

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMERRI, Tizi-Ouzou



Faculté de Génie Electrique et d'Informatique
Département d'Automatique

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme

D'Ingénieur d'Etat en Automatique

Thème

**Conception et Automatisation d'une Conditionneuse
MULTIVAC R7000 à L'aide d'un Automate
TWDLCAA40DRF**

Proposé par : M^r A. BELLOUT

Présenté par :

Dirigé par : M^r M. ALLAD

M^{elle} ACHOUCHE Ouassila
M^{elle} DJOUAD Tassadit

Promotion 2011

Ce travail a été préparé à : Entreprise Tifra-lait



Remerciements

Avant tout, nous remercions le bon Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience durant toutes les années d'études et que grâce à lui ce travail a pu être réalisé.

Nos vifs remerciements vont en premier lieu, à nos chers parents de nous avoir aidé pour arriver au terme de ce travail.

Comme nous tenons à exprimer tout nos reconnaissances et nos gratitude à notre promoteur M^r ALLAD et M^r CHELLI notre co-promoteur, de nous avoir encadré, suivi et orienté tout au long de notre travail.

Nous remercions d'avance, les membres de jury d'accepter d'examiner notre travail.

Nos remerciements les plus sincères sont adressés à tous les enseignants du département d'Automatique en particulier à M^r R. HADDOUCHE pour tous ces conseils et orientations.

A toute l'équipe Tifra-lait, en particulier à M^r AREZKI BLOTTE pour leur contribution à notre intégration au sein de l'unité.

En fin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.





Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents à qui je dois tout, je profite de les remercier pour leurs encouragements, leurs aides, le soutien qu'ils m'ont apporté et le sacrifice qu'ils ont fait pour moi, que Dieu les protège et les entoure de sa bénédiction.

A la mémoire de ma grande mère Djouhera ;

Mes très chers frères Achour, Bilale à qui je souhaite le succès dans la vie ;

Mes adorables sœurs : Karima, Tassadit, Nacira, Siham et leurs maris Ahcene, Karim, Boussad.

Ma très chère amie et mon binôme Tassadit et sa famille ;

Tous mes amis (es) de près et de loin ;

Toute la promotion 2010/2011;

A ceux que j'aime et qui m'aiment.

Ouassifa



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

*À mes très chers parents pour leurs soutiens durant tout
mon cursus scolaire :*

À mes chers frères Rachid, Mouloud, Ferhat ;

À très chère sœur Zahia ;

*À ma sœur Fatima, son mari Ali et ses enfants
Farid, Yahia, Nabil et Katia ;*

Mon très cher binôme Ouassila et sa famille ;

À tout mes amis (es)

*À tous ceux qui ont contribué à la réussite de ce
modeste travail*

Jassadit

Sommaire

Introduction Générale	1
Chapitre 1 : Description de la machine MULTIVAC R7000	
1.1 Introduction.....	2
1.2 Caractéristiques de la MULTIVAC	2
1.3 Présentation du poste de travail MULTIVAC R7000.....	3
1.3.1 Analyse fonctionnelle de la conditionneuse MULTIVAC.....	3
1.3.2 Diagramme de la conditionneuse	4
1.4 Données techniques	4
1.5 Différents éléments externes de la MULTIVAC	5
1.6 Phase de fonctionnement de la conditionneuse	
1.7 Description des différents éléments extérieurs de la MULTIVAC R7000.....	10
1.8 Système de production d'énergie.....	14
1.8.1 Système de production d'énergie pneumatique	14
1.8.2 Système de production d'énergie hydraulique.....	16
1.8.3 Système de production d'énergie mécanique.....	16
1.9 Définition d'un système automatisé de production SAP	17
1.9.1 Partie opérative.....	18
1.9.1.2 Pré-actionneurs.....	21
1.9.1.3 Capteurs	24
1.9.2 Partie commande.....	26
1.9.3 Poste de contrôle	26
1.10 Fonctionnement de la machine	27
1.10.1 Préparatifs	27
1.10.2 Cycle fonctionnel	27

1.11 Cahier des charges fonctionnel de la machine	28
1.11.1 Définition du cahier des charges	28
1.11.2 Travail demandé.....	28
1.12 Conclusion	29
Chapitre II : Régulation PID et Identification de ses paramètres	
2. 1. Introduction à la régulation.....	30
2. 1.1 Définition de la régulation	30
2. 1.2 Objectifs de la régulation	30
2.2 Régulation PID.....	30
2.3 Structure d'un système de régulation automatique.....	31
2.4 Boucle de la régulation de température	31
2.5 Identification des procédés	38
2.5.1 Procédé stable.....	38
2.5.2 Procédé instable	39
2.5.3 Méthode de régulation des paramètres P I ET D	39
2.5.3.1 Méthode de Ziegler et Nichols.....	39
2.5.3.2 Méthode de Broïda procédés auto-réglants	41
2.6 Conclusion	43
Chapitre III : Modélisation par GRAFCET	
3.1 Introduction.....	44
3.2 Outil de modélisation GRAFCET.....	44
3.2.1 Définition	44
3.2.2 Composition du GRAFCET.....	45
3.2.3 Etape et action associées	45
3.2.4 Transitions et réceptivités associées	46
3.2.5 Syntaxe et règles d'évolution.....	46
3.2.5.1 Syntaxe.....	46

3.2.5.2 Règles d'évolution	46
3.2.6 Règles de construction d'un GRAFCET	47
3.2.6.1 Convergence en ET	47
3.2.6.2 Divergence en ET	47
3.2.6.3 Convergence en OU	48
3.2.6.4 Divergence en OU	48
3.2.6.5 Saut d'étapes	48
3.2.6.6 Reprises de séquence.....	49
3.3 Niveau d'un GRAFCET	49
3.3.1 GRAFCET de niveau 1	49
3.3.2 GRAFCET de niveau 2	50
3.3.3 GRAFCET de niveau 3	50
3.4 Description des instructions GRAFCET en langage TwidoSuite.....	50
3.4.1 Exemple GRAFCET	52
3.5 Conclusion	53
 Chapitre IV : Implantation du programme sur l'Automate TWIDO	
4.1 Introduction.....	54
4.2 Définition des automates programmables industriels (API).....	54
4.3 Structure interne des automates programmables	55
4.4 Structure de la programmation par automate.....	56
4.5 Choix d'un automate.....	56
4.6 Présentation de l'automate TWIDO.....	56
4.7 Constitution de l'automate TWIDO à base compacte TWDLCAA40DRF	57
4.8 Type de stockage mémoire	57
4.9 Langage TWIDO	58
4.10 Description physique d'un module d'E/S analogique	58
4.10.1 Constitution interne de module analogique (TWDALM3LT).....	58

4.11 Création de projet sur TWIDO	59
4.11.1 Lancement de logiciel	59
4.12 Configuration de l'automate TWIDO	61
a. Configuration matérielle.....	61
b. Configuration logicielle	61
c. Régulation	62
c.1. Lancement de la boîte de dialogue de PID.....	62
c.2 Mise en œuvre de la régulation	69
c.3 Auto-tunig	70
c.4 Onglet animation	71
c.5 Onglet trace	71
4.13 Schéma de câblage de la régulation des résistances de thermoformage et de soudage	72
4.14 Méthode pour déterminer la période d'échantillonnage	73
4.15 Conclusion	73
Conclusion Générale.....	74

Introduction Générale

L'automatique est considérée comme le noyau de toutes les sciences de l'ingénieur, elle associe la mécanique, l'informatique et l'électronique. Quand on entend le mot « automatisme », on pense souvent à l'industrie, ceci est légitime, c'est là que l'on trouve principalement les APIs. Actuellement l'automatisme est présent dans tous les domaines et même dans les systèmes simples tels que les portes automatiques.

Les domaines agro-alimentaires, parmi d'autre est témoin de cette évolution et de nombreuses sociétés algériennes telle que TIFRA-lait qui se situe à 39Km nord de Tizi-Ouzou, plus précisément à Tigzirt, orientée dans la production des produits laitiers (fromage rouge et blanc, le camembert et le lait).

Elle est créée en 1987 sous le statut d'entreprise familiale, elle est devenue en 2004 une SARL passant au stade d'industrie agro-alimentaire de renommée dépassant les frontières. Dans le but d'améliorer la quantité et la qualité des produits et de faciliter les tâches, l'implantation des automates programmable est indispensable.

Dans ce mémoire nous avons établi quatre parties essentielles. D'abord, nous avons commencé, dans la première partie à décrire les différents organes de la machine conditionneuse (MULTIVAC R7000) et son fonctionnement.

Dans la seconde partie nous avons exposé la régulation automatique, précisément la régulation PID et comment déterminer ses paramètres de réglage par des méthodes empiriques.

Dans la troisième partie nous avons modélisé le système à l'aide d'un GRAFCET qui décrit le comportement successif de la partie commande.

La dernière partie de ce mémoire, nous avons présenté l'automate programmable industriel TWIDO à base TWDLCAA40DRF, et son logiciel de programmation Twidosuite, ainsi qu'un module analogique pour la régulation de température.

Chapitre I

Description de la machine

MULTIVAC R7000

Chapitre I

Description de la Machine MULTIVAC R7000

1.1 Introduction [1]

LA MULTIVAC est apparue en 1961. Elle se concentre essentiellement pour l'emballage de divers produits (alimentaires, non alimentaires, articles médicaux,...etc.).

Elle peut être équipée de différentes opérations thermoformages. Une technique qui consiste à prendre un matériau sous forme d'une feuille, à la chauffer pour la mettre à la forme désirée avec un moule. Ensuite, le soudage à chaud et le tranchage.

Il y a plusieurs sortes de la MULTIVAC, par exemple : R140, R240, R7000, R535.

1.2 Caractéristiques de la MULTIVAC

Elle assure un emballage sur mesure de haute qualité, par exemple :

- emballage sous vide
- emballage sous atmosphère protectrice
- emballage stérile dans le domaine médical
- débit horaire élevé, il conditionne jusqu'à 40 .000 seringues par heure
- coupe nette
- haut niveau d'hygiène (facilement et totalement lavable)

Dans notre étude on s'intéresse à la machine électromécanique MULTIVAC R7000 (figure 1.1) fabriquée en 1979, elle fonctionne avec des cartes électroniques spécialisée dans l'emballage sous vide de produits alimentaires (**fromage rouge**).

