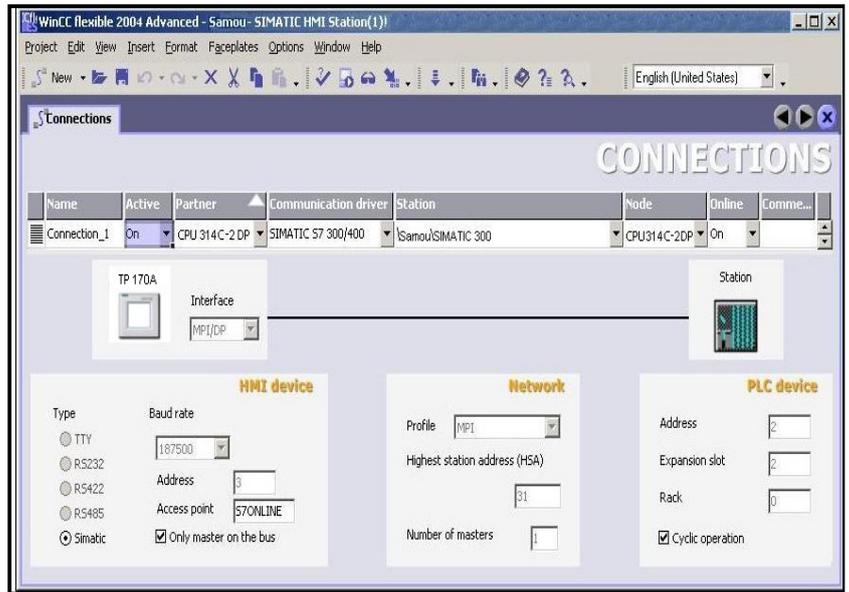


Figure V.12 : Ouverture de nouveau projet WinCC Flexible

B- Ouvrir le programme du Step7

Une fois les paramètres de l'automate et de l'écran sont établie nous chargeons le projet programmé sur step 7, et nous important les mnémoniques déjà programmé sur S7-300, qui seront des variables internes pour la simulation, comme le montre la figure V.1.

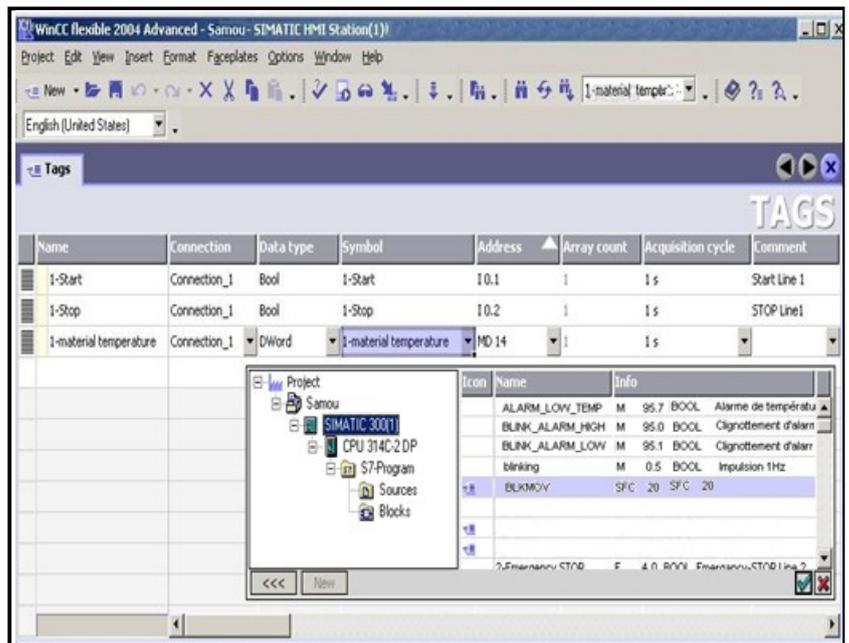


Figure V.13 : chargement du projet du four à partir du Step 7

C – Editeur de vues

L'éditeur de vue qui est représenté sur la figure V.14, nous permet d'insérer les différents types d'objets dont on a besoin, grâce à sa palette d'objets (TOOLS) et la bibliothèque interne du WinCC flexible.

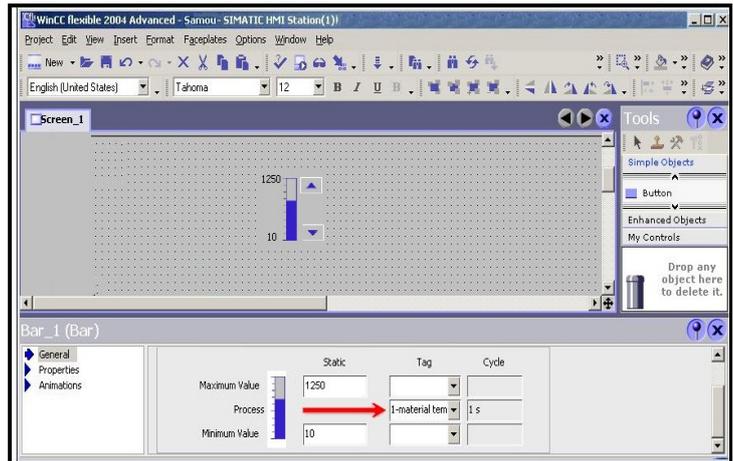


Figure V.14 : conception du graphisme de l'affichage de température.

D – Paramétrage des vues

Une fois que les vues ont été créées il faut leur correspondre leurs entrées respectives que l'on a créé sur Step7.

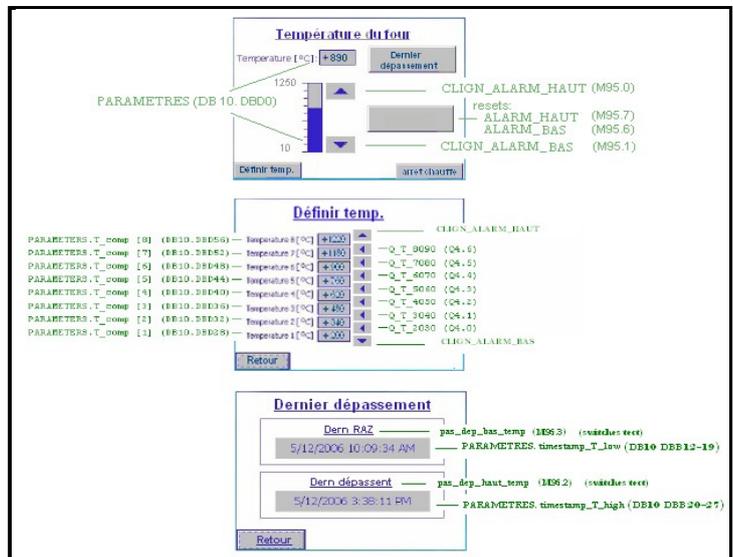


Figure V.15 : Paramétrer les différents écrans de visualisation.

V.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons décrit la supervision, on aurait pu choisir de visualiser toute la circuiterie du four, mais on fait le choix de visualiser la température, le facteur essentiel du four, il nous éviterait de visualiser les arriver vannes (gaz et air) du moment que la température affichée est proportionnelle à ces dernières.

Chapitre VI

*Proposition d'une conception pour
charger et décharger les pièces.*

VI.1 Introduction

Pour plus d'autonomie et de sécurité et du moment que l'étanchéité du four n'est pas assurée ainsi que le fait d'introduire les pièces une à une porte ouverte pendant la cuisson ce qui dégrade la qualité du forgeage, sachant que les pièces une fois chauffées à la valeur de consigne, doivent être sorties une après l'autre, pour aller sur tapis roulant vers un marteau pilant, là, la pièce sera frappée pour prendre la forme de la matrice.

Le technicien opérant, pourra d'après la couleur de pièce en sortie, qui devrait être pour notre four (rouge cerise clair) et n'ayant pas de calamite celle-ci se produit si la pièce se refroidit, on estime que la pièce perd près de 35°C lors de sa sortie du four jusqu'au marteau pilant. Je proposerai la conception que l'on pourra décrire par la schématisation suivante, sans pour autant prendre en considération le choix de la motorisation et le matériel nécessaire pour la réalisation, ceci sera laissé pour aux spécialistes du domaine.

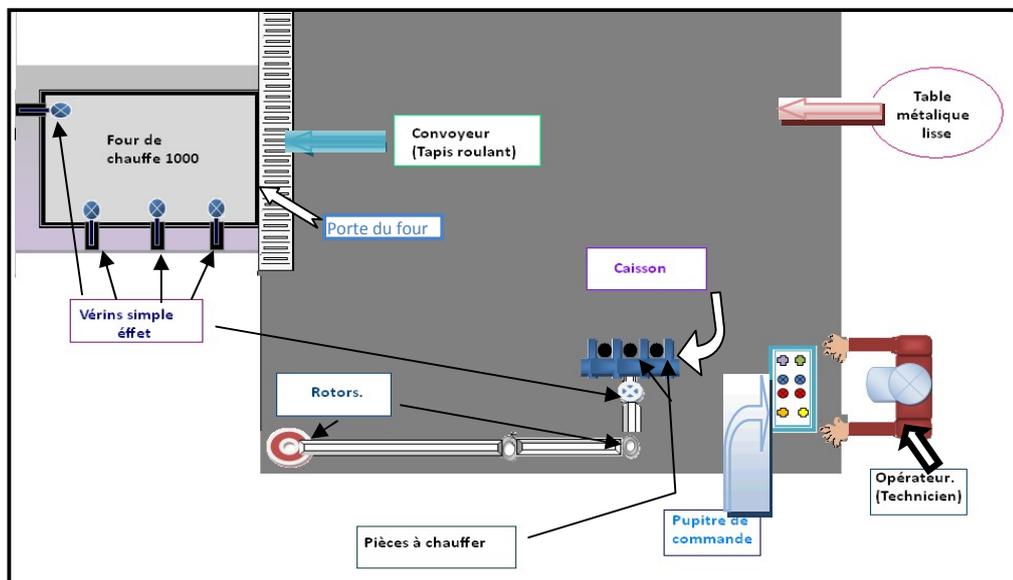
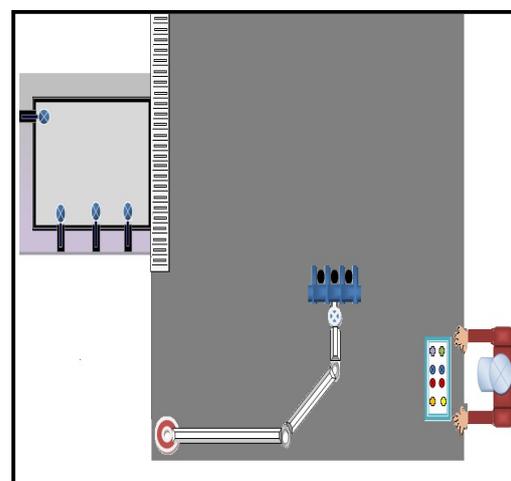


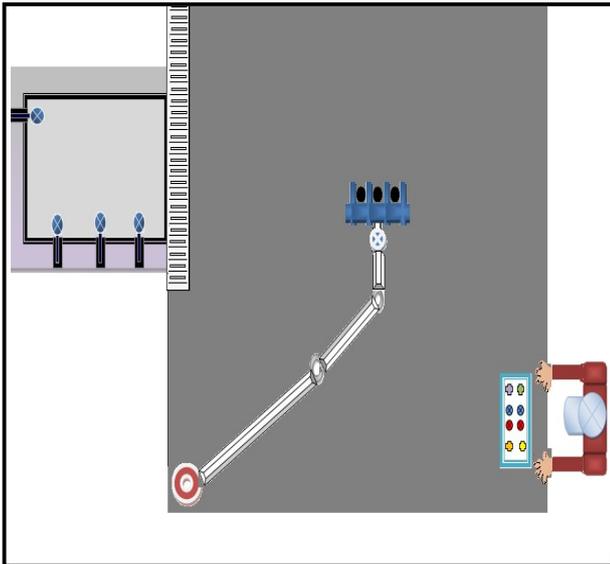
Figure V.1 : Conception proposée pour le four (étape 1)

VI.2 Description

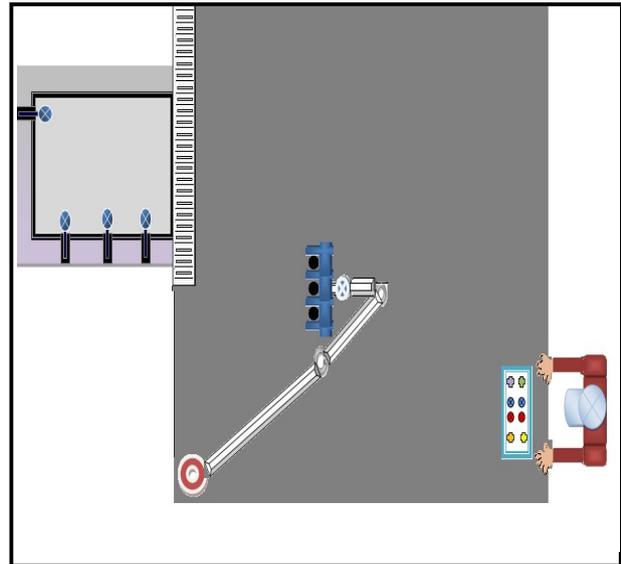
La proposition est schématisée en vue de Dessus sur 15 étapes, nous garderons le four tel qu'il est, Il sera équipé de 4 vérins simple effet, à la sortie du four Il y'aura un tapis roulant, qui ne sera pas activé au début du processus, l'employé met les pièces à chauffer dans un caisson, et activera un bouton poussoir sur le pupitre de commande pour enclencher le cycle de chargement de pièces, le caisson est relié à un rotor fixe au moyen d'une articulation de trois branches.