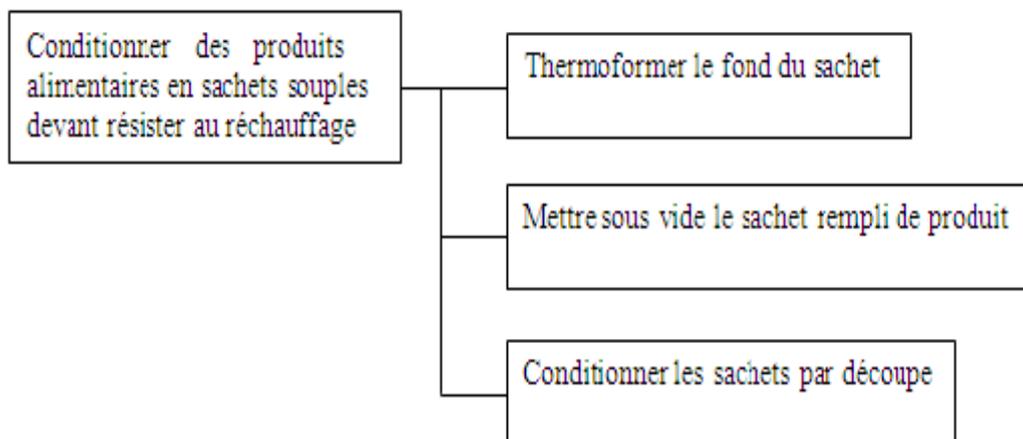


Figure 1.1: MULTIVAC R7000

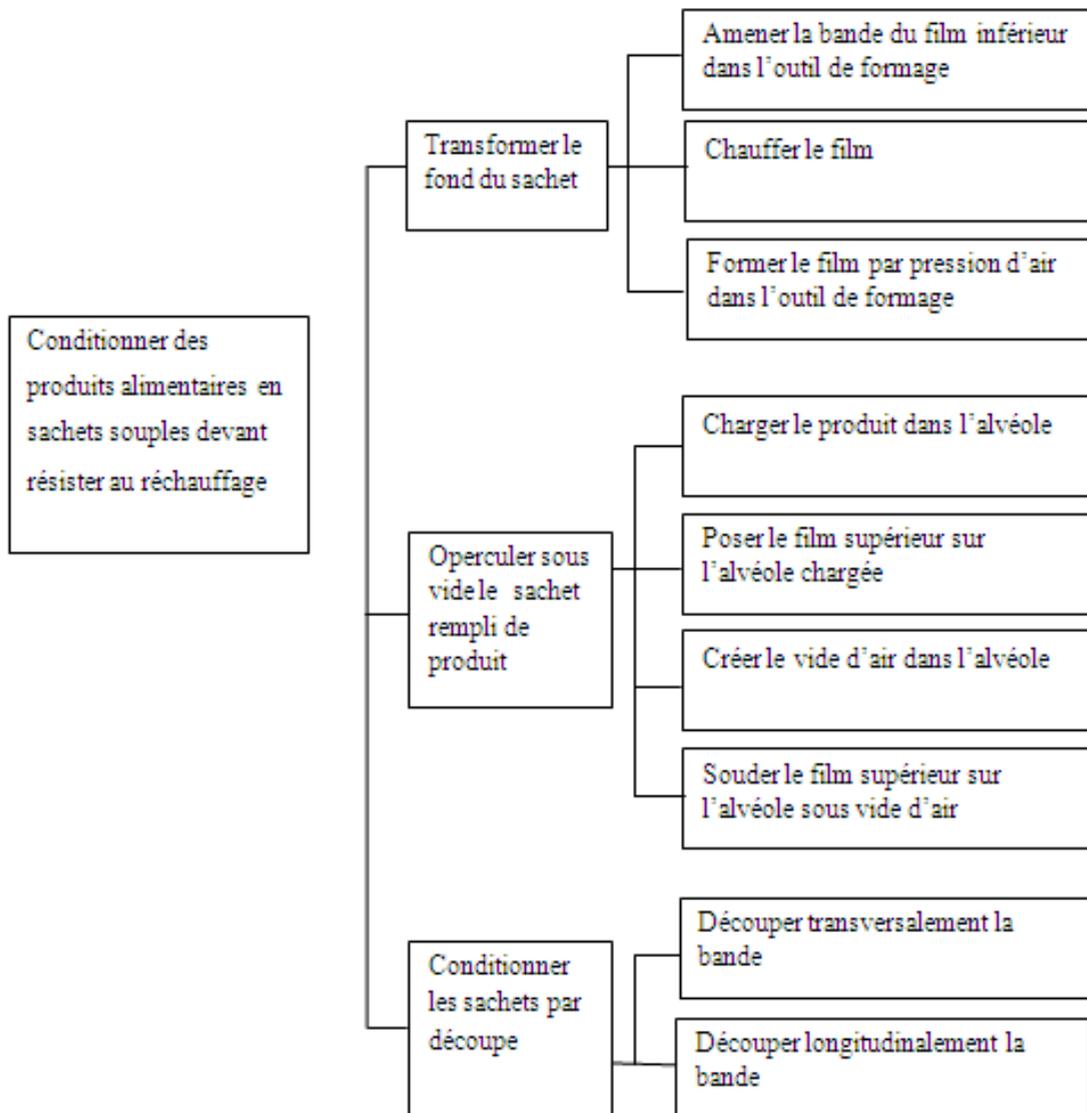
1.3 Présentation du poste de travail MULTIVAC R7000

1.3.1 Analyse fonctionnelle de la conditionneuse MULTIVAC

On donne ci-dessous la description fonctionnelle de ce système sous forme d'un diagramme.



1.3.2 Diagramme de la conditionneuse



1.4 Données techniques

- **Diagramme électrique**
 - ✓ Tension réseau : 380V*3 AC
 - ✓ Tension de commande 24V DC
 - ✓ Fréquence 50Hz
- **Air comprimé** : au moins 7 bars
- **Dimension**
 - ✓ Longueur : 5250mm
 - ✓ Largeur : 1000mm

- ✓ Hauteur égale à 1000 mm sans boîte de commande et 1700 mm avec boîte de commande
- ✓ Diamètre bobine : film inférieur égal à 700mm et film supérieur à 700mm

1.5 Différents éléments externes de la MULTIVAC

Pour bien comprendre le fonctionnement de la machine MULTIVAC, il faut étudier le rôle de chaque organe de la machine (figure 1.2).

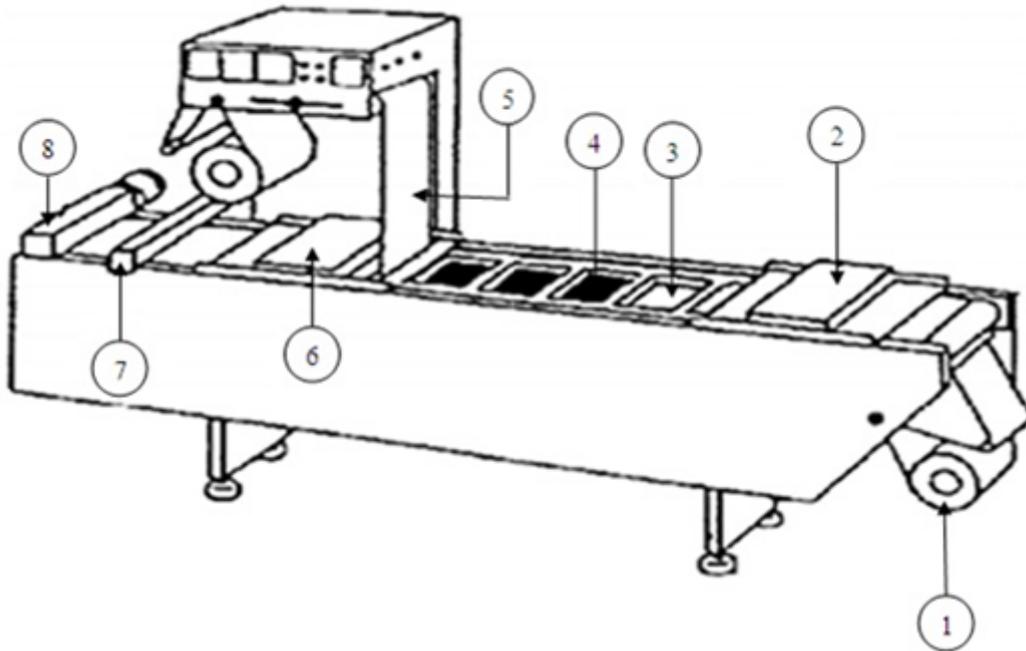
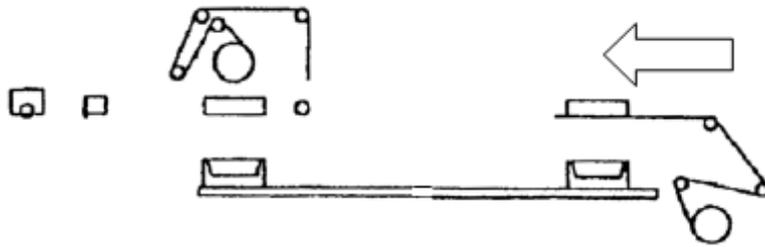


Figure 1.2 : Différents éléments de la machine

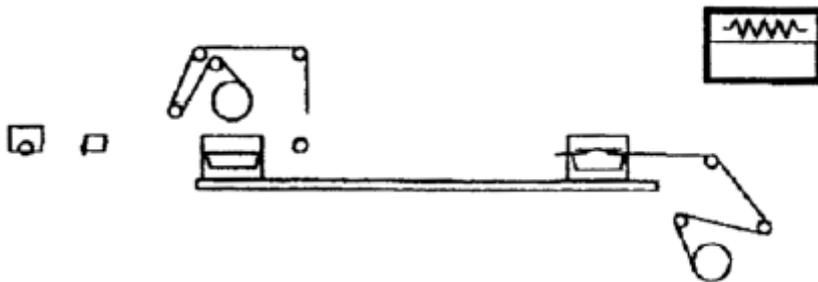
- 1- Bobine du film inférieur
- 2- bloque de thermoformage
- 3- alvéoles remplis de produit
- 5- film supérieur
- 6- bloque de soudage
- 7- arbre couteaux transversaux
- 8- arbre de couteaux tournants

1.6 Phases de fonctionnement de la conditionneuse

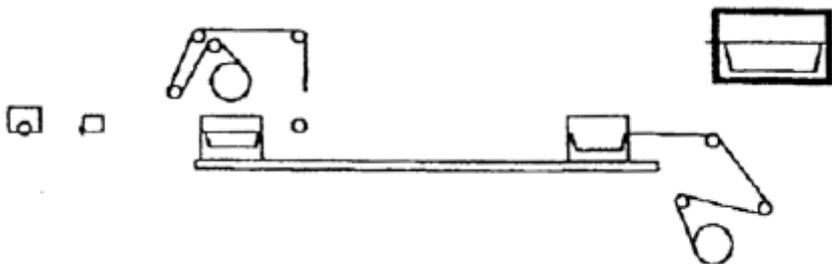
Le fonctionnement de cette machine peut être décomposé en une suite de phases montrant l'évolution de la matière d'œuvre.

a) fermeture des outillages

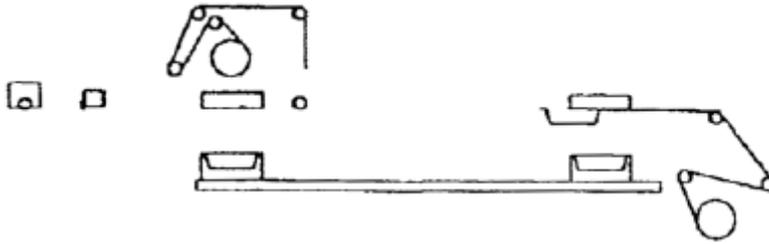
Le système de transport amène la bande du film dans l'outil de formage. Les parties inférieures des outillages, se ferment sur les parties supérieures des outillages de formage fixées sur le bâti de la machine.

b) chauffage du film inférieur

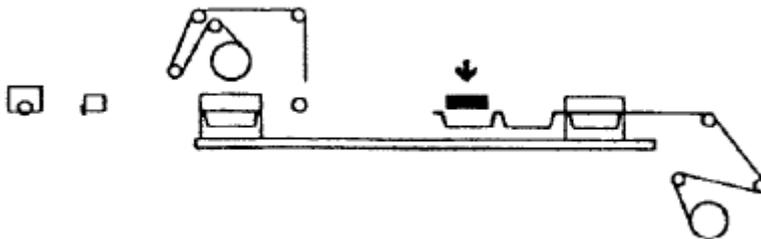
Le thermoformage exige l'échauffement du film jusqu'à 110°C . Pour ce faire il est plaqué par air comprimé sur la plaque chauffante dans la partie supérieure de l'outillage de formage.

c) formage du film inférieur

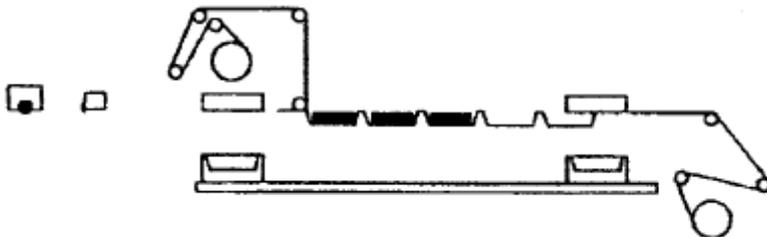
L'air contenu entre le moule et le film préchauffé est aspiré par une pompe à vide. C'est ainsi que l'alvéole est fabriquée.

d) avancement de l'alvéole formée

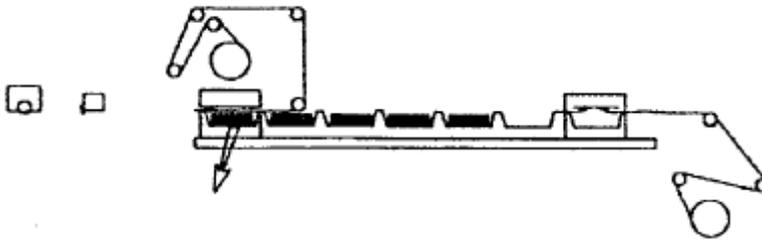
Une fois l'outillage ouvert, le mouvement d'avancement démarre et l'alvéole formée est transportée en avant. A la fin de l'avancement (d'un pas), les actions décrites précédemment se répètent.

e) chargement du produit

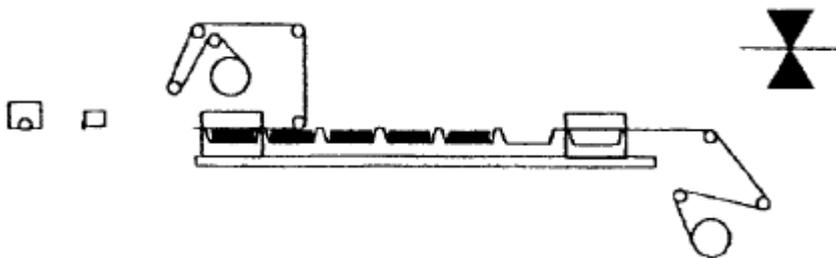
Dans la zone accessible, entre l'outillage de formage et celui de soudure, le poste de chargement effectue la « pose » du produit dans l'alvéole.

f) avancement, pose du film supérieur

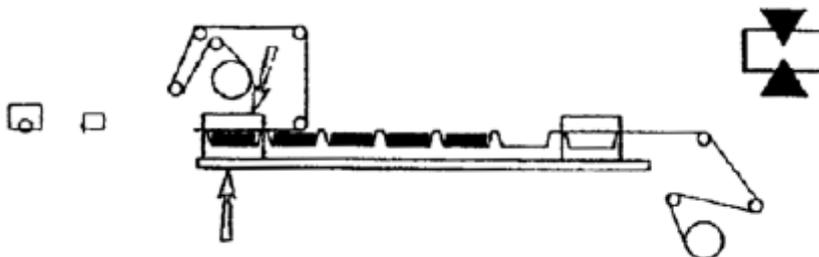
Après quelques pas d'avancement, l'alvéole chargée du produit atteint le film supérieur. Le film supérieur se pose sur l'alvéole et recouvre le produit. Après un autre pas d'avancement, l'alvéole se trouve avec le produit et le film supérieur dans l'outillage de soudure.