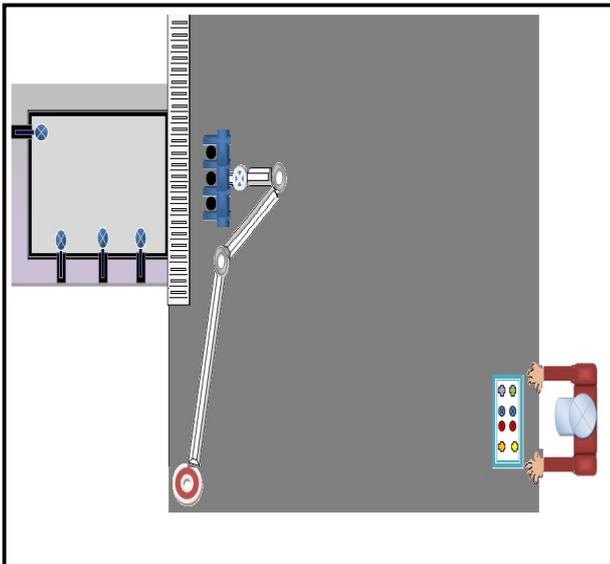
Etape 2



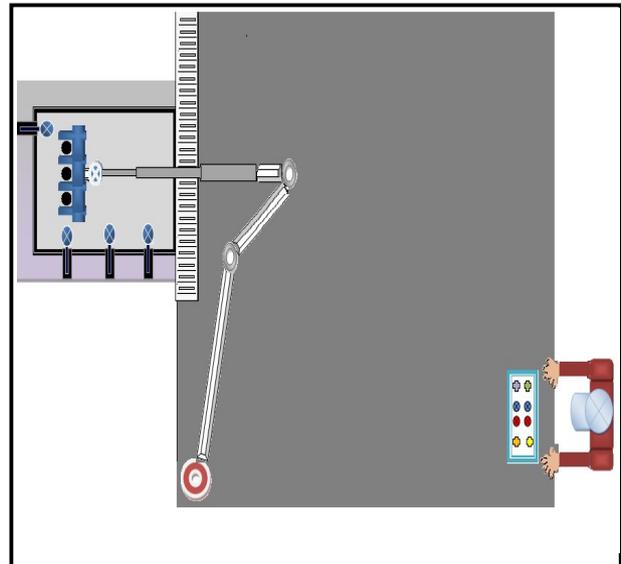
Etape 3



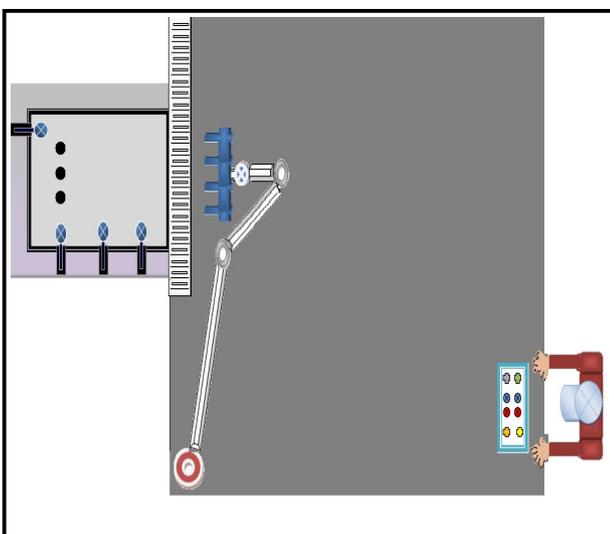
Etape 4



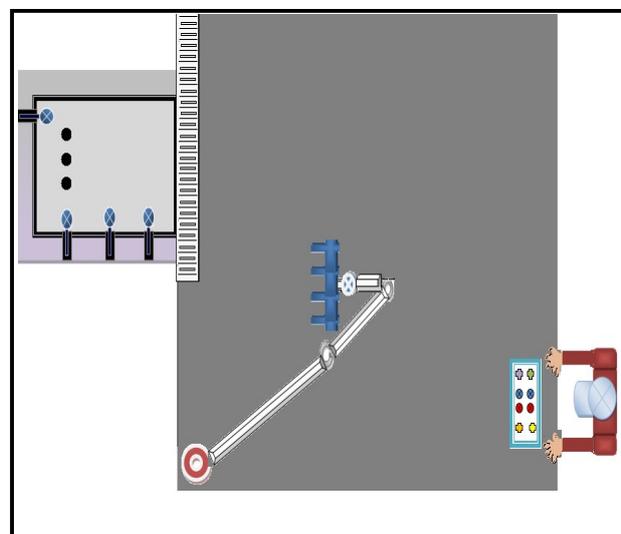
Etape 5



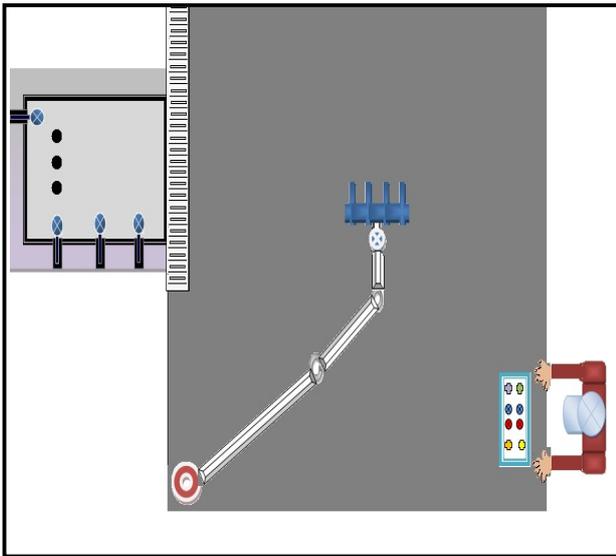
Etape 6



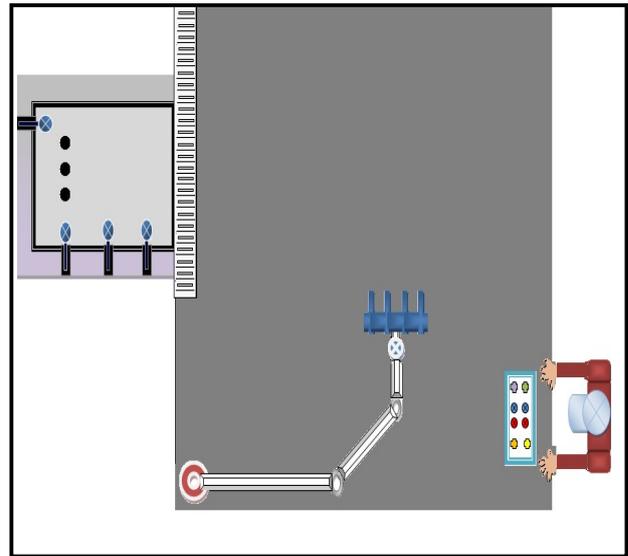
Etape 7



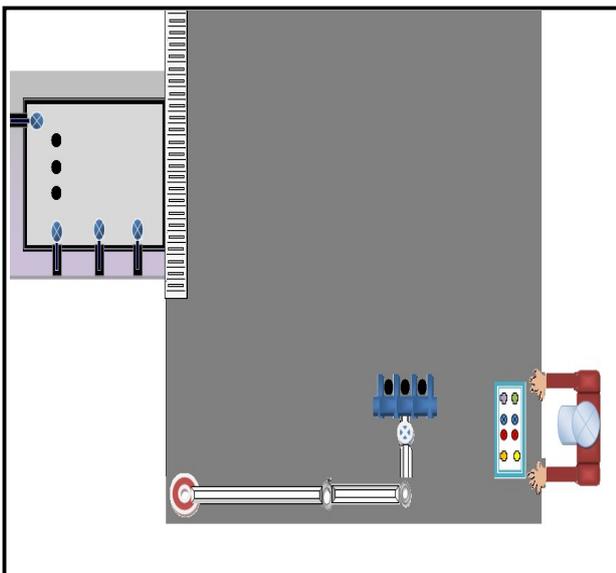
Etape 8



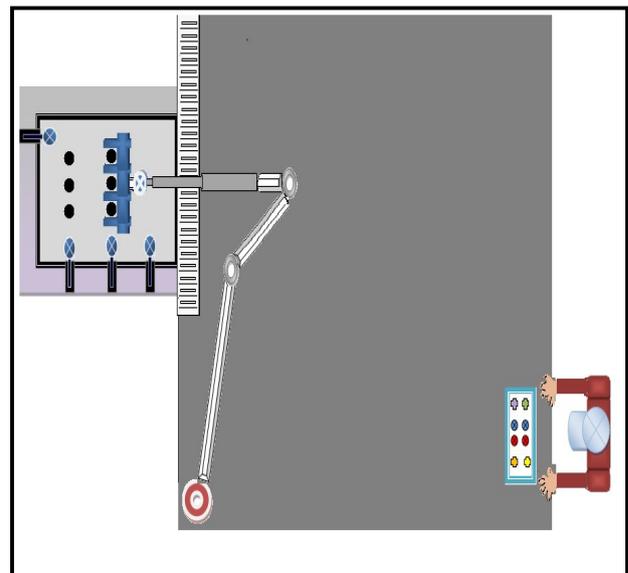
Etape 9



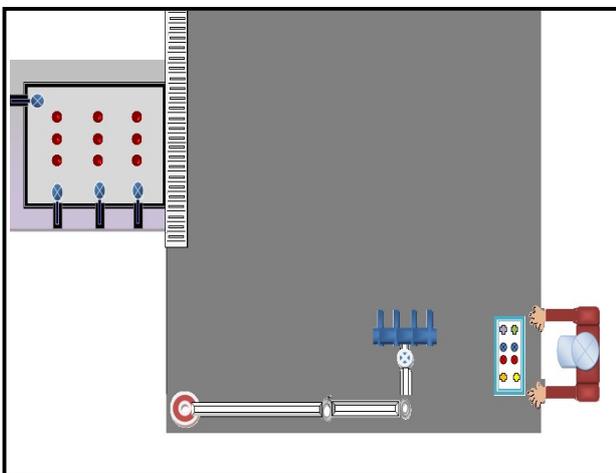
Etape 10



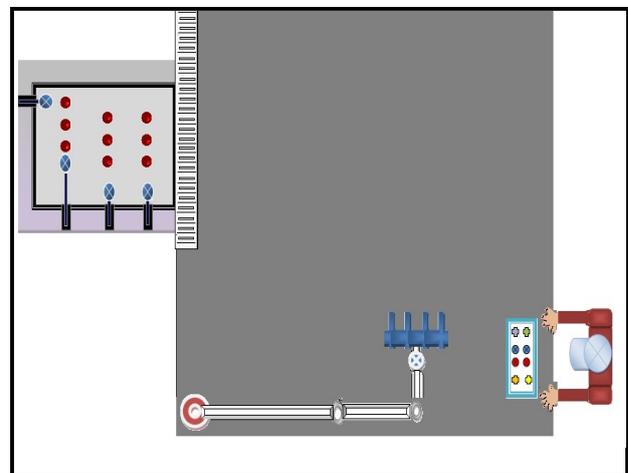
Etape 11



Etape 12



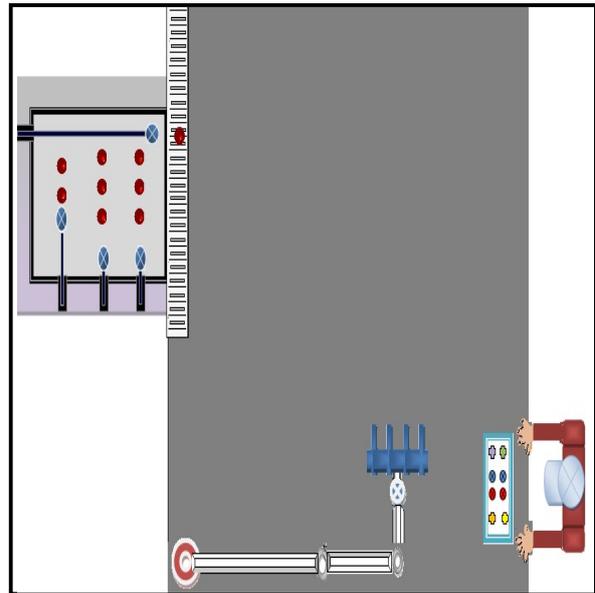
Etape 13



Etape 14

VI.3 Cycle de fonctionnement

Il faut commencer par ouvrir la porte du four par mesure de sécurité, puis allumer le four et patienter jusqu'à atteindre la température de consigne, L'appui sur le bouton de début cycle chargement de pièce, devrait enclencher le rotor fixe qui tourne sur son axe entrainant les tiges A, B, C qui sont raccordées par deux articulations qui glissent sur un roulement sur la table



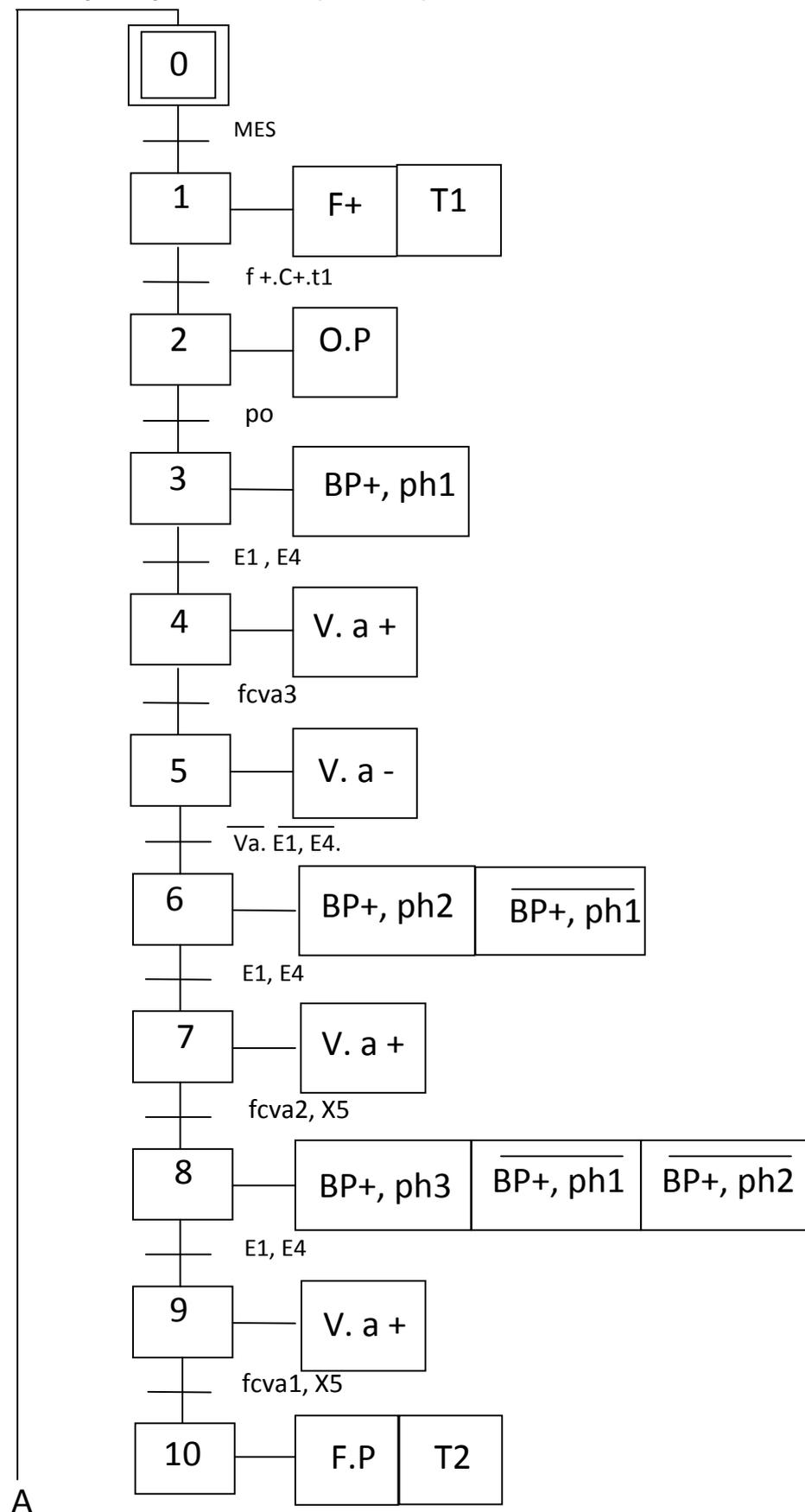
Etape 15

- On travaillera avec 9 pièces pour simplifier, libre au constructeur de choisir le nombre adéquat à la surface de la chambre de chauffe, nous avons schématisé la disposition de 9 pièces placées en 3 rangés.
- La troisième tige est en effet un rotor simple effet accroché au caisson qui porte les pièces à chauffer, une fois au seuil de la porte du four (comme le schématise la figure : étape 5) le vérin s'enclenche et sort sa tige jusqu'au fin de course 3, il dépose ses pièces et reviens, puis le bras articulé reviens à son étape initiale en passant par le chemin inverse (étape : 5, ..., 1).
- L'employé place les 3 pièces de la zone 2, et enclenche le bouton de la phase 2, le bras refait les étapes comme dans la phase précédente, puis arriver au chevet de la porte le vérin sors jusqu'au fin de course 2, (figure : étape12) le bras reviens à son étape initiale.

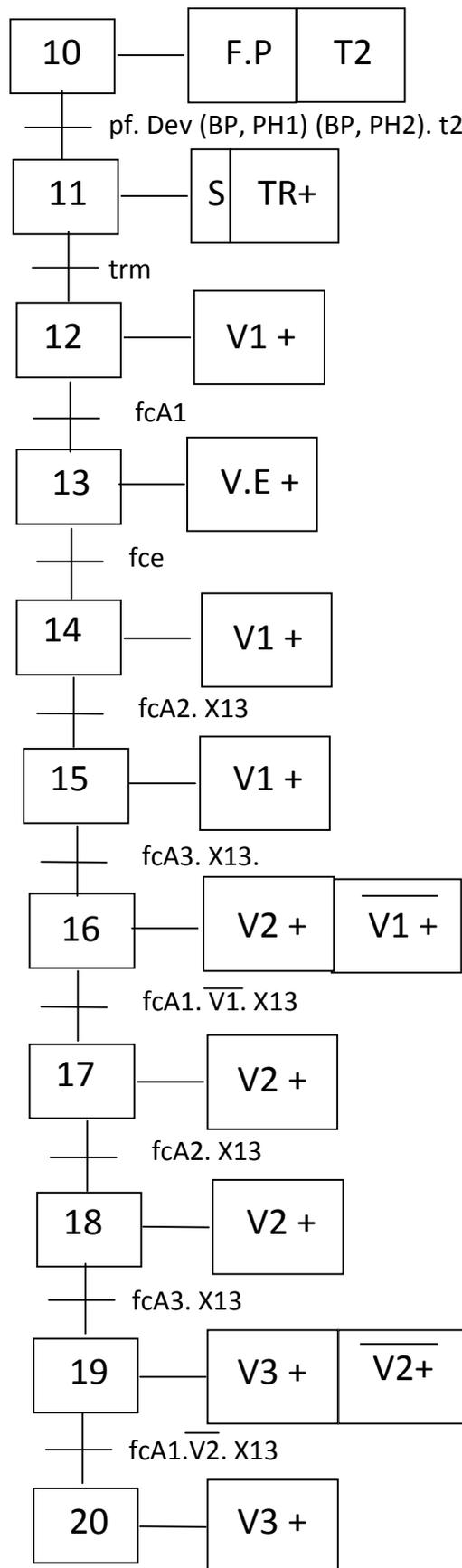
(Remarque : nous ajouterons le fait que en phase 2 le BP phase 1 est verrouillé et en phase 3 les deux boutons phase 1 et phase 2 seront verrouillé, ceci évitera en cas d'oubli de se déplacer pour voir quelle zone reste à remplir, le fait de terminer la phase 3, déverrouillera les 3 boutons).