g) mise sous vide de l'emballage

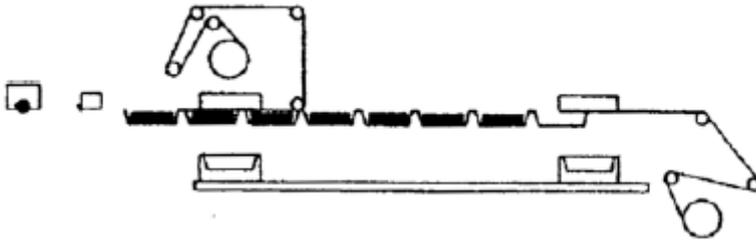
Après la fermeture de l'outillage, l'air contenu dans l'alvéole est aspiré par une pompe à vide, et injection d'un gaz anti-fermentation du produit. Les deux parties de l'outillage de soudure isolant le produit par rapport à l'extérieur.

h) scellage hermétique

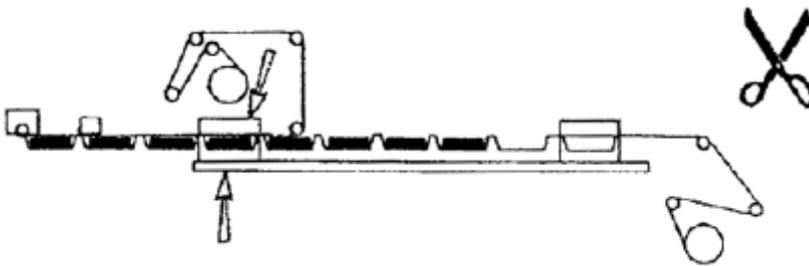
Les films inférieur et supérieur sous l'action combinée de la chaleur de la plaque de soudure et de la pression existante entre les deux parties de l'outillage de soudure.

i) remisera l'atmosphère

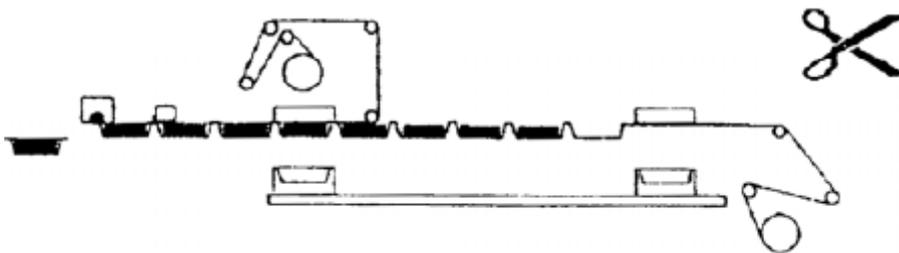
Pour ouvrir l'outillage de soudure, dont l'intérieur a été vidé d'air, on laisse pénétrer de l'air dans l'outillage. Par la suite l'outillage s'ouvre, par déplacement vers le bas de la partie inférieure.

j) avancement

Après quelques pas d'avancement. La bande d'emballage se présente sous les systèmes de découpe.

k) découpe transversale

Les emballages forment une bande continue. La découpe transversale se fait lors de l'arrêt de la bande d'emballages. Même après la découpe transversale, le chapelet d'emballages détaché, est tenu dans la chaîne de transport par les deux extrémités (dans le sens de la largeur).

l) découpe horizontale

La découpe longitudinale sert à la séparation des lisières des films servant à l'entraînement par les chaînes de transport. Etant donné que le dispositif de découpe longitudinal est immobile par rapport au bâti, la découpe se fait pendant l'avancement du chapelet d'emballages.

1.7 Description des différents éléments extérieurs de la MULTIVAC R7000 [2]

1. Eléments chauffants

Ils se composent de deux résistances fixées et commandées par deux régulateurs de température. Une se chauffe à 110°C et superposée sur l'outillage de formage afin de chauffer le film inférieur, l'autre se chauffe à 90 °C ~100°C et superposée sur l'outillage de soudage dans le but de souder les deux films inférieur et supérieur.

2. Outillage de formage

Une table qui porte huit moules sous forme croissants et au centre des moules il y a des trous pour vider l'air qui se trouve entre le moule et le film inférieur et au niveau de cette table le film inférieur prend la forme de huit croissants (figure 1.3).

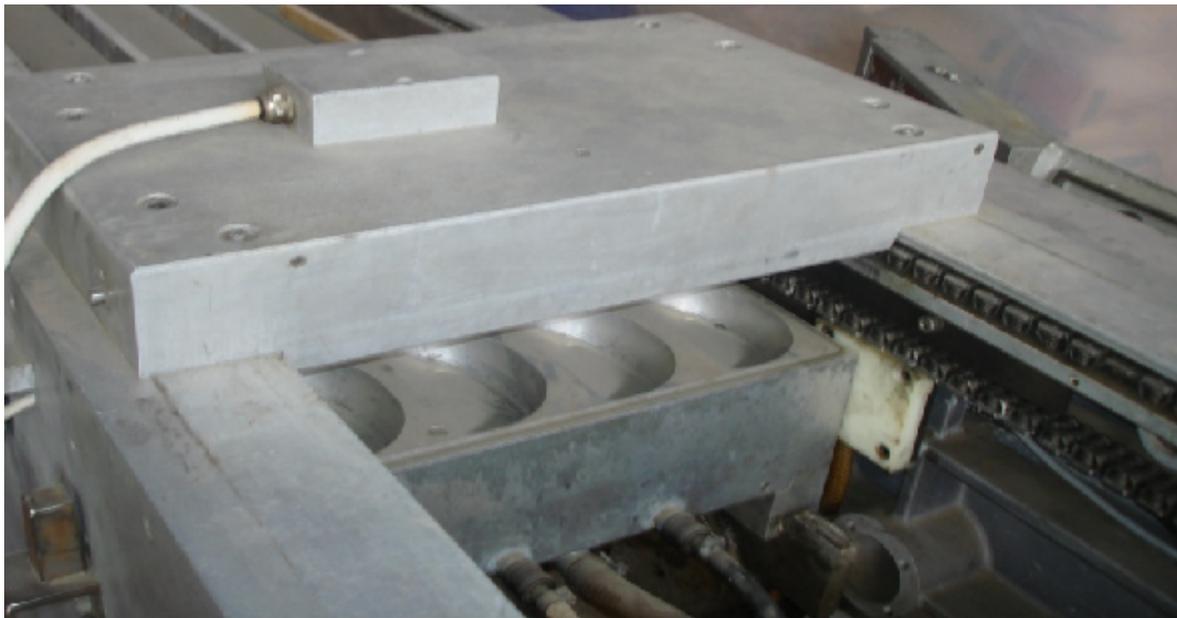


Figure 1.3 : Outillage de formage

3. Outillage de soudage

Une table de même dimension de celle de l'outillage de formage, porte huit moules sous forme de carrés et au niveau de cette table s'effectue l'opération de soudage.

Note : Le mouvement des deux tables est guidé par un même vérin pneumatique à double effet.

4. Arbres munissent de couteaux transversaux

Il ya deux arbres qui portent deux couteaux, ayant pour objectif la coupure transversale de l’emballage. Ils sont entrainés par deux vérins pneumatiques à double effet (figure 1.4).



Figure 1.4 : Couteaux transversaux

5. Arbre munit de couteaux tournants

C’est l’organe qui porte des couteaux (5 couteaux circulaires) pour effectuer une coupure longitudinale de l’emballage, il est entrainé par un moteur asynchrone (figure 1.5).



Figure 1.5 : Couteaux tournants

6. Tapis roulant

Tapis roulant permet de transporter du matériel d'un escalier mécanique, mis à part le fait que le tapis roulant est horizontal, il tourne souvent dans un seul sens. Dans notre cas, il est constitué de deux chaînes tournantes guidées par un pignon mécanique, entraîné par un moteur réducteur (figure 1.6).



Figure 1.6 : Moteur réducteur

7. Bobine du film supérieur

Elle s'occupe du film supérieur d'épaisseur 70 μ m, sert à recouvrir le produit (figure 1.7).



Figure 1.7: Bobine du film supérieur

8. Bobine du film inférieur

Elle s'occupe du film inférieur d'épaisseur 150 μ m, avec qui on forme des alvéoles (figure 1.8).



Figure 1.8: Bobine du film inférieur

9. Pupitre de commande

Il regroupe différentes commandes nécessaires pour le fonctionnement du procédé : marche-arrêt, arrêt d'urgence, marche automatique, alarmes et régulateurs de température.

10. Armoire électrique

Elle contient différents composants électriques et mécaniques à savoir des relais, fusibles, contacteurs, disjoncteur (figure 1.9).



Figure 1.9: Armoire électrique

11. Système de lubrification

Il évite l'abrasion et assure le refroidissement de la pièce pour éviter la déformation des matériaux par influence de la chaleur. Ce qui provoque une amélioration de fonctionnement mécanique.

1. 8 Systèmes de production d'énergie

L'emploi de l'énergie pneumatique ou hydraulique permet de réaliser des automatismes avec des composants simples et robustes.

1 .8.1 Système de production d'énergie pneumatique

L'air comprimé est une forme d'énergie très utilisée dans toutes les industries. Elle est assurée par un compresseur entraîné par un moteur électrique. Ce compresseur est constitué de filtres, d'un système de compression d'air, d'un refroidisseur et d'un réservoir qui permet de réguler la consommation.

1.8.1.1 Unité de conditionnement d'air [3]

Avant chaque système automatisé de production on place une unité de conditionnement **FRL** qui fournit l'énergie pneumatique au système, cette unité est constituée de :

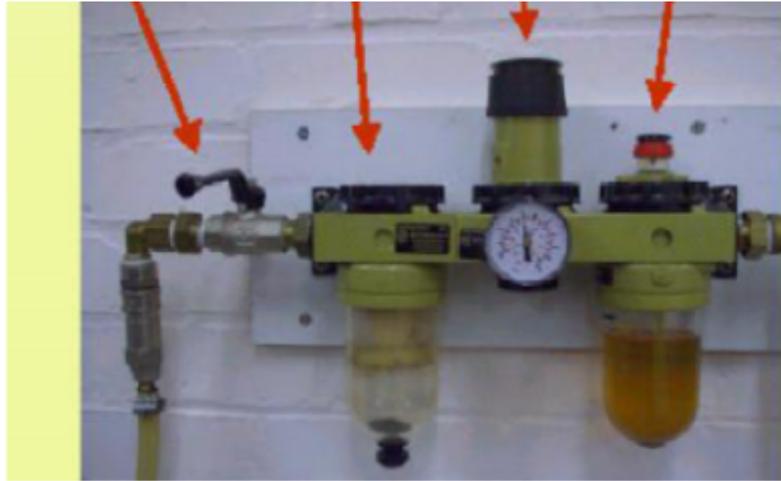


Figure 1.10: Unité de conditionnement d'air

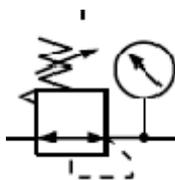


Figure 1.11: Symbole de l'unité de conditionnement

-**Filtre F** : Caractérisé par la dimension minimale des poussières arrêtées par la cartouche. Ce dispositif permet également de sécher l'air. Son symbole est :



-**Mano-Régulateur R** : Sert à régler (stabilise) la pression à la valeur souhaitée. Son symbole est :



-**Manomètre M** : Indique la pression de sortie de cette pression secondaire.

-**Lubrificateur F** : C'est un pulvérisateur d'huile qui sert à éviter la corrosion et à améliorer le glissement. Son symbole est :



I.8.2 Système de production d'énergie hydraulique

C'est la circulation d'eau en boucle fermée pour assurer la sécurité et le refroidissement de ces organes. Il est constitué de :

- réservoir d'eau
- pompe hydraulique
- conduites d'eau
- régulateur de pression et un manomètre

-**Pompe hydraulique** : la pompe hydraulique est un appareil qui transforme l'énergie mécanique en énergie hydraulique.

-**Conduite hydraulique** : tuyaux transportant l'eau à partir du réservoir vers les distributeurs hydraulique qui distribuent vers les divers organes de la machine.

I.8.3 Système de production d'énergie mécanique

La partie mécanique est constituée d'une roue dentée et trois pignons avec des dentures droites, en contact l'une à l'autre (figure 1.6) dans le but de transmettre le mouvement, et ce mouvement rotatif est transformé en mouvement de translation du tapis roulant.

Le pignon tourne plus vite que la roue dentée. On dit que la vitesse de rotation du pignon est plus grande que la vitesse de rotation de la roue dentée (figure 1.12).

- Le rapport de réduction d'un engrenage est la division de la vitesse de rotation de la roue dentée par le pignon.

$$r = \frac{\omega_{roue\ dentée}}{\omega_{pignon}} \quad (1.1)$$

- Le rapport de réduction r est égal au rapport inverse du nombre de dents.

$$r = \frac{\omega_{\text{roue dentée}}}{\omega_{\text{pignon}}} = \frac{Z_{\text{pignon}}}{Z_{\text{roue dentée}}} \quad (1.2)$$

Z : nombre de dents

ω : vitesse de rotation (tr /mn)

r : rapport de réduction

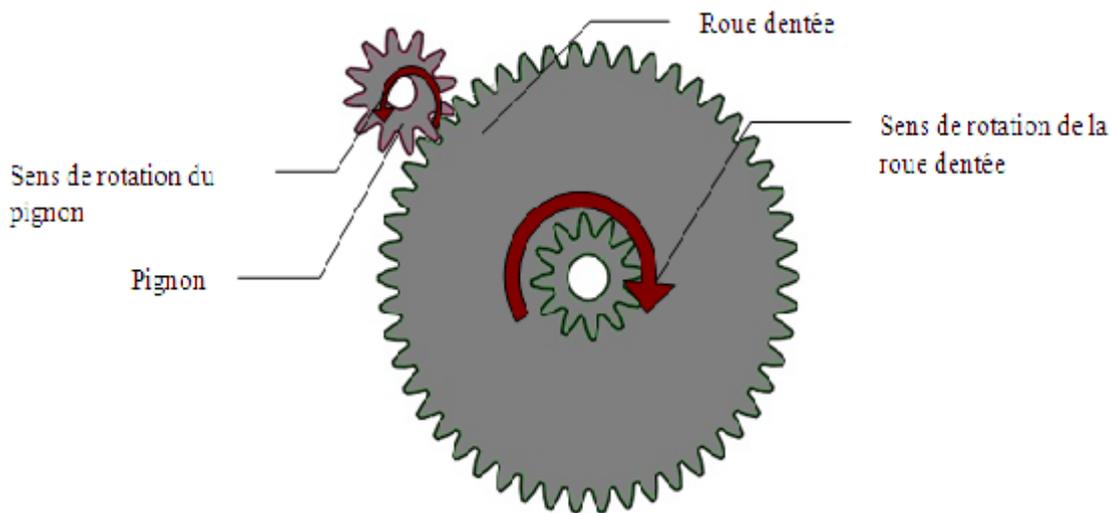


Figure 1.12: engrenage

I.9 Définition d'un système automatisé de production (SAP) [4]

Une machine ou un système est dit automatisé lorsque le processus qui permet de passer d'une situation initiale à une situation finale se fait sans intervention humaine et ce comportement est répétitif chaque fois que les conditions qui caractérisent la situation initiale sont remplies (figure 1.13).

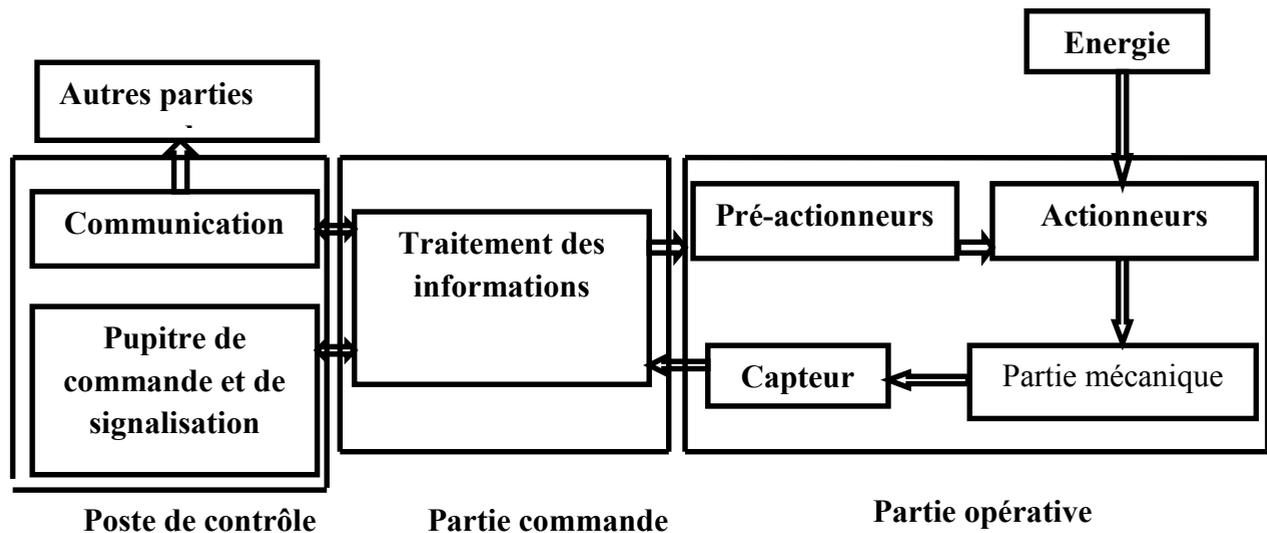


Figure 1.13: Structure de système automatisé de production

I.9.1 Partie opérative

La partie opérative agit sur la matière d'œuvre à partir d'ordres envoyés par la partie commande, et renvoie à cette dernière des informations sur son état ou sur l'environnement, sa fonction globale est d'apporter de la valeur ajoutée à la matière d'œuvre.

I.9.1.1 Actionneur

Un actionneur est un organe de la partie opérative qui reçoit un ordre de la partie commande via un éventuel pré -actionneur, convertit l'énergie électrique, pneumatique ou hydraulique en un travail mécanique (figure 1.14).

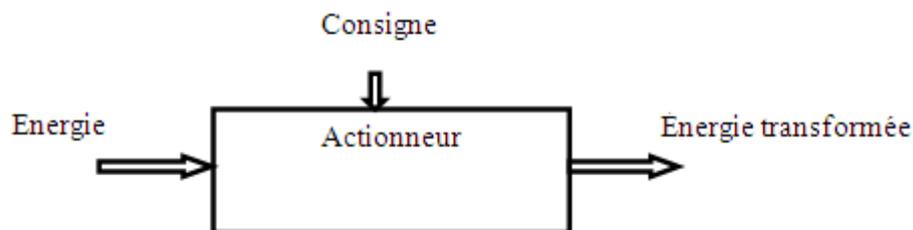


Figure 1.14: Actionneur

a. Différents types d'actionneurs

Il y a plusieurs types d'actionneurs dans notre machine on a :

- Actionneurs utilisant l'énergie pneumatique (vérins).
- Actionneurs utilisant l'énergie électrique (moteurs asynchrones, résistances chauffantes).

a.1 Vérins

Les vérins pneumatiques sont des actionneurs qui convertissent l'énergie d'entrée pneumatique en une énergie utilisatrice mécanique,

Les vérins pneumatiques représentent les éléments de puissance de la logique pneumatique sous l'effet de la pression d'air, le vérin effectue un mouvement de translation (déplacement) ou bien un mouvement circulaire (rotation). Il existe deux types de vérin :

- Vérin simple effet
- Vérin double effet

Les vérins pneumatiques utilisent l'air comprimé de 2 à 10 bar en usage courant. Dans notre machine on a 3 vérins doubles effet et la pression d'air comprimé est de 7 bar.

a.1.1 Constitution d'un vérin

Un piston muni d'une tige se déplacent librement à l'intérieur d'un tube. Pour faire sortir la tige, on applique une pression sur la face avant du piston, et sur la face arrière pour faire rentrer la tige.

a.1.2 Vérins double effet

Dans notre système on a deux types de vérins double effet :

- **Vérin double effet linéaire avec tige**

L'ensemble tige plus piston peuvent se déplacer dans le deux sens sous l'action du fluide (tirer- pousser), l'effort en le poussant (sortie de la tige) est légèrement plus grand que l'effort en le tirant (rentrée de la tige) car la pression n'agit pas sur la partie de surface, occupée par la tige

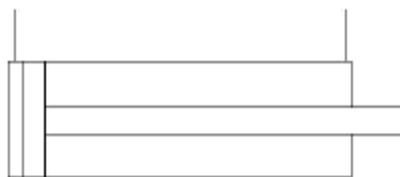


Figure 1.15: Symbole d'un vérin double effet

▪ Vérin double effet sans tige

Ce type d'actionneur diffère de vérins classiques, est de plus en plus utilisé dans les systèmes automatisés. Il présente des avantages importants, notamment dans la manutention de pièces relativement légères, sur des distances importantes, en éliminant le risque de flambage des tiges de vérins classique.

a.2 Actionneur utilisant l'énergie électrique

On trouve plusieurs types d'actionneurs électriques, dans notre système étudié il s'agit des moteurs asynchrones triphasés et des résistances chauffantes.

a.2.1 Moteur asynchrone

Le moteur asynchrone est un organe transformant l'énergie électrique apportée par le courant alternatif monophasé ou triphasé, en énergie mécanique.

- Ils sont des actionneurs forts utilisés en milieu industriel, ils varient selon la tâche à accomplir.
- Ils sont constitués de deux parties bien distinctes, le stator (partie immobile), et le rotor (partie mobile).

a.2.1.1 Choix d'un moteur asynchrone

Plusieurs critères pour le choix du type du moteur à utiliser :

Première sélection est faite à base de vitesse (moteur à une seule vitesse, moteur à deux ou trois vitesses).

Deuxième sélection est faite à partir des besoins en couple et vitesse.

En suite il faut vérifier que l'échauffement du moteur en fonctionnement est compatible avec la classe du moteur proposé par le constructeur.

Les différents moteurs existant dans la MULTIVAC R 7000

- M1 : moteur qui entraîne les couteaux horizontaux ;
- M2 : moteur qui entraîne la pompe à vide ;
- M3 : moteur réducteur qui entraîne le tapis roulant ;
- M4 : moteur du compresseur;

a.2.1.2 Fonctionnement d'un moteur asynchrone

Le fonctionnement du moteur asynchrone repose sur le synchronisme entre la vitesse du rotor (induit) et celle du champ du stator (inducteur).

Le démarrage nécessitant l'établissement préalable de ce synchronisme. Le couple de démarrage des moteurs asynchrones est faible.

a.2.1.3 Démarrage d'un moteur asynchrone

Il existe plusieurs méthodes différentes pour le démarrage des moteurs asynchrones. Dans notre machine on a utilisé le démarrage direct.

a.2.1.4 Protection de moteur

- **Sectionneur**

Le sectionneur est un appareil électromécanique permettant de séparer un circuit électrique et son alimentation de façon mécanique, afin d'isoler une partie de l'installation raccordée en aval du sectionneur. L'objectif est d'assurer la sécurité.

- **Relais thermique**

Le relais thermique permet de protéger un récepteur contre les surcharges faibles et prolongées. Il permet de protéger efficacement contre les incidents d'origine électrique tels que la chute de tension.

a.2.2 Résistances chauffantes

La résistance chauffante est un élément électrique passif ayant des propriétés de dégager de la chaleur, lorsqu'elle est traversée par un courant électrique.

Les différentes résistances de la MULTIVAC R7000 :

- R1 : résistance de thermoformage se chauffe jusqu'à 110°
- R2 : résistance de soudage se chauffe jusqu'à 90°

1.9.1.2 Pré-actionneurs

Un pré-actionneur est un composant de gestion de l'énergie d'alimentation des actionneurs. Il assure la transformation de signal de commande (électrique, pneumatique) en un signal de puissance (électrique, pneumatique, hydraulique), nécessaire pour l'actionneur (figure 1.16).

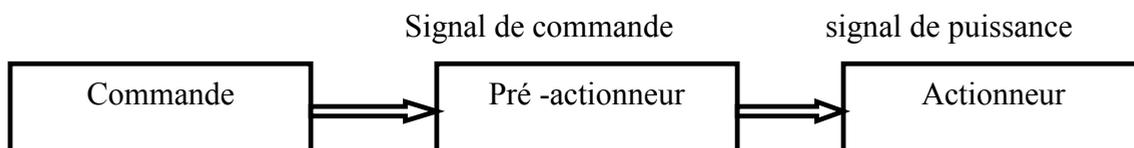


Figure 1.16: Pré-actionneurs

a.1 Contacteurs

Un contacteur est constitué d'une bobine alimentée par le circuit de commande, et des contacts de puissances et auxiliaires permettent d'établir ou d'interrompre un circuit électrique.

a.1.1 Principe de fonctionnement

Lorsque la bobine est alimentée. Elle crée un champ magnétique, qui attire les contacts pour fermer le circuit (commande électrique).

Lorsque la bobine n'est plus alimentée les contacts reviennent à leurs états initiaux par l'action d'un ressort de rappel.

a.2 Electrovanes

Une électrovanne est un dispositif commandé électriquement, permettant de libérer ou de bloquer la circulation d'un fluide ou d'air comprimé dans un circuit.

a.3 Distributeurs

Les distributeurs sont des appareils permettant de distribuer de fluide ou air comprimé dans une partie de l'installation sous l'effet d'une commande.

Un distributeur sera identifié par le nombre de tuyaux qu'on peut connecter (on parle alors d'orifice) et le nombre de position que peut occuper le tiroir.

Le distributeur présenté (figure 1.17) à :

- 4 orifices
- Alimentation en pression
- Echappement
- Connexion avec la chambre avant
- Connexion avec la chambre arrière
- 2 positions

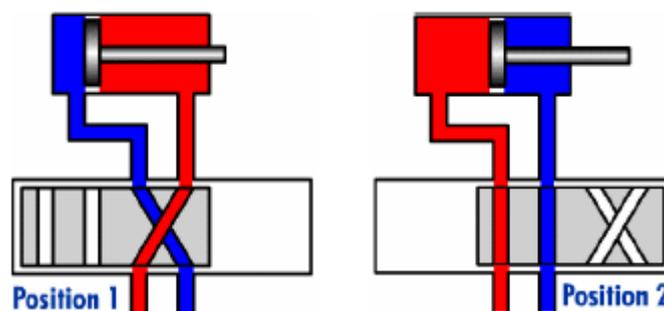


Figure 1.17 : Distributeur 4/2

On distingue différents types, selon leurs tailles, leurs positions et leurs états.