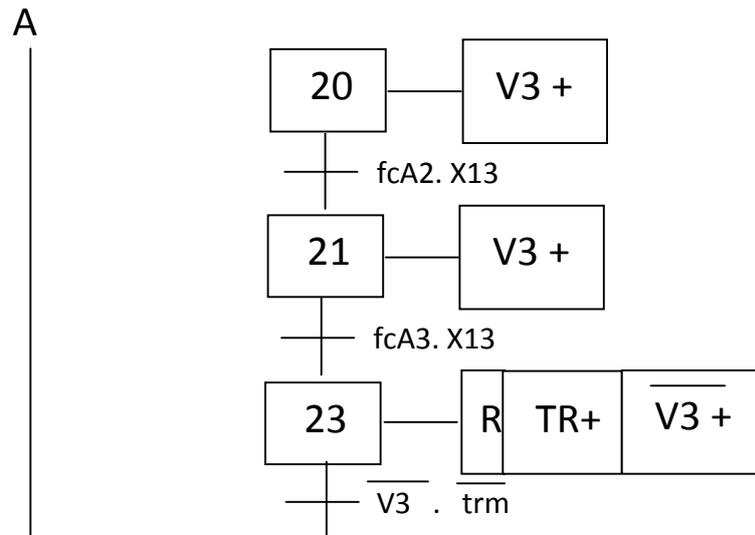
- Une fois que les pièces sont placées, la porte se ferme et la cuisson se produit. Durant le temps nécessaire.
- Après une durée les pièces seront prêtes à être forgées, la porte s'ouvre, le tapis roulant s'enclenche, le vérin de zone 1 sors jusqu'au fin de course a1, (Figure : étape 14), là le vérin d'éjection sors et reviens et fait éjecté la pièce, vers le convoyeur.
- Le vérin de la zone 1, s'enclenche j'jusqu'a fin de course a2, puis la pièce et éjecté, et ainsi les pièces seront sortie une après l'autre vers le marteau pilant.

VI.4 Modélisation du la conception par GRAFCET (niveau 2)



A





VI.5 Abréviations utilisées dans le GRAPHCET niveau 2 du four

Réceptivités :

- **MES** : mise en service.
- **f+** : four allumé.
- **c+** : consigne de température atteint.
- **po, pf** : porte ouverte, porte fermé.
- **E1, E4** : bras articulé dans l'ordre : E1, E2, E3, E4.
- **$\overline{E1, E4}$** : bras articulé dans l'ordre inversé : E4, E3, E2, E1.
- **fcvai** : fin de course du vérin articulé (i=1, 2, 3).
- **fcAi** : fin de course des vérins du four (i= 1, 2, 3).
- **fce** : fin de course du vérin d'éjection.
- **ti** : temporisation de chauffe écoulée (i= 1, 2).
- **trm** : tapis roulant en marche.
- **Dev (BP, phi)** : boutons poussoir phase 1 et 2 déverrouillés.
- **\overline{Va}** : vérin articulé rentré.

Actions :

- **F+** : allumer le four.
- **OP, FP** : ouvrir la porte, fermer la porte. _____
- **BP+, phi** : activer les boutons poussoir phase (1, 2, 3), BP+, phi : verrouiller les boutons poussoir.
- **V.a +** : sortir le vérin articulé.
- **V.a -** : rentrer le vérin articulé.
- **TR +** : enclencher le tapis roulant.
- **Vi +** : sortir le vérin du four (i =1, 2, 3).
- **V.E +** : sortir le vérin d'éjection.
- **T1, T2** : temporisation de chauffe, (T1 : atteindre la valeur de consigne, T2 : chauffer les pièces).

VI.6 Conclusion

Cette proposition a pour but d'assurer plus de sécurité pour le personnel de la forge, l'employé manipule le chargement et éjection de pièces sans s'approcher du four, donc pas de risque de brûlure, aussi, le temps de chargement de pièce se réduit, donc la quantité d'air de l'atmosphère qui pénètre la chambre de chauffe diminue, ceci assurera une bonne qualité de chauffage et forgeage.

Le nombre de personnes pour assurer la manipulation diminue (on fera des économies en matière de sécurité sociale puisqu'il y a moins d'accidents de travail et en nombre de salariés).

Le coût de revient de cette proposition reste à évoluer en faisant le bilan des bénéfices économiques déjà cités.

Conclusion générale

Cette étude a été effectuée au sein de la SNVI dans le but de concevoir une solution programmable pour moderniser l'opération de chauffe au centre de forge.

Ce stage a été une expérience bénéfique en termes d'apprentissage et de familiarisation au monde industriel, du fait de mettre en application les théories acquises lors de la formation pédagogique, aussi, on a appris à programmer des appareils que l'on ignorait même l'existence.

On considère que la recherche des paramètres PID est une première pour le four de chauffe qui fonctionne depuis 1983 avec des valeurs hasardeuses, ces valeurs ont été utilisées dans le programme de l'automate.

Nous jugeons les paramètres du PID doivent être prises en considération et éventuellement utilisées en analysant le résultat de l'état des pièces chauffées, même si ma proposition n'est pas appliquée au centre. Je profiterai à cet effet d'ajouter que le mode d'allumage doit être rétabli dans les plus brefs délais, du moment qu'il suffit de changer les veilleuses des brûleurs et le contact thermique du moto-ventilateur pour assurer de la sécurité pour le four.

L'automatisation du four de chauffe avec l'API S7-300 nous procure plusieurs avantages tels que la flexibilité, la facilité d'extension de ses modules et la possibilité de visualisation de la température en temps réel, à l'aide du panneau de contact TP170A programmé par le WinCC flexible, néanmoins, le fait de se procurer ce logiciel n'est pas aisé vu son indisponibilité sur leur marché local et prix excessif, la programmation s'est effectuée en ligne sur le site www.energietechnik.toren.de, mais avant de programmer le changement de consigne, ce site a été mis en maintenance, cet aléa obligera l'utilisateur à revenir chaque fois à l'automate pour réduire la consigne ou les conditions de température et les vibrations provoquées par le marteau pilon, rendent impossible le fait d'avoir un ordinateur à portée de main, le reste du cahier de charge a été respecté, et le programme a été compilé sur S7-PLCSIM.

Le programme étant établi pour un four peut être généralisé par le simple fait de reproduire les entrées/sorties de l'automate en les multipliant au nombre de fours destinés à être centralisés, en mettant l'adressage adéquat, le nombre de blocs utilisés restera identique.

Du fait que les thèmes qui traitent des sujets concernant les fours sont presque inexistant, nous espérons que ce travail sera un manuel pour la documentation du centre forge et qu'il verra naître sa considération sur le plan pratique et que les promotions à venir puissent en tirer profit et développer davantage cette proposition.

Bibliographie

- [1] **«Guides d'exploitation des chaufferies»** Union Nationale des Ecoles de chaufferie
- [2] **«SNVI. Centre forge »** Documentation propre à la SNVI.
- [3] B. BENBORDI. **«Etude de l'amélioration de la durée de vie de la fumisterie des fours »** CFR RUIBA
- [4] **«Séchage et cuisson Vol -1- »** Entreprise des produits rouges -Centre- 1996/1997.
- [5] **«Régulation des fours »** Documentation de la SNVI . CORECI
- [6] R.DAVID H. ALLA **« Du GRAFCET aux réseaux de Pétri»** édition HERMES
- [7] **«SIMATIC Controller, la solution innovante pour les automatismes »** , brochure de SIEMENS , Novembre 2006.
- [8] **«SIMATIC PID Temperature Control Manuel»** documentation de siemens.
- [9] Sites Internet.
- [10] B. BRADU **« Portage de l'architecture de programmation Schneider vers les systèmes S7 de Siemens »** Stage d'intégration industrielle, 2006
- [11] Mémoires fin d'études en Automatique.
- [12] **« Document de formation pour une solution complète d'automatisation »** Documentation Siemens.

ANNEXE A

PROGRAMMATION DU FOUR À L'AIDE DU STEP 7

ANNEXE B

DB d'instance du FB 58 "TCONT_CP"

Adr.	Paramètre	Déclaration	Type de donnée	Plage de valeurs	Valeur initiale	Description
0.0	PV_IN	INPUT	REAL	Fonction des capteurs mis en oeuvre	0.0	PROCESS VARIABLE IN/ entrée mesure L'entrée "entrée mesure" permet de paramétrer une valeur de mise en service ou de commutateur une mesure externe en format à virgule flottante.
4.0	PV_PER	INPUT	INT		0	PROCESS VARIABLE PERIPHERY/mesure périphérie La mesure en format périphérie est connectée avec le régulateur à l'entrée "mesure périphérie".
6.0	DISV	INPUT	REAL		0.0	DISTURBANCE VARIABLE/perturbation Pour une action anticipatrice, la perturbation est connectée à l'entrée "perturbation".
10.0	INT_HPOS	INPUT	BOOL		FALSE	INTEGRAL ACTION HOLD IN POSITIVE DIRECTION/ maintien de l'action I dans le sens positif La sortie de l'intégrateur peut être maintenue dans le sens positif. Pour ce faire, il faut mettre l'entrée INT_HPOS sur TRUE. Pour une régulation en cascade, la sortie INT_POS du régulateur pilote doit être connectée à l'entrée QLMN_HLM du régulateur asservi.
10.1	INT_HNEG	INPUT	BOOL		FALSE	INTEGRAL ACTION HOLD IN NEGATIVE DIRECTION/ maintien de l'action I dans le sens négatif La sortie de l'intégrateur peut être maintenue dans le sens négatif. Pour ce faire, il faut mettre l'entrée INT_HNEG sur TRUE. Pour une régulation en cascade, la sortie INT_NEG du régulateur pilote doit être connectée à l'entrée QLMN_HLM du régulateur asservi.

Adr.	Paramètre	Déclaration	Type de donnée	Plage de valeurs	Valeur initiale	Description
12.0	SELECT	INPUT	INT	0 à 3	0	SELECTION OF CALL PID AND PULSE GENERATOR/ Sélection du mode d'appel de PID et de la mise en forme des impulsions Lorsque la mise en forme des impulsions est activée, il existe plusieurs manières d'appeler l'algorithme PID et le formateur d'impulsions : <ul style="list-style-type: none"> • SELECT = 0 : le régulateur est appelé dans une alarme cyclique ; l'algorithme PID et la mise en forme des impulsions sont traités. • SELECT = 1 : le régulateur est appelé dans l'OB1 ; seul l'algorithme PID est traité. • SELECT = 2 : le régulateur est appelé à partir d'une alarme cyclique rapide ; seul la mise en forme des impulsions est traitée. • SELECT = 3 : le régulateur est appelé dans une alarme cyclique plus lente ; seul l'algorithme PID est traité.
14.0	PV	OUTPUT	REAL	Fonction des capteurs mis en oeuvre	0.0	PROCESS VARIABLE/mesure La mesure effective est fournie à la sortie "mesure".
16.0	LMN	OUTPUT	REAL		0.0	MANIPULATED VARIABLE/ valeur réglante La valeur réglante effective en format à virgule flottante est fournie à la sortie "valeur réglante".
22.0	LMN_PER	OUTPUT	INT		0	MANIPULATED VARIABLE PERIPHERY/valeur réglante périphérie La valeur réglante en format périphérie est connectée avec le régulateur à la sortie "valeur réglante périphérie".
24.0	QPULSE	OUTPUT	BOOL		FALSE	OUTPUT PULSE SIGNAL/ sortie impulsionnelle La valeur réglante est fournie à la sortie QPULSE en modulation de largeur d'impulsions.
24.1	QLMN_HLM	OUTPUT	BOOL		FALSE	HIGH LIMIT OF MANIPULATED VARIABLE REACHED/ limite supérieure de la valeur réglante atteinte La valeur réglante possède toujours une limite supérieure et inférieure. La sortie QLMN_HLM signale le dépassement de la limite supérieure.

Adr.	Paramètre	Déclaration	Type de donnée	Plage de valeurs	Valeur initiale	Description
24.2	QLMN_LLM	OUTPUT	BOOL		FALSE	LOW LIMIT OF MANIPULATED VARIABLE REACHED/ limite inférieure de la valeur réglante atteinte La valeur réglante possède toujours une limite supérieure et inférieure. La sortie QLMN_LLM signale le dépassement de la limite inférieure.
24.3	QC_ACT	OUTPUT	BOOL		TRUE	NEXT CYCLE, THE CONTINUOUS CONTROLLER IS WORKING/ l'action continue du régulateur sera traitée au prochain appel Ce paramètre indique si l'action continue du régulateur sera traitée au prochain appel de bloc (uniquement significatif si SELECT = 0 ou 1).
26.0	CYCLE	INPUT/ OUTPUT	REAL	≥ 0.001 s	0.1 s	SAMPLE TIME OF CONTINUOUS CONTROLLER [s]/ période d'échantillonnage du régulateur à action continue [s] Valeur par défaut de la période d'échantillonnage de l'algorithme PID. En phase 1, l'optimisateur calcule la période d'échantillonnage et l'inscrit dans CYCLE.
30.0	CYCLE_P	INPUT/ OUTPUT	REAL	≥ 0.001 s	0.02 s	SAMPLE TIME OF PULSE GENERATOR [s]/ période d'échantillonnage du formateur d'impulsions [s] Cette entrée permet d'entrer la période d'échantillonnage de la mise en forme des impulsions. En phase 1, le FB 58 "TCONT_CP" calcule la période d'échantillonnage et l'inscrit dans CYCLE_P.
34.0	SP_INT	INPUT/ OUTPUT	REAL	Fonction des capteurs mis en oeuvre	0.0	INTERNAL SETPOINT/ consigne interne L'entrée "consigne interne" permet de spécifier une consigne.
38.0	MAN	INPUT/ OUTPUT	REAL		0.0	MANUAL VALUE/ valeur manuelle L'entrée "valeur manuelle" permet de spécifier une valeur manuelle. En mode automatique, elle correspond à la valeur réglante.

Adr.	Paramètre	Déclaration	Type de donnée	Plage de valeurs	Valeur initiale	Description
42.0	COM_RST	INPUT/ OUTPUT	BOOL		FALSE	COMPLETE RESTART/ démarrage
42.1	MAN_ON	INPUT/ OUTPUT	BOOL		TRUE	MANUAL OPERATION ON/ activation du mode manuel La mise à 1 de l'entrée "activation du mode manuel" interrompt la boucle de régulation. La valeur manuelle MAN est spécifiée comme valeur réglante.

Paramètres internes

Adr.	Paramètre	Déclaration	Type de donnée	Plage de valeurs	Valeur initiale	Description
44.0	DEADB_W	INPUT	REAL	Fonction des capteurs mis en oeuvre	0.0	DEAD BAND WIDTH/ largeur de la zone morte Le signal d'écart recouvre la zone morte. L'entrée "largeur de la zone morte" détermine la taille de la zone morte.
48.0	I_TLVAL	INPUT	REAL	0 à 100 %	0.0	INITIALIZATION VALUE OF THE INTEGRAL ACTION/ valeur d'initialisation de l'action I La sortie de l'intégrateur peut être activée à l'entrée I_TL_ON. La valeur d'initialisation est fournie à l'entrée "valeur d'initialisation de l'action I". Lors d'un démarrage COM_RST = TRUE, l'action I reprend la valeur d'initialisation.
52.0	LMN_HLM	INPUT	REAL	> LMN_LLM	100.0	MANIPULATED VARIABLE HIGH LIMIT/ limite supérieure de la valeur réglante La valeur réglante possède toujours une limite supérieure et inférieure. La limite supérieure est spécifiée à l'entrée "limite supérieure de la valeur réglante".
56.0	LMN_LLM	INPUT	REAL	< LMN_HLM	0.0	MANIPULATED VARIABLE LOW LIMIT/ limite inférieure de la valeur réglante La valeur réglante possède toujours une limite supérieure et inférieure. La limite inférieure est spécifiée à l'entrée "limite inférieure de la valeur réglante".

Adr.	Paramètre	Déclaration	Type de donnée	Plage de valeurs	Valeur initiale	Description
60.0	PV_FAC	INPUT	REAL		1.0	PROCESS VARIABLE FACTOR/ facteur de mesure
64.0	PV_OFFS	INPUT	REAL		0.0	PROCESS VARIABLE OFFSET/ décalage de mesure L'entrée "décalage de mesure" est additionnée à la "mesure périphérie". Cette entrée permet d'adapter l'étendue de mesure.
68.0	LMN_FAC	INPUT	REAL		1.0	MANIPULATED VARIABLE FACTOR/ facteur de valeur réglante L'entrée "facteur de valeur réglante" est multipliée par la valeur réglante. Cette entrée permet d'adapter l'étendue des valeurs réglantes.
72.0	LMN_OFFS	INPUT	REAL		0.0	MANIPULATED VARIABLE OFFSET/ décalage de valeur réglante L'entrée "décalage de valeur réglante" est additionnée à la valeur réglante. Cette entrée permet d'adapter l'étendue des valeurs réglantes.
76.0	PER_TM	INPUT	REAL	≥ CYCLE	1.0 s	PERIOD TIME [s]/ durée de période [s] La durée de période de la modulation de largeur d'impulsions est spécifiée dans le paramètre PER_TM. Le rapport entre la durée de période et la période d'échantillonnage de la mise en forme des impulsions détermine la précision de la modulation de largeur d'impulsions.
80.0	P_B_TM	INPUT	REAL	≥ 0.0 s	0.02 s	MINIMUM PULSE/BREAK TIME [s]/ durée minimale d'impulsion ou de pause [s] Le paramètre "durée minimale d'impulsion ou de pause" permet de paramétrer le temps d'impulsion ou de pause minimal. P_B_TM est limité de manière interne à > CYCLE_P.
84.0	TUN_DLMN	INPUT	REAL	-100.0 à 100.0 %	20.0	DELTA MANIPULATED VARIABLE FOR PROCESS EXCITATION/ valeur différentielle d'activation du processus L'activation du processus en vue de l'optimisation du régulateur est réalisée par un échelon de la valeur réglante de TUN_DLMN.

Adr.	Paramètre	Déclaration	Type de donnée	Plage de valeurs	Valeur initiale	Description
88.0	PER_MODE	INPUT	INT	0, 1, 2	0	PERIPHERY MODE/ mode périphérie Ce commutateur permet de spécifier le type de module AE. La mesure à l'entrée PV_PER est ainsi normalisée en °C à la sortie PV. • PER_MODE = 0 : standard • PER_MODE = 1 : climatique • PER_MODE = 2 : courant/tension
90.0	PVPER_ON	INPUT	BOOL		FALSE	PROCESS VARIABLE PERIPHERY ON/ activation de la mesure périphérie Pour lire la mesure de la périphérie, l'entrée PV_PER doit être reliée à la périphérie et l'entrée "activation de la mesure périphérie" doit être mise à 1.
90.1	I_TL_ON	INPUT	BOOL		FALSE	INITIALIZATION OF THE INTEGRAL ACTION ON/ activation de l'action I La sortie de l'intégrateur peut être reliée à l'entrée I_TL_ON. Pour ce faire, l'entrée "activation de l'action I" doit être mise à 1.
90.2	PULSE_ON	INPUT	BOOL		FALSE	PULSE GENERATOR ON/ activation du formateur d'impulsions PULSE_ON = TRUE permet d'activer le formateur d'impulsions.
90.3	TUN_KEEP	INPUT	BOOL		FALSE	KEEP TUNING ON/ maintien du mode optimisation Le passage au mode automatique intervient seulement lorsque TUN_KEEP = FALSE.
92.0	ER	OUTPUT	REAL	Fonction des capteurs mis en oeuvre	0.0	ERROR SIGNAL/ signal d'écart Le signal d'écart effectif est fourni à la sortie "signal d'écart".
96.0	LMN_PER	OUTPUT	REAL		0.0	PROPORTIONALITY COMPONENT/ action P La sortie "action P" correspond à l'action proportionnelle de la valeur réglante.
100.0	LMN_PER	OUTPUT	REAL		0.0	INTEGRAL COMPONENT/ action I La sortie "action I" correspond à l'action d'intégration de la valeur réglante.