- **Selon leurs tailles** : ils dépendent naturellement de l'actionneur à alimenter et de nombre d'orifices.
- **Distributeur 3/2** : Le distributeur 3/2, utilisé par les vérins simple effet n'ont qu'un orifice pour l'alimentation du vérin puisqu'une seule chambre peut être connectée au distributeur (figure 1.18).



Figure 1.18: Distributeur 3/2

- **Distributeur 5/2** : Utilisé par les vérins double-effet au même titre que les distributeurs 4/2. Les 5/2 possèdent un orifice d'échappement par chambre du vérin (figure 1.19).

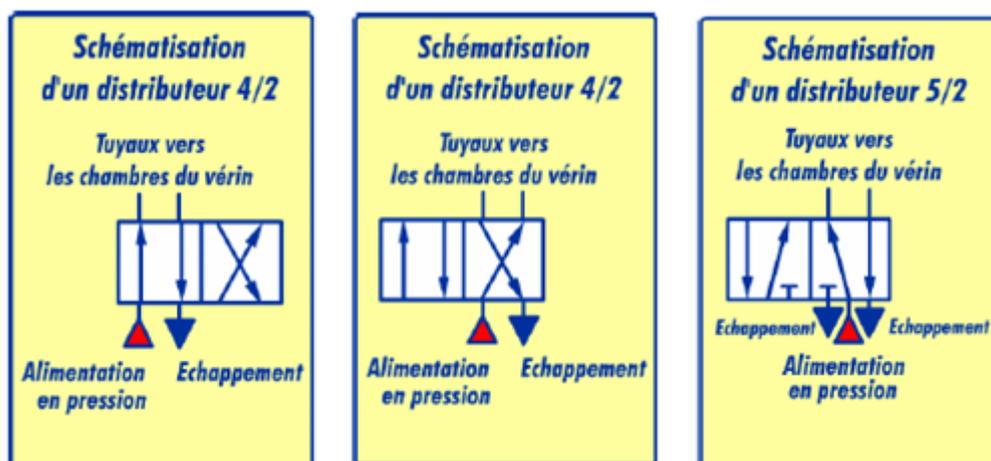


Figure 1.19: Distributeur 4/2 et 5/2

- **Selon sa position (état) :** Un distributeur admet deux états, de repos ou de travail, Pour passer de l'une à l'autre, il faut avoir un signal de commande qui gère le comportement de l'actionneur alimenté.

a.4.Relais

Les relais sont constitués d'une bobine qui génère un champ magnétique lorsqu'elle est traversée par un courant électrique. Ils sont utilisés pour commander des petites charges électriques et ils sont aussi utilisés pour servir de mémoire, ou pour constituer des fonctions logiques plus complexes.

Il existe plusieurs types de relais, on s'intéresse :

- **Relais de puissance :** ce type de relais ne comporte pas de contacts secondaires, il est utilisé pour supporter des grandes tensions.

1.9.1.3 Capteurs [4]

a.1 Définition

Les capteurs sont des composants de la chaîne d'acquisition. Dans une chaîne fonctionnelle ils prélèvent des informations sur le comportement de la partie opérative et les transforment en une information exploitable pour la partie commande (figure 1.20).

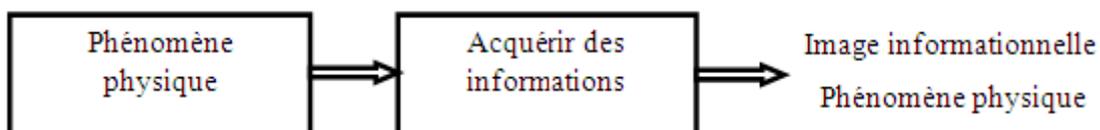


Figure 1.20 : Schéma fonctionnel d'un capteur

Les informations ainsi produites sont classées suivant leurs natures.

- **Information de type logique :** une information qui n'a que deux états distincts « 0 ou 1 », vrai ou faux, présence ou absence.
- **information de type analogique :** information dont l'état peut varier de manière continue.
- **information de type numérique :** transmet des valeurs numériques précisant des positions, des pressions, pouvant être lues sur 8, 16,32 bit.
 - soit parallèle sur plusieurs conducteurs.
 - soit en série sur un seul conducteur.

a.2 Différents capteurs de la MULTIVAC R7000

▪ Capteur de fin de course

Il est appelé aussi interrupteur de fin de course, interrupteur de position, détecteur de position. Ce sont des commutateurs commandés par le déplacement d'un organe de commande (corps d'épreuve). lorsqu'ils sont actionnés, ils ouvrent ou ferment un ou plusieurs circuits électriques ou pneumatiques.

▪ Photocellule

C'est un dispositif électrique qui utilise la technique des rayons infrarouge actifs modulés. Elle permet, par interruption du faisceau infrarouge d'activer un contact (relais) composée d'un émetteur et un récepteur (figure 1.21).

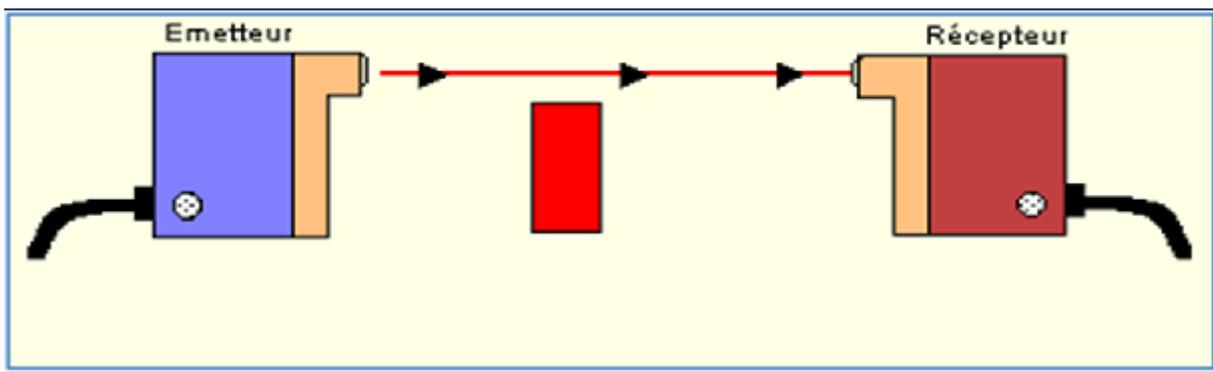


Figure 1.21 : Photocellule

▪ Thermocouples

Un thermocouple est un capteur qui mesure la température. Il se compose de deux métaux de natures différentes reliés à l'extrémité. Quand la jonction des métaux est chauffée, une tension variable est produite, qui peut être en suite transcrite en température. Les alliages de thermocouple sont généralement disponibles en fils (figure 1.22).

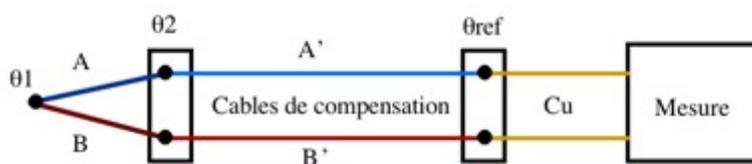


Figure 1.22 : Thermocouple

▪ Différents types de thermocouples

Les thermocouples sont disponibles dans différentes combinaisons de métaux ou de calibrages pour accommoder diverses utilisations. Les trois calibrages les plus connus sont K, T et J. Le type K étant le plus populaire grâce à sa large palette de température, il est composé d'un conducteur positif nickel-chrome et d'un conducteur négatif Nickel-Aluminium, Il existe aussi des calibrages à haute température, R, S, E, G, C et D qui offrent une performance jusqu'à 2320°C , comme le montre le tableau ci-dessous:

Type de thermocouple	Conducteur positif	Température
	Conducteur négatif	
K	Nickel-Chrome	-185 à 1100°C
	Nickel-Aluminium	
T	Cuivre	-250 à 400°C
	Cuivre-Nickel	
J	Fer	-180 à 750°C
	Cuivre-Nickel	
E	Nickel-Chrome	-40 à 1600°C
	Cuivre-Nickel	
R	Platine-13rhodium	0 à 1700°C
	platine	
S	Platine-10 rhodium	0 à 1700°C
	platine	

1.9.2 Partie commande

La partie commande d'un automatisme est le centre de décision, il donne des ordres à la partie opérative et reçoit ses comptes rendus.

La partie commande peut être mécanique, électronique ou autre. Elle peut se composer de trois parties, ordinateur, logiciel et une interface.

1.9.3 Poste de contrôle

Il est composé des pupitres de commande et formé par deux parties :

- une partie comportant les différents accessoires de commande (boutons et sélecteurs).

▪ Une partie comportant les différents voyants lumineux témoignant les différents états de fonctionnement.

1.10 Fonctionnement de la machine

1.10.1 Préparatifs

- Mettre la machine sous tension
- Activer le mode de marche
- Mise en marche des deux résistances
- Mise en marche de tous les moteurs asynchrones triphasés successivement :
 - ✓ Moteur réducteur
 - ✓ Moteur de la pompe à vide
 - ✓ Moteur des couteaux
- Mise sous pression pneumatique de la machine (au moins 7 bars)

1.10.2 Cycle fonctionnel

Le processus de la machine est subdivisé en quatre blocs principaux :

➤ Bloc thermoformage

Le film inférieur est positionné entre la résistance et l'outillage de formage. Il est attaché à la chaîne de tapis roulant qui le fait marcher.

• Le vérin monte, l'outillage de formage coïncide avec la résistance qui met le film inférieur se dilater.

- La pompe à vide aspire l'air existant entre les moules et le film inférieur.
- Une fois l'opération de vidage est terminée, le film prend la forme des moules, on injecte l'air comprimé pour libérer le film de l'intérieur des moules.

- Le vérin descend.

➤ Bloc de remplissage

On met le fromage rouge qui a déjà une forme de moule manuellement dans des alvéoles d'une façon correcte.

➤ Bloc de soudage

• Le film supérieur superpose au film inférieur d'une façon à avoir le fromage au milieu des maquettes de film supérieur qui sont détectés par un capteur photocellule.

- La montée du vérin de l'outillage de soudage coïncide avec une résistance chauffée.
- La pompe à vide aspire tout l'air se trouvant à l'intérieur des deux films.

- Injection du gaz anti-fermentation à l'intérieur des alvéoles
- Injection d'air pour souder les deux films (action combinée de la chaleur et de la pression).
- Le vérin descend.

➤ **Bloc de coupage**

Après avoir terminé les opérations thermoformage, remplissage, soudage, on arrive à la dernière action qui est le coupage transversal et horizontal.

Remarques

- Le thermoformage, soudage et la coupe transversale se sont des opérations qui se déroulent en même temps.
- Le pas de tapis roulant, la coupe horizontale et le déroulement des deux bobines se déroulent en même temps.
- La montée (descente) de vérin pneumatique double effet va engendrer la montée (descente) d'un bras qui porte les deux outillages (formage, soudage).

1.11 Cahier des charges fonctionnel de la machine

1.11.1 Définition du cahier des charges

Le cahier des charges est un document régissant les rapports fournis par l'utilisateur au concepteur d'un matériel de commande, afin de lui spécifier les différents modes de marches-d'arrêts et les multiples fonctions que l'automatisme devra posséder.

Donc, c'est une description fonctionnelle qui analyse le comportement de la partie opérative vis-à-vis de la partie commande pour diverses situations présentées.

1.11.2 Travail demandé

Notre projet se base essentiellement sur le changement de la partie commande de la MULTIVAC R7000. Afin de remédier à ce déficit et améliorer la sécurité de travail (qualité du produit et des personnels), ainsi la réduction du coût de la production il nous a été demandé de remplacer les cartes électronique de la machine MULTIVAC R7000 par un automate programmable TWIDO TWDLCAA40DRF (nano automate) qui occupera un espace réduit.

Notre travail est organisé selon l'approche suivante :

- Au niveau de l'armoire électrique, on garde l'ensemble des relais thermiques et de puissances ainsi des fusibles pour la protection des moteurs.

➤ Les différents capteurs, électrovannes, les lampes de signalisation seront alimentées (24v) directement à partir de l'automate. Cependant l'automate va commander les bobines des relais de puissances (220v) qui fermeront les différents contacts pour laisser une tension de (380v) pour l'alimentation des moteurs. L'appel à une solution automatisée est fait en introduisant des équipements technologiques qui seront commandés par l'automate suivant un programme approprié.

1.12 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié et présenté le système à automatiser, en tenant compte des moyens disponibles au sein de l'entreprise **TIFRA-LAIT**. Le développement de la technologie et la compétition économique impose une industrie de qualité et quantité pour répondre à la demande de plus en plus importante.

Pour ces raisons, on opte pour une installation automatique pilotée par automate programmable industriel qui repose essentiellement sur une bonne compréhension du système à automatiser (qualité des actionneurs, capteurs ...etc.).

Chapitre II

Régulation PID Et Identification De Ses Paramètres

Chapitre II

Régulation PID et Identification De ses Paramètres

2.1. Introduction à la régulation

2.1.1. Définition de la régulation

La régulation des procédés industriels regroupe l'ensemble des moyens matériels et techniques mis en œuvre dans le but :

- maintenir une grandeur physique à régler (débit, pression, température) à une valeur désirée (consigne), malgré les perturbations ou changements de consigne. Donc elle provoque une action correctrice sur la grandeur physique du procédé appelée grandeur réglante.

- fournir à l'opérateur des informations (fonctionnement, alarmes (visuelles ou sonores)).

2.1.2. Objectifs de la régulation

- stabiliser les systèmes instables.
- augmenter la précision.
- maîtriser la qualité de production.

2.2 Régulation PID

Le régulateur PID est très utilisé en industrie à cause de sa simplicité et son efficacité.

Dans notre machine il existe deux régulateur PID (figure 2.1), pour réguler la température de deux résistances celle de thermoformage et celle de soudage (figure 2.1).

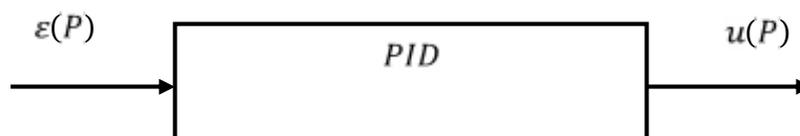


Figure 2.1 : Régulateur PID

2.3. Structure d'un système de régulation automatique

Le schéma de la figure fait apparaître les parties essentielles d'une boucle de régulation automatique (figure 2.2) :

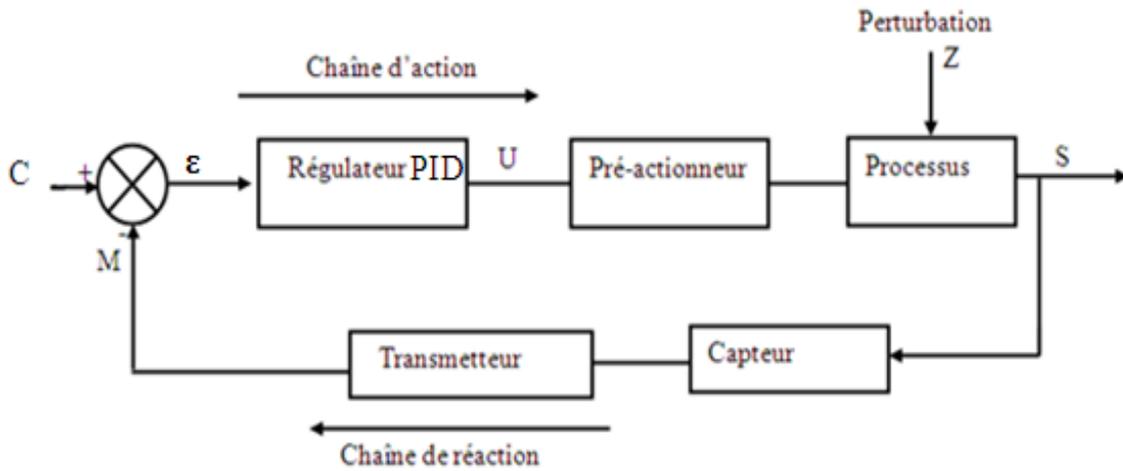


Figure 2.2 : Boucle de la régulation PID

2.4. Boucle de la régulation de température

La fonction régulatrice de température permet d'avoir une température constante dans un volume donné. C'est une fonction ré pondue dans nombreux domaines (figure 2.3).

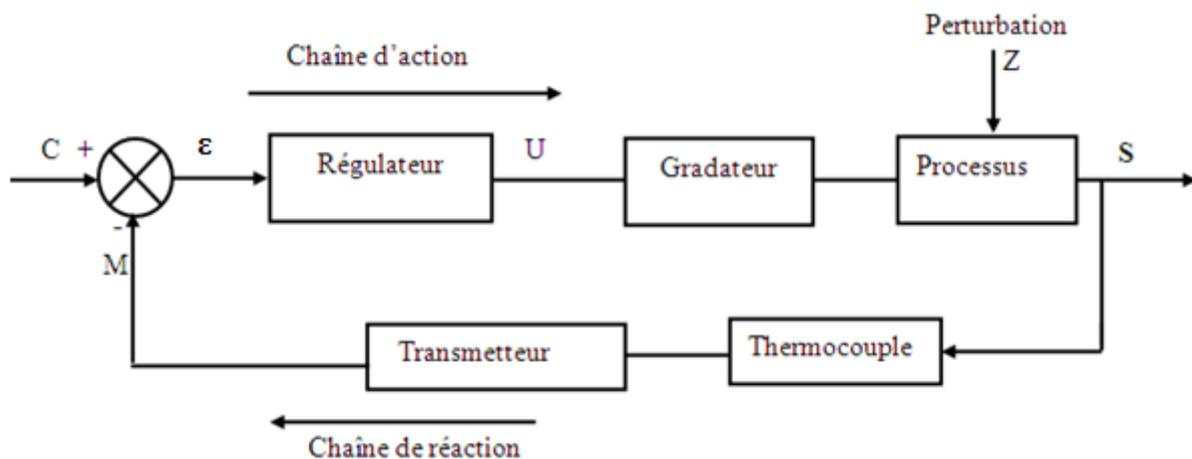


Figure 2.3 : Régulateur de température

La boucle de la régulation, contient différents éléments :

A. Capteurs

Un capteur est l'élément d'un appareil de mesure servant à la prise d'information relative à la grandeur à mesurer. Il a pour rôle de saisir et de transformer la grandeur physique à mesurer et le contenu de son information en une autre grandeur accessible aux opérateurs.

B. Gradateur [5]

1. Définition

Un gradateur est un appareil de commande qui permet de contrôler la puissance absorbée par un récepteur en régime alternatif (figure 2.4). Cet appareil se comporte donc comme un interrupteur commandé. Il établit ou interrompt la liaison entre la source et la charge.

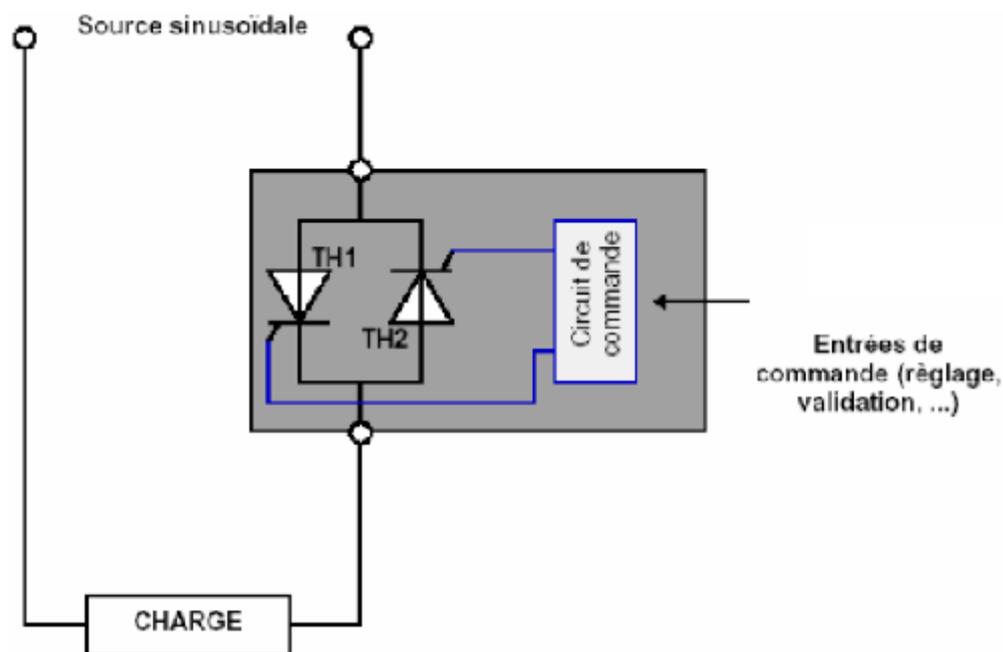


Figure 2.4 : Gradateur monophasé

2. Constitutions d'un gradateur

Il se compose d'une partie puissance et d'une partie commande intégrés dans le même bloc.

- La partie puissance est constituée de deux thyristors montés « tête-bêche » pour les fortes puissances (supérieure à 10Kw) ou d'un triac pour les puissances inférieures.
- la partie commande est constituée de divers circuits électroniques permettant d'élaborer les signaux de commande extérieurs. Suivant les types de gradateur, ce signal de commande sera de type Tout Ou Rien (TOR) ou bien analogique.

Il y a deux types de gradateurs

- Gradateur à angle de phase

- Gradateur à train d'ondes

3. Gradateur à train d'ondes

C'est un appareil qui, alimenté sous une tension sinusoïdale de valeur efficace constante, fournit à la charge des salves de tension de manière à faire varier la valeur efficace de la tension aux bornes de la charge (figure 2.5).

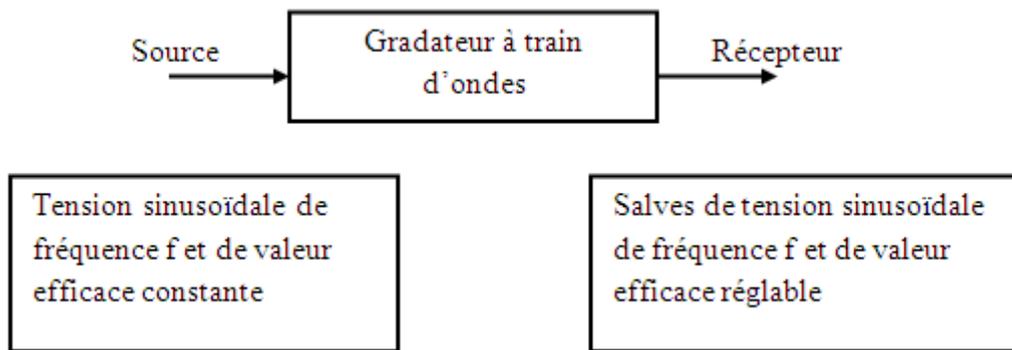


Figure 2.5 : Principe de fonctionnement d'un gradateur à train d'ondes monophasé débitant sur charge résistive

4. Principe de fonctionnement d'un gradateur a train d'ondes

Dans ce type de gradateur, le signal envoyé sur l'entrée de commande du gradateur est de type TOR. Le thyristor Th_1 et le Th_2 sont amorcés de manière continue pendant le temps T_{ON} (période de conduction) et ils sont ensuite bloqués jusqu'à la fin de la période de modulation. On obtient alors aux bornes de la charge la tension suivante (figure 2.6).

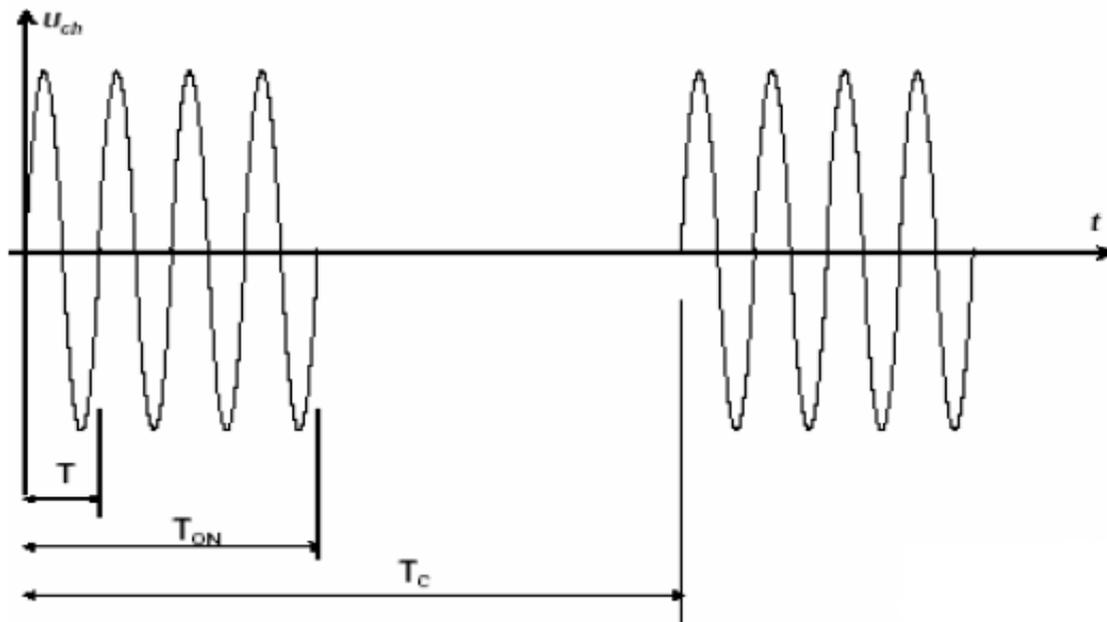


Figure 2.4 : Tension aux bornes de la charge

T : période de la tension source

Ton : temps de conduction

Tc : temps de non conduction

5. Principales relations

Valeur de la tension efficace aux bornes de la charge : $U = U_{Source} \times \sqrt{\beta}$

Avec U_{Source} tension efficace fournie par la source

β : Rapport cyclique, $\beta = \frac{T_{on}}{T_c}$

Puissance moyenne dissipée dans la charge : $P_{moy} = P_{max} \times \frac{T_{on}}{T_c} = P_{max} \times \beta$

avec $P_{max} = \frac{U_{source}^2}{R}$. Avec R : valeur de la résistance charge

6. Domaine d'utilisation de ce genre de gradateur

-Chauffage

- Utilisés sur des systèmes présentant une inertie thermique importante

C. Transmetteur [6]

Transmetteur : le transmetteur T convertit la grandeur mesurée (grandeur réglée) en un signal analogique. Plusieurs échelles sont couramment employées :

Echelle transmetteur	0%	100%
Signaux pneumatiques	0.2 bar (200 mbar)	1 bar (1000mbar)
Signaux électriques (Intensité, Tension)	1 mA	5mA
	4mA	20mA
	10mA	50mA
	0mA	20mA
	0V	10V
	1V	11V
	2.5V	12V

D. Actions du régulateur [7]

Dans de nombreuses applications industrielles, on peut tolérer des variations par rapport à une consigne fixée.