Adr.	Paramètre	Déclaration	Type de donnée	Plage de valeurs	Valeur initiale	Description
104.0	LMN_PER	OUTPUT	REAL		0.0	DERIVATIVE COMPONENT/ action D
108.0	PHASE	OUTPUT	INT	0, 1, 2, 3, 4, 5, 7	0	PHASE OF SELF TUNING/ indication de la phase d'optimisation du régulateur La sortie PHASE indique la phase d'optimisation en cours (0..7).
110.0	STATUS_D	OUTPUT	INT		0	STATUS HEATING OF SELF TUNING/ état d'échauffement en mode optimisation STATUS_H indique la valeur de diagnostic pour la recherche du point d'inflexion lors de l'échauffement.
112.0	STATUS_D	OUTPUT	INT		0	STATUS CONTROLLER DESIGN OF SELF TUNING/ état caractéristique du régulateur en mode d'optimisation STATUS_D indique une valeur de diagnostic pour la recherche d'une caractéristique de régulation optimale durant l'échauffement.
114.0	QTUN_RUN	OUTPUT	BOOL		0	TUNING IS ACTIVE (PHASE 2)/ optimisation en cours (phase 2) L'optimisation a été démarrée par application de la valeur réglante d'optimisation et se trouve encore en phase 2 (recherche du point d'inflexion).
116.0	PI_CON	OUTPUT	STRUCT			PI CONTROLLER PARAMETERS/ paramètres du régulateur PI
+0.0	GAIN	OUTPUT	REAL	%/phys. Unité	0.0	PI PROPORTIONAL GAIN/ gain du régulateur PI
+4.0	TI	OUTPUT	REAL	≥ 0.0 s	0.0 s	PI RESET TIME [s]/ temps d'intégration PI [s]
124.0	PID_CON	OUTPUT	STRUCT			PID CONTROLLER PARAMETERS/ paramètres du régulateur PID
+0.0	GAIN	OUTPUT	REAL		0.0	PID PROPORTIONAL GAIN/ gain du régulateur PID
4.0	TI	OUTPUT	REAL	≥ 0.0 s	0.0 s	PID RESET TIME [s]/ temps d'intégration PID [s]
+8.0	TD	OUTPUT	REAL	≥ 0.0 s	0.0 s	PID DERIVATIVE TIME [s]/ temps de dérivation PID [s]

Adr.	Paramètre	Déclaration	Type de donnée	Plage de valeurs	Valeur initiale	Description
136.0	PAR_SAVE	OUTPUT	STRUCT			SAVED CONTROLLER PARAMETERS/ paramètres enregistrés pour le régulateur PID
+0.0	PFAC_SP	INPUT/ OUTPUT	REAL	0.0 à 1.0	1.0	PROPORTIONAL FACTOR FOR SETPOINT CHANGES/ coefficient d'action proportionnelle en cas de modification de la consigne
+4.0	GAIN	OUTPUT	REAL	%/phys. Unité	0.0	PROPORTIONAL GAIN/ gain du régulateur
+8.0	TI	INPUT/ OUTPUT	REAL	≥ 0.0 s	40.0 s	RESET TIME [s]/ temps d'intégration [s]
+12.0	TD	INPUT/ OUTPUT	REAL	≥ 0.0 s	10.0 s	DERIVATIVE TIME [s]/ temps de dérivation [s]
+16.0	D_F	OUTPUT	REAL	5.0 à 10.0	5.0	DERIVATIVE FACTOR/ facteur de dérivation
+20.0	CON_ZONE	OUTPUT	REAL	≥ 0.0	100.0	CONTROL ZONE ON/ activation de la plage de régulation
+24.0	CONZ_ON	OUTPUT	BOOL		FALSE	CONTROL ZONE/ largeur de la plage de régulation
162.0	PFAC_SP	INPUT/ OUTPUT	REAL	0.0 à 1.0	1.0	PROPORTIONAL FACTOR FOR SETPOINT CHANGES/ coefficient d'action proportionnelle en cas de modification de la consigne PFAC_SP indique l'action P effective en cas de modification de la consigne. Les valeurs possibles sont 0 ou 1. • 1 : l'action P intervient à 100 % en cas de modification de consigne. • 0 : l'action P n'intervient pas en cas de modification de consigne.
166.0	GAIN	INPUT/ OUTPUT	REAL	%/phys. Unité	2.0	PROPORTIONAL GAIN/ gain du régulateur L'entrée "coefficient d'action proportionnelle" indique le gain du régulateur. Une inversion du sens de régulation s'obtient par une valeur négative de GAIN.
170.0	TI	INPUT/ OUTPUT	REAL	≥ 0.0 s	40.0 s	RESET TIME [s]/ temps d'intégration [s] L'entrée "temps d'intégration" (temps d'action par intégration) détermine la réponse temporelle de l'intégrateur.

Adr.	Paramètre	Déclaration	Type de donnée	Plage de valeurs	Valeur initiale	Description
174.0	TD	INPUT/ OUTPUT	REAL	≥ 0.0 s	10.0 s	DERIVATIVE TIME [s]/ temps de dérivation [s]
178.0	D_F	INPUT/ OUTPUT	REAL	5.0 à 10.0	5.0	DERIVATIVE FACTOR/ facteur de dérivation Le facteur de dérivation détermine la temporisation de l'action D. • D_F = temps de dérivation "temporisation de l'action D"
182.0	CON_ZONE	INPUT/ OUTPUT	REAL	Fonction des capteurs mis en oeuvre	100.0	CONTROL ZONE/ largeur de la plage de régulation Si le signal d'écart est supérieur à la largeur de la plage de régulation, la limite supérieure de la valeur réglante est fournie comme valeur réglante. Si le différentiel de réglage est inférieur à la largeur de la partie négative du domaine de réglage, la valeur réglante coïncide avec la limite inférieure de ce domaine.
186.0	CONZ_ON	INPUT/ OUTPUT	BOOL		FALSE	CONTROL ZONE ON/ activation de la plage de régulation CONZ_ON = TRUE vous permet d'activer la plage de régulation.
186.1	TUN_ON	INPUT/ OUTPUT	BOOL		FALSE	SELF TUNING ON/ activation de l'optimisation du régulateur Si TUN_ON=TRUE, la moyenne de la valeur réglante est calculée jusqu'à ce que TUN_DLMN soit activé soit par un échelon de consigne, soit par TUN_ST=TRUE.
186.2	TUN_ST	INPUT/ OUTPUT	BOOL		FALSE	SELF TUNING ON/ démarrage de l'optimisation du régulateur Si lors de l'optimisation, la consigne doit rester constante au point de fonctionnement, TUN_ST=1 applique un échelon de consigne de TUN_DLMN.
186.3	UNDO_PAR	INPUT/ OUTPUT	BOOL		FALSE	UNDO CHANGE OF CONTROLLER PARAMETERS/ annulation de la modification des paramètres du régulateur Charge les paramètres PFAC_SP, GAIN, TI, TD, D_F, CONZ_ON et CON_ZONE du régulateur depuis la structure de données PAR_SAVE (uniquement en mode manuel).

Adr.	Paramètre	Déclaration	Type de donnée	Plage de valeurs	Valeur initiale	Description
186.4	PAR_SAVE	INPUT/ OUTPUT	BOOL		FALSE	SAVE CURRENT CONTROLLER PARAMETERS/ enregistrement des paramètres actuels Cette commande permet de sauvegarder les paramètres de réglage PFAC_SP, GAIN, TI, TD, D_F, CONZ_ON et CON_ZONE dans la structure de données PAR_SAVE.
186.5	LOAD_PID	INPUT/ OUTPUT	BOOL		FALSE	LOAD OPTIMIZED P/PI/D PARAMETERS/ chargement des paramètres PID optimisés Charge les paramètres GAIN, TI, TD à partir des structures PI_CON ou PID_CON, en fonction de l'état de PID_ON (mode manuel seulement)
186.6	PID_ON	INPUT/ OUTPUT	BOOL		TRUE	PID MODE ON/ activation du mode PID L'entrée PID_ON permet de spécifier si le régulateur optimisé doit fonctionner en mode PI ou PID. • Régulateur PID : PID_ON = TRUE • Régulateur PI : PID_ON = FALSE Il est toutefois possible que certains systèmes ne puissent être régulés qu'en mode PI même lorsque PID_ON = TRUE.
188.0	GAIN_P	OUTPUT	REAL		0.0	PROCESS PROPORTIONAL GAIN/ gain du processus Gain identifié pour le processus. Dans les systèmes de type I, GAIN_P est généralement sous-évalué.
182.0	TU	OUTPUT	REAL	≥ 3*CYCLE	0.0	DELAY TIME [s]/ temporisation [s] Temporisation identifiée pour le processus
186.0	TA	OUTPUT	REAL		0.0	RECOVERY TIME [s]/ temps de stabilisation [s] Temps de stabilisation identifié pour le processus. Dans les systèmes de type I, TA est généralement sous-évalué.

Adr.	Paramètre	Déclaration	Type de donnée	Plage de valeurs	Valeur initiale	Description
200.0	KIG	OUTPUT	REAL		0.0	MAXIMAL ASCENT RATIO OF PV WITH 100 % LMN CHANGE/ augmentation maximale de la mesure pour un saut de valeur réglante de 0 à 100 % [1/s]
204.0	N_PTN	OUTPUT	REAL	1.01 à 10.0	0.0	PROCESS ORDER/ ordre du processus Ce paramètre indique l'ordre du système. Il peut avoir comme valeur un nombre non entier.
208.0	TM_LAG_P	OUTPUT	REAL		0.0	TIME LAG OF PTN MODEL [s]/ constante de temps d'un modèle PTN [s] Constante de temps d'un modèle PTN (valeurs significatives uniquement pour N_PTN >= 2).
212.0	T_P_INF	OUTPUT	REAL		0.0	TIME TO POINT OF INFLECTION [s]/ durée jusqu'au point d'inflexion [s] Durée entre le déclenchement du processus et le point d'inflexion
216.0	T_P_INF	OUTPUT	REAL	Fonction des capteurs mis en oeuvre	0.0	PV AT POINT OF INFLECTION - PV0/ mesure au point d'inflexion - PV0 Modification de la mesure entre le déclenchement du processus et le point d'inflexion
220.0	LMN0	OUTPUT	REAL	0 à 100 %	0.0	MANIPULATED VAR. AT BEGIN OF TUNING/ valeur réglante au début de l'optimisation Déterminée en phase 1 (valeur moyenne)
224.0	PV0	OUTPUT	REAL	Fonction des capteurs mis en oeuvre	0.0	PROCESS VALUE AT BEGIN OF TUNING/ mesure au début de l'optimisation
228.0	PVDT0	OUTPUT	REAL		0.0	RATE OF CHANGE OF PV AT BEGIN OF TUNING [1/s]/ rampe de la mesure au début de l'optimisation [1/s] signe adapté
232.0	PVDT	OUTPUT	REAL		0.0	CURRENT RATE OF CHANGE OF PV [1/s]/ rampe momentanée de la mesure [1/s] signe adapté
236.0	PVDT_MAX	OUTPUT	REAL		0.0	MAX. RATE OF CHANGE OF PV PER SECOND [1/s]/ variation max. de la mesure par seconde [1/s] La dérivation maximale de la mesure au point d'inflexion (signe adapté, toujours > 0) permet de calculer TU et KIG.