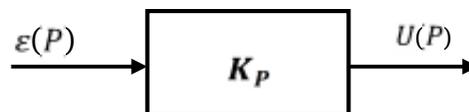
Le réglage effectué par le régulateur : il réduit ou élimine l'écart (mesure-consigne).

La souplesse de la régulation désirée est réalisée par 4 types d'actions :

- Action proportionnelle (P).
- Action intégrale (I).
- Action dérivée (D).
- Action tout ou rien (T/R).

Le régulateur le plus complet regroupe les trois actions (proportionnelle, intégrale et dérivée).

D.1 Action proportionnelle



L'action proportionnelle permet de jouer sur la rapidité de la réponse du procédé. Plus le gain est élevé, plus la réponse s'accélère, plus l'erreur statique diminue (en proportionnel pur), mais plus la stabilité se dégrade. Il faut trouver un bon compromis entre rapidité et stabilité. L'influence de l'action proportionnelle sur la réponse du processus à un échelon est la suivante (figure 2.6).

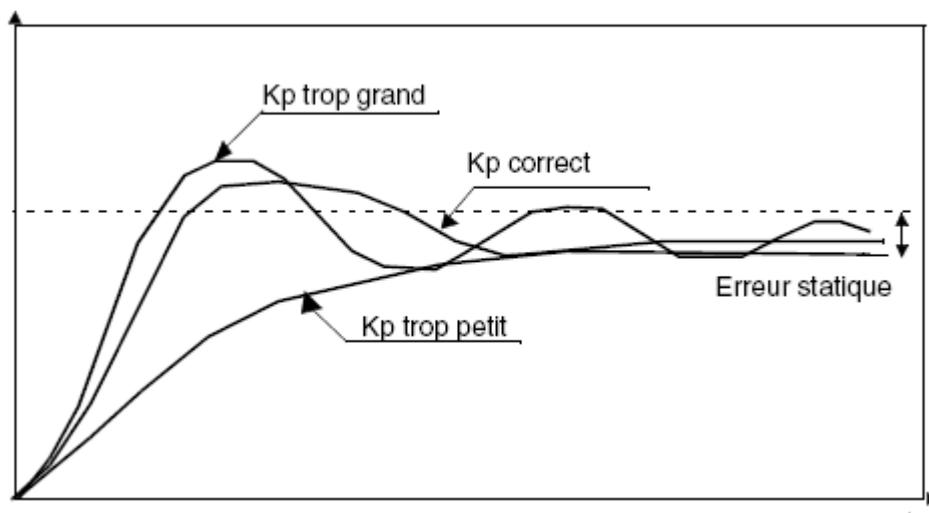


Figure 2.6 : Influence de l'action proportionnelle

$$u(t) = K_p \cdot \varepsilon(t) \quad (2.1)$$

La fonction de transfert est donnée par :

$$C(P) = \frac{U(P)}{\varepsilon(P)} = K_p \quad (2.2)$$

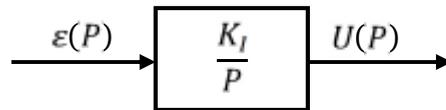
- **La bande proportionnelle**

L'action d'un régulateur s'exprime soit par le gain K_P soit par bande proportionnelle BP

La relation entre le gain et la bande proportionnelle est donnée par la relation.

$$BP(\%) = \frac{100}{K_P} \quad (2.3)$$

D.2 Action intégrale



L'action intégrale permet d'annuler l'erreur statique (écart entre la mesure et la consigne). Plus l'action intégrale est élevée (T_I petit), plus la réponse s'accélère et plus la stabilité se dégrade. Il faut également trouver un bon compromis entre rapidité et stabilité. L'influence de l'action intégrale sur la réponse du processus à un échelon est la suivante (figure 2.7):

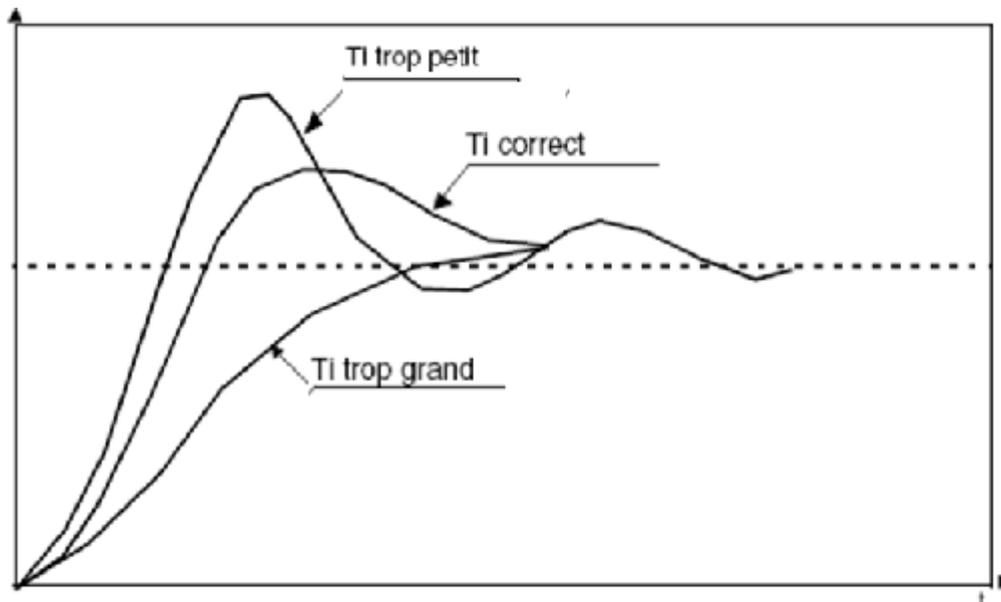


Figure 2.7: Influence de l'action intégrale

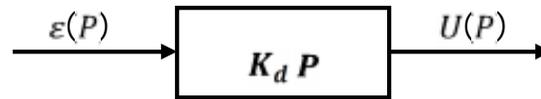
Note : T_I petit signifie une action intégrale élevée.

$$U(t) = K_I \int \varepsilon(t) dt = \frac{1}{T_I} \int_0^t \varepsilon(t) dt \quad (2.4)$$

La fonction de transfert correspondante est

$$C(P) = \frac{K_I}{P} \quad (2.5)$$

D.3 Action dérivée



L'action dérivée est anticipatrice. En effet, elle ajoute un terme qui tient compte de la rapidité de variation de l'écart, ce qui permet d'anticiper en accélérant la réponse du processus lorsque l'écart s'accroît et en le ralentissant lorsque l'écart diminue. Plus l'action dérivée est élevée (T_d grand), plus la réponse s'accélère. Là encore, il faut trouver un bon compromis entre rapidité et stabilité. L'influence de l'action dérivée sur la réponse du processus à un échelon est la suivante (figure 2.8) :

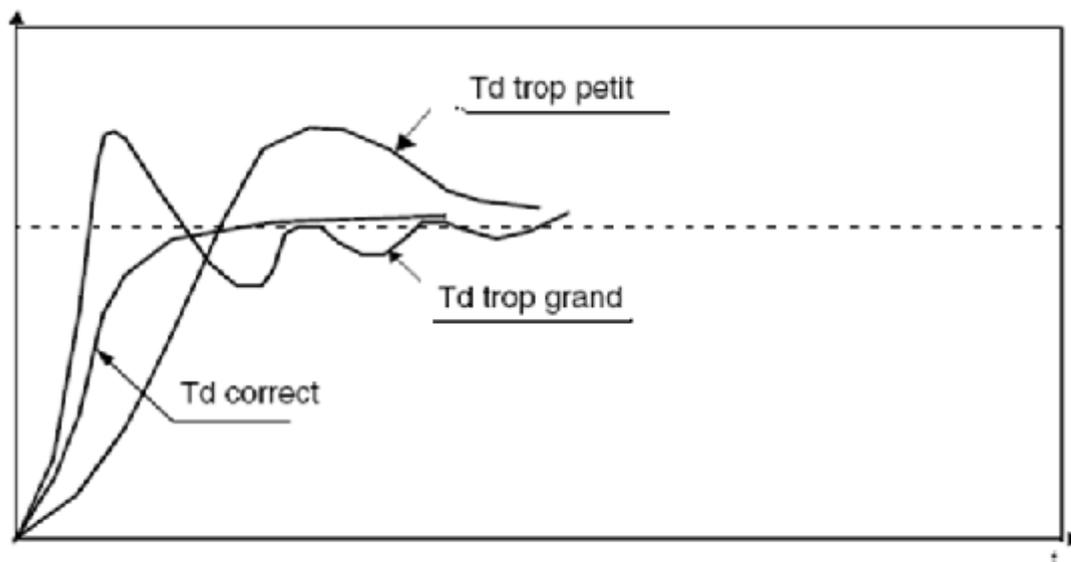


Figure 2.8: Influence de l'action dérivée

$$U(t) = K_d \frac{d\varepsilon(t)}{dt} \quad (2.6)$$

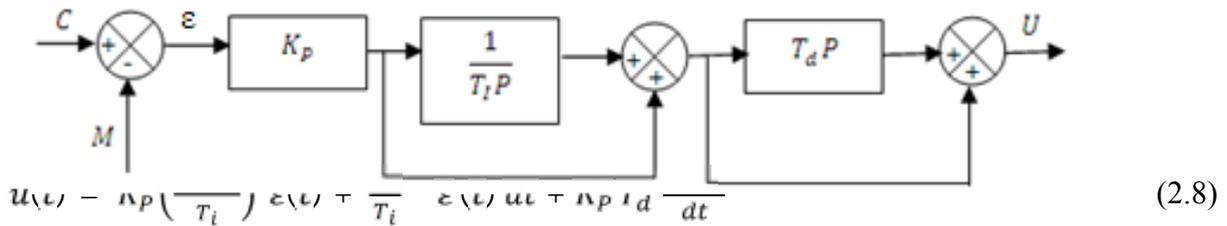
La fonction de transfert associée est : $C(P) = K_d \cdot P$

(2.7)

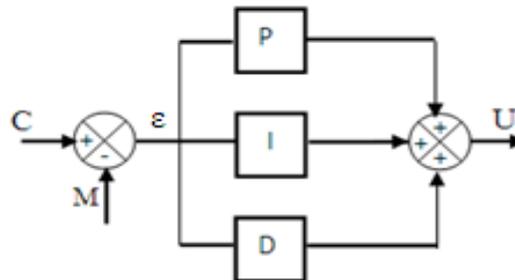
E. Différentes structures [8]

Les actions élémentaires peuvent être associées de plusieurs façons.

- Structure série

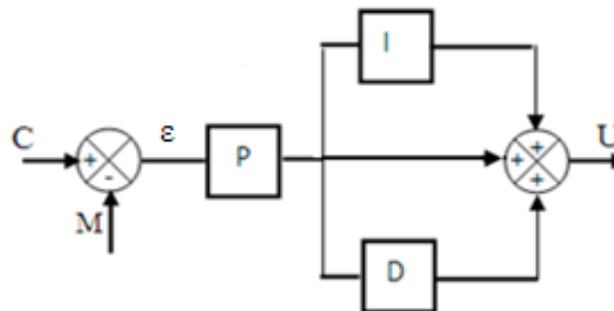


- Structure parallèle



$$u(t) = K_p \varepsilon(t) + \frac{1}{T_i} \int \varepsilon(t) dt + T_d \frac{d\varepsilon(t)}{dt} \quad (2.9)$$

- Structure mixte



$$u(t) = K_p \varepsilon(t) + \frac{K_p}{T_i} \int \varepsilon(t) dt + K_p T_d \frac{d\varepsilon(t)}{dt} \quad (2.10)$$

2.5 Identification des procédés

L'identification d'un système est le fait de déterminer, généralement d'une façon expérimentale, la fonction de transfert de ce système. Deux cas sont à considérer : en chaîne ouverte (le système étudié n'est pas asservi) et en chaîne fermée (un régulateur asservi le système).

2.5.1 Procédé stable

Un procédé est dit naturellement stable qui fournit pour un échelon de commande, une variation finie de la mesure repositionnant le procédé dans un état constant (figure 2.9).