SITRANS T measuring instruments for temperature

SITRANS T transmitters for mounting in sensor head

SITRANS TK/TK-H Two-wire system

Technical specifications (continued)

Rated conditions

Ambient conditions	
Ambient temperature	-40 ... +85 °C (-40 ... 185 °F)
Relative humidity	< 90%, with condensation
Electromagnetic compatibility	
• Interference immunity	Acc. to EN 61326
• Emitted interference	Acc. to EN 50081-2

Design

Weight	50 g (0.11 lb)
Dimensions	see "Dimension drawings"
Material	Moulded plastic

Power supply

For SITRANS TK	6.5 ... 25 V DC (20 V for EX ia)
For SITRANS TK-H	8 ... 35 V DC (30 V for EX ia)
Electrical isolation	
• Test voltage	Between input and output $U_{off} = 3.75 \text{ kV}$, 50 Hz, 1 min
• Insulation	500 V AC

Certificate and approvals

Explosion protection ATEX

• 'Intrinsic safe' type of protection	II 1 G FF Ex ia IIC T5/T6
• EC Type Examination Certificate for TK and TK-H	DEMCO 03 ATEX 134603X
• Ex tested for zone 2n	II 3 G EX nA IIC T5/T6
• Conformity statement	DEMCO 03 ATEX 134604X
Explosion protection to FM	
	Certificate of Compliance 8017742
• Identification (IG, I, NI)	<ul style="list-style-type: none"> IG / I / 1 / ADODETCG / T5 Ta = 85 °C (185 °F), T6 Ta = 50 °C (112 °F) I / 0 / AEX ia / IIC / T5 Ta = 85 °C (185 °F), T6 Ta = 50 °C (112 °F) NI / 1 / 2 / ABCD / T5 Ta = 85 °C (185 °F), T6 Ta = 50 °C (112 °F)
• Entry parameters	each "control drawing" A5E0226012B $U_i = 33 \text{ V}$, $I_i = 100 \text{ mA}$, $C_i = 0.75 \text{ nF}$, $L_i = 5 \text{ mH}$, $L_j = 15 \text{ } \mu\text{H}$

Hardware and software requirements for the parameterization software SIMROM TK for SITRANS TK

Personal computer	<ul style="list-style-type: none"> • CPU of type 486 upwards, compatible with industrial standard • 2.5" diskette drive • Hard disk with 5 MB vacant space • min. 4 MB RAM • VGA graphics adapter (or compatible) with at least 16 colors • One vacant serial port • Mouse or compatible pointing device and printer (recommended)
PC operating system	MS-DOS V 5.0 upwards, MS Windows V 3.1 upwards
SIMATIC PDM for SITRANS TK-H	see Chapter 9

Factory setting:

- Pt100 (IEC 751) with three-wire circuit
- Measuring range: 0 ... 100 °C (32 ... 212 °F)
- Output with sensor breakage: 23 mA

Digital measuring errors

Resistance thermometer

Input	Measured range	Min. measured span	Digital accuracy
	°C (°F)	°C (°F)	°C (°F)
Rt25 ... Pt500	-200 ... + 850 (-328 ... +1562)	10 (18)	0.1 (0.18)
Rt501 ... Pt1000 IFC	-200 ... + 350 (-328 ... +662)	10 (18)	0.1 (0.18)
Ni 25 ... Ni1000	-50 ... + 250 (-58 ... +482)	10 (18)	0.1 (0.18)
Cu25 ... Cu1000	-50 ... + 200 (-58 ... +392)	10 (18)	0.1 (0.18)

Resistance-based sensors

Input	Measured range	Min. measured span	Digital accuracy
	Ω	Ω	Ω
Resistance	0 ... 200	5	0.05
Resistance	0 ... 2200	25	0.25

Thermocouple elements

Input	Measured range	Min. measured span	Digital accuracy
	°C (°F)	°C (°F)	°C (°F)
Type B	+500 ... +1820 (+932 ... +3308)	50 (90)	2 (3.6)
Type C	0 ... +2300 (+32 ... +4172)	100 (180)	2 (3.6)
Type D	0 ... +2300 (+32 ... +4172)	100 (180)	2 (3.6)
Type E	-250 ... +900 (-418 ... +1652)	50 (90)	1 (1.8)
Type J	210 ... +1200 (-748 ... +2182)	50 (90)	1 (1.8)
Type K	-230 ... +1370 (-382 ... +2488)	50 (90)	1 (1.8)
Type L	-200 ... +900 (-328 ... +1652)	50 (90)	1 (1.8)
Type N	-200 ... +1200 (-328 ... +2172)	50 (90)	1 (1.8)
Type R	0 ... +1750 (+32 ... +3182)	100 (180)	2 (3.6)
Type S	0 ... +1750 (+32 ... +3182)	100 (180)	2 (3.6)
Type T	-220 ... +400 (-364 ... +752)	40 (7.2)	1 (1.8)
Type U	-200 ... +600 (-328 ... +1112)	50 (90)	1 (1.8)

mV Sensor

Input	Measured range	Min. measured span	Digital accuracy
	mV	mV	μV
mV Sensor	-10 ... +70	2	40
mV Sensor	-100 ... +1100	20	400

Thermocouples Industriels

Point de mesure	Température de service admissible °C (°F)	Couple thermoelectrique	Gaine de protection
A. Usines sidérurgiques			
1. Haute fourneau			
Vent chaud	1000 (1832)	NiCr/Ni	gaine de protection ouverte X 10 CrAl 24, N° mat. 1.4762; point de mesure dénudé, cimentée
Gaz brut	300 (572)	NiCr/Ni	X 10 CrAl 24, N° mat. 1.4762; embouti
2. Cowper (réchauffeur d'air)			
Coupoie	1200 (2192)	Pt 10% Rh/Pt	extérieur : X 15 CrNiSi 24 18, N° mat. 1.4841; intérieur : KER 710
Fumées	300 (572)	NiCr/Ni	St 35.8, N° mat. 1.0305, sans soudure, émaillé
3. Four Siemens-Martin			
Conduites d'évacuation de fumées	600 (1112)	NiCr/Ni	X 10 CrAl 24, N° mat. 1.4762; embouti
Chambre de ruçage	1350 (2462)	Pt 10% Rh/Pt	extérieur : carbure de silicium; intérieur : KER 710
Fusion (brève)	1800 (2912)	Pt 10% Rh/Pt	Thermocouple à immersion en exécution spéciale

Point de mesure	Température de service admissible °C (°F)	Couple thermoelectrique	Gaine de protection
5. Four sous-sous, four à sole tournants et four de lamhor			
Zone de pré-chauffage	800 (1472)	Pt 10% Rh/Pt ou Ni Cr/Ni	extérieur : carbure de silicium; intérieur : KER 710 ou extérieur : carbure de silicium; intérieur : KER 310
Zone de chauffage	1250 (2282)	Pt 10% Rh/Pt	comme précédemment
Zone d'égalisation	1350 (2462)	Pt 10% Rh/Pt	extérieur : carbure de silicium; intérieur : KER 710
Fumées en amont du récupérateur d'air	300 (552)	Ni Cr/Ni	X 13 CrAl 24, N° mat. 1.4762; embouti; montage avec manchon fileté étanche au gaz
Fumées en amont et en aval du récupérateur de gaz	700 (1292)	Ni Cr/Ni	comme précédemment ou KER 610
Air réchauffé en aval du récupérateur	700 (1292)	Ni Cr/Ni	comme précédemment
6. Four à sole court, de non-réaction et bus à roueux			
Ensemble du four	800 (1472)	Ni Cr/Ni	X 13 CrAl 24, N° mat. 1.4762; embouti
Carnou à gaz d'évacuation	800 (1112)	Ni Cr/Ni	comme précédemment
7. Four à cloche à moule			
Cuillère ou soufflet directement	950 (1742)	Ni Cr/Ni	X 13 CrAl 24, N° mat. 1.4762; embouti
Empilement pour filés en fer-blanc	800 ... 900 (1112 ... 1602)	Ni Cr/Ni	exécution spéciale, thermocouple nu avec filé à contact
Empilement pour filés de non-réaction	700 ... 900 (1292 ... 1652)	Ni Cr/Ni	comme précédemment
Gaz de protection	650 (1202)	Ni Cr/Ni	thermocouple dénudé

8. Bandes d'agglomération par filage			
(boîtes à vent)	400 (752)	Fe/Cu/Ni	thermocouple chimisé X 10 CrAl 24, N° mat. 1.4762
Four continu de la température de cuisson (maximum)	400, 500, 750, 950	Fe/Ni/Ni	comme précédemment avec couple thermoelectrique double
9. Installations d'étairage			
Huile de palme, bain de découpage, bain d'étaim	650 (1202)	Ni Cr/Ni	St 35.8, N° mat. 1.0305, sans soudure, émaillé
10. Installations de galvanisation			
Bain de zinc	480 (896)	Fe/Cu/Ni	St 35.8, N° mat. 1.0305, sans soudure

Point de mesure	Température de service admissible °C (°F)	Couple thermoelectrique	Gaine de protection
4. Four pit			
Chambre du four	1350 (2462)	Pt 10% Rh/Pt	extérieur : carbure de silicium; intérieur : KER 710
Fumées en amont ou aval du récupérateur	1000 (1832)	NiCr/Ni	X 10 CrAl 24, N° mat. 1.4762; embouti; montage avec manchon fileté étanche aux gaz
Air de combustion en aval du récupérateur	700 (1292)	NiCr/Ni	X 10 CrAl 24, N° mat. 1.4762; embouti; montage avec manchon fileté étanche aux gaz

Point de mesure	Température de service admissible °C (°F)	Couple thermoelectrique	Gaine de protection
11. Installations de traitement thermique			
11.1 Dans les gaz			
Four de revenu	550 (1022)	Ni Cr/Ni	St 35.8, N° mat. 1.0305, sans soudure
Recuits dans des gaz oxydants, sulfureux ou réducteurs	1050 (1922)	Pt 10% Rh/Pt (Ni Cr/Ni)	extérieur : X 10 CrAl 24, N° mat. 1.4762; embouti; intérieur : KER 710
	1200 (2192)	Pt 10% Rh/Pt	extérieur : X 10 CrAl 24, N° mat. 1.4762; embouti; intérieur : KER 710
Recuits dans des gaz sulfureux réducteurs	1200 (2192)	Pt 10% Rh/Pt	comme précédemment
Recuits dans des gaz stériles, pauvres en oxygène, anhydres, sous de filtration avec ammoniaque	1200 (2192)	Pt 10% Rh/Pt	extérieur : X 15 CrNiSi 24 19, N° mat. 1.4841; embouti; intérieur : KER 710
11.2 Dans les bains pour ateliers de temps (gaines de protection perçées dans la masse recommandées)			
Sel et calcaire	550 (1022)	NiCr/Ni	Fe pur, N° mat. 1.1009
Cyanure	350 (6742)	NiCr/Ni	Fe pur ou X 15 CrNiSi 24 19, N° mat. 1.4841
Bains de chlorure	1050 (1922)	Pt 10% Rh/Pt	extérieur : X 10 CrAl 24, N° mat. 1.4762; intérieur : KER 710
Bain de plomb	1200 (2192)	Pt 10% Rh/Pt	extérieur : alliage chrome-nickel/Rc 30 15, N° mat. 2.4867; intérieur : KER 710; creux dans la masse
Bains de chlorure de baryum	1200 (2372)	Pt 10% Rh/Pt	extérieur : alliage chrome-nickel/Rc 30 15, N° mat. 2.4867; intérieur : KER 710;

B. Usines métallurgiques (dans les fusions de métaux, du stade électrolyse)			
Fusion du cuivre	1250 (2282)	Pt 10% Rh/Pt	extérieur : X 10 CrSi 20, N° mat. 1.4772; percé dans la masse; intérieur : KER 710
Fumées des buses de fusion du cuivre	1200 (2372)	Pt 10% Rh/Pt	extérieur : carbure de silicium; intérieur : KER 710
Fusion du laiton	900 (1652)	NiCr/Ni	X 10 CrAl 24, N° mat. 1.4772; percé dans la masse
Fusion de l'aluminium	700 (1292)	NiCr/Ni	Forge de perçage S3 22; percée dans la masse
Forge coulé sous pression, magnésium	700 (1292)	NiCr/Ni	Fe pur, N° mat. 1.1009, percé dans la masse
Fusion de métal antifriction, de plomb et d'étain	500 (1112)	Fe/Cu/Ni	St 35.8, N° mat. 1.0305, sans soudure, émaillé

Point de mesure	Températures de service admissibles °C (°F)	Couple thermoélectrique	Gaine de protection
Fusion du plomb	700 (1292)	Fe/CuNi	Alliage chromonickel NiCr 60 15, N° mat. 2.4867, percé dans la masse
Fusion du zinc	480 (878)	Fe/CuNi	Si 35,8, N° mat. 1.0305, sans soudure
Fumées des fours de fusion du zinc	800 (1112) 1300 (2372)	Fe/CuNi Pt 10% Rh/Pt	Carbure de silicium extérieur : Carbure de silicium ; Intérieur : KER 710
C. Industrie des céramiques			
Fours circulaires pour plaques normales	800 ... 1100 (1472 ... 2012)	NiCr/Ni	X 10 CrAl 24, N° mat. 1.4762, embout
Fours circulaires pour clinquet, fours à chambres, fours tunnels, fours de vernissage	1200 ... 1300 (2192 ... 2372)	Pt 10% Rh/Pt	extérieur et intérieur : KER 710
D. Industrie du verre			
1. Fours à cuves pour verre			
Ruchage de chambre de régénération, haut	1300 (2372)	Pt 10% Rh/Pt	extérieur : KER 530 intérieur : KER 710
Ruchage de chambre de régénération, bas	800 (1112)	NiCr/Ni	Thermocouple en porcelaine
Côtés, voûte, sol (dans les canaux percés jusqu'à 50 mm sous le bain)	1550 (2822) 1400 (2552)	Pt 30% Rh/ Pt 6% Rh	extérieur et intérieur : KER 710
Fours de refroidissement	800 (1472)	NiCr/Ni	X 10 CrAl 24, N° mat. 1.4762, embout
Fours à recuire (maléabilisation)	1200 (2192)	Pt 10% Rh/Pt	KER 710
2. Fours à pots pour verre			
	1500 (2732)	Pt 30% Rh/Pt 6% Rh	extérieur et intérieur : KER 710
3. Générateurs de gaz			
Gaz brut	750 (1382)	NiCr/Ni	X 10 CrAl 24, N° mat. 1.4762, embout
Grille tournante (sommet de la grille)	180 ... 200 (356 ... 392) momentanément : 500 ... 1000 (932 ... 1832)	Fe/CuNi	Exécution spéciale sur demande (à fournir par l'utilisateur suivant nos indications)
E. Industrie du ciment - Fours à tubulines tournantes			
Air secondaire au refroidisseur	900 (1652)	NiCr/Ni	X 10 CrAl 24, N° mat. 1.4762
Chambre de décarbonatation	900 (1652)	NiCr/Ni	X 10 CrAl 24, N° mat. 1.4762
Chambre de séchage	400 (752)	Fe/CuNi	Si 35,8, N° mat. 1.0305, ou équivalent, émaillé

Point de mesure	Températures de service admissibles °C (°F)	Couple thermoélectrique	Gaine de protection
F. Usines de cellulose			
Incinérateurs de soufre, fours à pyrites en aval des chaudières de récupération	Jusqu'à 1500 (2732) 600 (1112)	Pt 30% Rh/Pt 6% Rh NiCr/Ni	extérieur : carbure de silicium ; Intérieur : KER 710 X 10 CrAl 24, N° mat. 1.4762
G. Centrales énergétiques à vapeur			
Conduites pour l'eau et la vapeur (thermocouples à visser et à souder)			
Thermocouple à visser	300 (572)	Fe/CuNi	bronze Sn Sn 6, conforme DIN 1726 (pour l'air ou l'eau exclusivement)
Thermocouple à visser	400 (752)	Fe/CuNi	Si 35,8, N° mat. 1.0305
Thermocouple à visser	500 (932)	Fe/CuNi	113 CrMo 44, N° mat. 1.7335
Thermocouple à souder	540 (1004)	Fe/CuNi	113 CrMo 44, N° mat. 1.7335
Thermocouple à souder	570 (1068) 750 (1382)	Ni Cr/Ni Fe/CuNi (NiCr/Ni)	18 CrMo 9 10, N° mat. 1.7390 X 8 CrMoNb 16 16, N° mat. 1.4981
Gaz de fumées	1000 (1832)	Pt 10% Rh/Pt	Kantal AF, Cr Al 20 5, N° mat. 1.4767 ou extérieur : X 10 CrAl 24, N° mat. 1.4762, Intérieur : KER 710 St
	600 (1112)	(NiCr/Ni)	Si 35,8, N° mat. 1.0305, émaillé
Conduite pour mélange air-poussière de charbon	100 (212)	Fe/CuNi	Si 35,8, N° mat. 1.0305, (avec barre de choc)

Caractéristiques techniques

Désignations des couples thermoélectriques, conformes DIN 43710 et DIN CEI 584

DIN 43710, édition 12.85

Cu-CuNi	Type U
Fe-CuNi	Type L
DIN CEI 584	
Cu/CuNi	Type T
Fe/CuNi	Type J
NiCr/Ni	Type K
NiCr Si-NiSi	Type N
Pt 10% Rh/Pt	Type S
Pt 13% Rh/Pt	Type R
Pt 30% Rh/Pt 6% Rh	Type B

SIMATIC WinCC flexible – Caractéristiques techniques

WinCC flexible Runtime	
Les valeurs indiquées sont des valeurs maximales	
Vues	500
Champs par vue	400
Variables par vue	400
Texte statique	30.000
Objets graphiques	2000
Objets compacts par image (p. ex. bargraphes)	40
Courbes	800
Listes de graphiques	500
Listes de textes	500
No. d'entrées d.l. tables mnémoniques	3500
Variables	2048
Messages binaire/analogiques	4000 / 500
Texte de message (no. de car.)	80
No. de valeurs de process par m.	8
Taille du tampon des alarmes	1024
Événements appliqués	500
Archives	100
Données archivables	Valeurs du process (max. 100), alarmes
Entrées maxi par archive (y compris archive secondaire)	500.000
Types d'archives	archives cycliques, archives sec. (400 maxi par archive)
Format d'archivage des données	CSV (Comma Separated Values) et connexion à la base de données ODBC (base de données non livrée)
Recettes	1000
Éléments par recette	2000
Enregistrements par recette	5000
Protection par mot de passe	
Droits d'utilisateur	32
Nombre de groupes d'utilisateurs	10
Scripts Visual Basic	200
Langues en ligne maxi	16
Communication	
Couplage MPI SIMATIC S7 / couplage PROFIBUS DP	
Nombre de modules d'extension raccordables maxi en fonction de la taille de la configuration (communication) dans l'optique de WinCC flexible Runtime jusqu'à 8 liaisons possibles	
Couplage PROFINET SIMATIC S7	
Nombre de modules d'extension raccordables maxi 1 dans l'optique de WinCC flexible Runtime	
Couplage PROFIBUS DP SIMATIC S5	
Nombre de modules d'extension raccordables maxi 1 dans l'optique de WinCC flexible Runtime	
Fonctionnement multiprotocole oui :	
OPC Client ou SIMATIC HMI HTTP Protocol sont complémentaires, c-à-d. utilisables avec tout type de connexion à un automate	

Conditions requises pour	WinCC flexible
Système d'exploitation	Windows 2000 SP4, Windows XP Professionnel SP1,2
Pour configuration multilingues :	Windows 2000 SP4 MUI, Windows XP Professionnel SP1 MUI
Pour WinCC flexible Micro :	Windows XP Home
Processeur	
Engineering	Pentium 4, ≥ 1,6 GHz
Runtime	Pentium II 233 MHz
Résolution	
Engineering	≥ 1024 x 758
Runtime	≥ VGA
RAM	
Engineering	≥ 1 Go (≥ 512 Mo pour WinCC flexible Micro)
Runtime	≥ 128 Mo
Disque dur (espace mémoire disponible)	
Engineering	≥ 1 Go
Runtime	≥ 100 Mo
Lecteur de disquettes	3,5" / 1,44 Mo
CD-ROM	pour installation du logiciel

Intégration	
Siemens Automates	
SIMATIC S7	PROFINET MPI PROFIBUS-DP TCP/IP (Ethernet), PROFINET Interface interne (WinAC)
SIMATIC S5	AS 511 PROFIBUS-DP
SIMATIC 500/505	PROFINET PROFIBUS-DP
SIMATIC HMI HTTP Protocole	HTTP/HTTPS (Ethernet)
SIMOTION	PROFIBUS-DP
SINUMERIK	
Automates d'autres constructeurs	
Allen Bradley	DF1, DH485 EtherNet/IP
GE Fanuc	SNP SNPX
LG GLOFA	GM
Mitsubishi	FX MP4
Modicon	Modbus
OMRON	Link Multilink
OPC (Client + Server)	Data Access V2.0+ Data Access V1.1 (COM) V1.0 (XML) unq. Client

Caractéristiques techniques	TP 177A
Ecran	à cristaux liquides (LCD) STN 5,7", Blue mode (4 niveaux).
* Résolution (L x H en pixels)	320 x 240 (240 x 320 pour config. en position portrait)
* MTBF du rétroéclairage (à 25 °C)	env. 50.000 heures
Éléments de commande	Ecran tactile
* Saisie numérique/alphanumérique	oui / oui ¹⁾
Processeur	ARM CPU
Mémoire (mémoire utile pour les données utilisateur)	512 Ko Flash / RAM
Interfaces	1 x RS 422, 1 x RS 485
Automates raccordables	S7-200, S7-300(400), WinAC
Tension d'alimentation / Courant nominal	24 V cc (+18 à + 30 V cc) / 0,24 A
Horloge	horloge logicielle, non sécurisée
Degré de protection (face avant / arrière)	IP65 (à l'état monté), NEMA 4x, NEMA 4 / IP20
Certification	en prép. FM, cULus, CE, C-Tick, zone Ex 2/22
Dimensions	
* Face avant L x H (mm)	212 x 156
* Découpe d'encastrement L x H (mm)	198 x 142
Poids	0,7 kg
Conditions d'environnement	
* Position de montage	verticale
* Angle d'inclinaison max. admissible sans ventilation externe	+/- 35°
* Température	
– Service (montage vertical / angle d'inclinaison max.)	0 °C à +50 °C / 0 °C à + 40 °C
– Transport, stockage	-20 °C à +60 °C
* Humidité relative de l'air, max.	85%
Fonctionnalité	
Gestion de messages	
* Nombre de messages	1000
* Tampon de messages	FIFO, 256 entrées ²⁾
Vues de process	250
* Objets graphiques	bitmaps, icônes, images d'arrière-plan
* Objets dynamiques	bargraphes
* Objets de texte	1000 éléments de texte
* Variables par image / champs par image	30 / 30
Variables	500
Gestion des utilisateurs (Security)	Droits d'accès par groupes d'utilisateurs (jusqu'à 32 droits)
Langues en ligne	5
Jeu de caractères	WinCC flexible, langues pictographiques
Système d'aide	oui
Planificateur de tâches	oui
Outil de configuration	à partir de WinCC flexible 2004 Compact HSP (à commander séparément)
* Transfert de la configuration	Série via RS 485/ MPI/ PROFIBUS DP