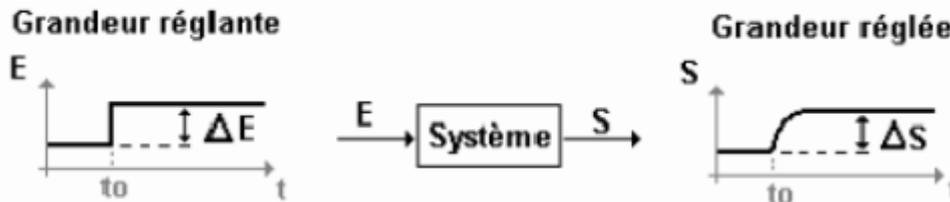


Figure 2.9: réponse d'un procédé stable

2.5.2 Procédé instable

Un procédé est dit naturellement instable dans le cas où le procédé ne reste pas dans un état stable suite à un échelon de commande (figure 2.10).

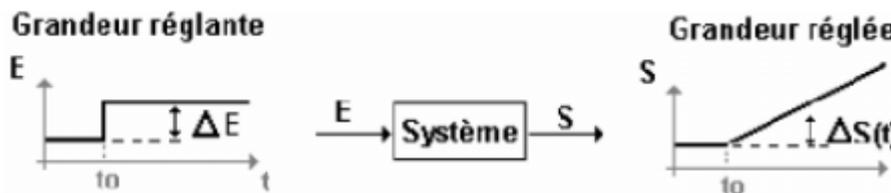


Figure 2.8: Réponse d'un système instable

2.5.3 Méthode de réglage des paramètres P, I et D [7]

Il existe plusieurs méthodes pour régler une boucle de régulation dont les plus courantes :

2.5.3.1 Méthode de Ziegler et Nichols

C'est une méthode empirique qui permet d'ajuster les paramètres P.I.D, pour commander un processus à partir de mesures sur sa réponse indicielle.

L'observation de la réponse du procédé permet de déduire les caractéristiques du procédé (gain statique, constante de temps, temps mort) et en déduire en fonction de calcul définis par Ziegler et Nichols les paramètres PID.

De nombreuses méthodes permettent de régler les paramètres PID. Nous vous recommandons les méthodes Ziegler et Nichols qui présentent deux variantes :

- réglage en boucle fermée
- réglage en boucle ouverte

A. Mesure de la réponse en boucle ouverte BO (première méthode de Ziegler et Nichols)

Sur l'enregistrement de la réponse indicielle (figure 2.10) du système à régler (c'est-à-dire sans le régulateur), on trace la tangente au point d'inflexion Q de la courbe. On mesure ensuite les temps T_U correspondant au point d'intersection entre l'abscisse et la tangente ainsi que le temps T_g (temps de montée de la tangente).

On peut alors calculer les coefficients du régulateur choisi à l'aide du tableau suivant :

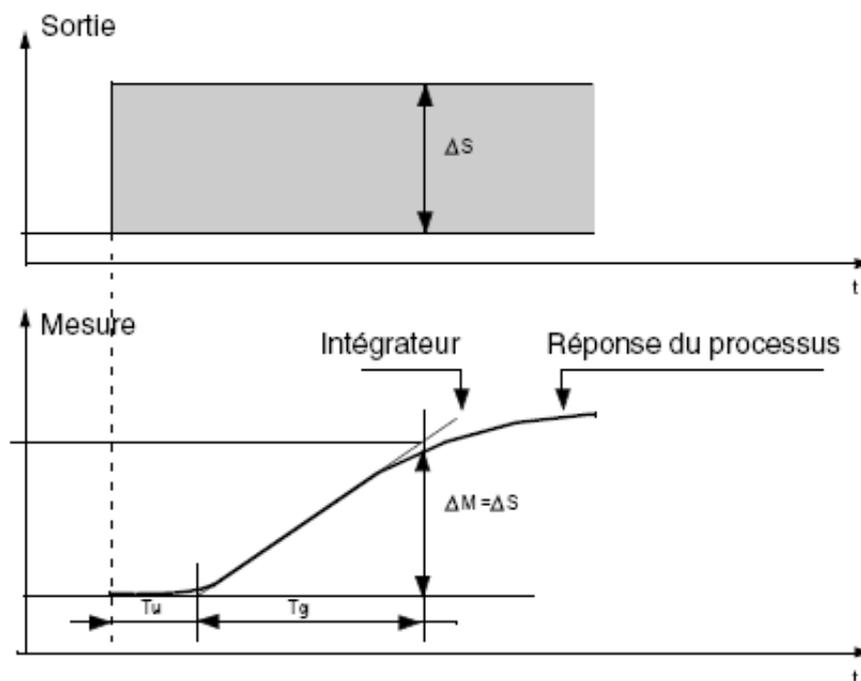


Figure 2.10: Réglage en boucle ouverte

Type de régulateur	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T_g}{T_u}$	-	-
PI	$0.9 \cdot \frac{T_g}{T_u}$	$3.3 \cdot T_u$	-
PID	$1.2 \cdot \frac{T_g}{T_u}$	$2 \cdot T_u$	$0.5 \cdot T_u$

Généralement les gains proportionnels (K_p) proposés par Ziegler Nichols sont trop élevés et conduisent à un dépassement supérieur à 20%.

B-Méthode de Ziegler et Nichols en boucle fermée (méthode de pompage)

Ce principe consiste à utiliser une commande proportionnelle ($T_i = 0$, $T_d = 0$) pour démarrer le processus. Après avoir relevé le gain critique K_c et la période d'oscillation T_c (figure 2.11) de la réponse, on peut calculer les paramètres du régulateur choisi à l'aide du tableau suivant :

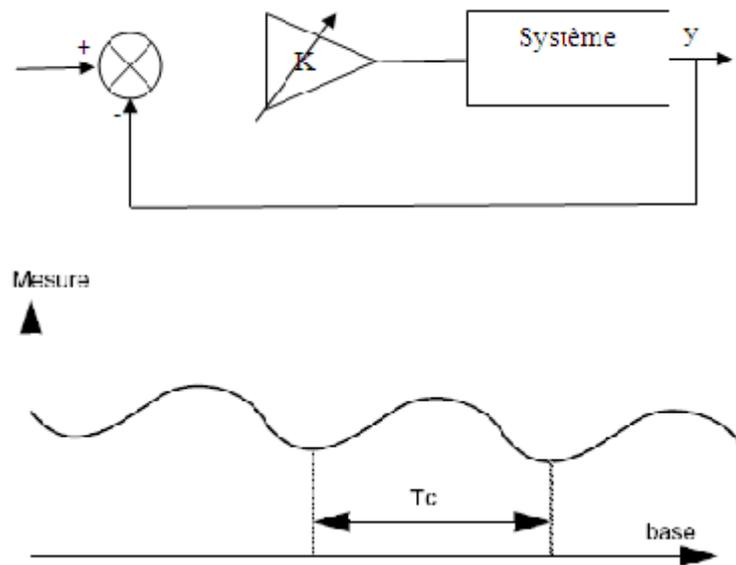


Figure 2.11: Réglage en boucle fermée

Type de régulateur	K_p	T_i	T_d
P	$0.5K_c$	-	-
PI	$0.45K_c$	$0.83T_c$	-
PID	$0.6K_c$	$0.5T_c$	$0.125T_c$

2.5.3.2 Méthode de Broïda procédés autorégulants [9]

La méthode de Broïda consiste en une identification en boucle ouverte d'un procédé autorégulant et d'un réglage PID adapté au modèle $G(P) = K \frac{e^{-\tau P}}{1 + \theta P}$

Obtention directe du modèle de Broïda (figure 2.12) :

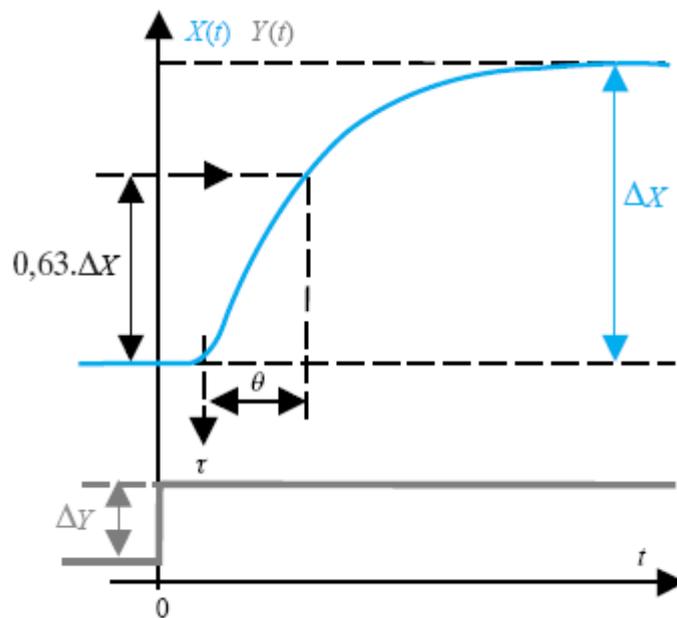


Figure 2.12: Réponse du système

1. Relevés expérimentaux

Sur la courbe

- mesurer ΔX puis reporter $0,63 \cdot \Delta X$
- mesurer le retard τ .
- mesurer la constante de temps θ .
- calculer le gain statique $G_S = \frac{\Delta X}{\Delta Y}$

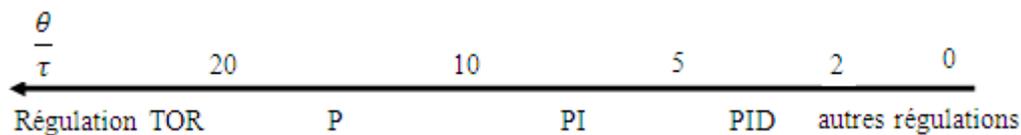
• Détermination du modèle de Broïda

Le procédé est représenté par :

$$H(P) = \frac{X(P)}{Y(P)} = G_S \frac{e^{-\tau P}}{1+\theta P} \quad (2.11)$$

2. Choix de la régulation – indice de réglabilité

Le graphe suivant guide sur le choix de la régulation en fonction du rapport $\frac{\theta}{\tau}$, correspondant à un indice de réglabilité. Le rapport $\frac{\theta}{\tau}$ guide sur la régulation à appliquer.



3. Réglage du régulateur PID

Une fois la régulation choisie, le tableau conduit au réglage du régulateur à appliquer selon Broïda. Pour un changement de consigne en échelon, le premier dépassement attendu est de l'ordre de 25 %. Il convient alors d'adapter ces réglages pour obtenir le dépassement autorisé du processus. Le réglage en action proportionnelle (P) laisse un écart statique entre la mesure et la consigne.

	P	PI série	PI parallèle	PID série	PID parallèle	PID mixte
G	$\frac{0.78 \theta}{G_S \tau}$	$\frac{0.78 \theta}{G_S \tau}$	$\frac{0.78 \theta}{G_S \tau}$	$\frac{0.83 \theta}{G_S \tau}$	$\frac{0.78 \theta}{G_S} \left(\frac{\theta}{\tau} + 0.4 \right)$	$\frac{0.83 \theta}{G_S} \left(\frac{\theta}{\tau} + 0.4 \right)$
T_i	sans	θ	$\frac{\tau G_S}{0.78}$	θ	$\frac{\tau G_S}{0.75}$	$\theta + 0.4\tau$
T_d	0	0	0	0.42τ	$\frac{0.35\theta}{G_S}$	$\frac{\theta\tau}{\tau + 2.5\theta}$

2.6 Conclusion

La régulation, affaire d'instrumentistes ? Affaire d'automaticiens ?

Si l'on se réfère à ce qui précède, pour optimiser des boucles de régulations "complexes", bien sûr c'est l'expérience des instrumentistes et des automaticiens qui compte, mais la

connaissance du procédé est un atout supplémentaire pour assurer, avec efficacité , la mise au point des boucles de régulations.

Chapitre III

Modélisation Par GRAFCET

Chapitre III

Modélisation Par GRAFCET

3.1 Introduction

Un système automatisé est un dispositif assurant le bon fonctionnement avec un minimum d'intervention humaine sur une machine ou une installation de production. Dans le but d'assurer la commande d'un système. Nous devons trouver un moyen capable de vérifier le cahier des charges fonctionnel, qui sera simple à comprendre et à concevoir.

Le fonctionnement d'un automatisme peut être représenté graphiquement par l'outil de modélisation « GRAFCET » considéré l'outil le plus répandu à la transmission de l'information entre les différentes parties d'un automatisme.

3.2 Outil de modélisation GRAFCET

3.2.1 Définition

Le mot GRAFCET est un acronyme, c'est à dire signifie « **G**raphe **F**onctionnel de **C**ommande **E**tape-**T**ransition ». C'est un diagramme fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement, suivant un cahier des charges, les différents comportements et l'évolution d'un automatisme séquentiel. Il constitue un outil de dialogue entre toutes les personnes collaborant à la conception, utilisation et à la maintenance d'un système à automatiser. Il décrit les relations à travers la frontière d'isolement de la commande et de la partie opérative d'un système automatisé.

3.2.2 Composition du GRAFCET [10]

Nous pouvons dire que le GRAFCET (figure 3.1) est un graphe cyclique composé alternativement d'étapes auxquelles sont associées des actions, et transitions auxquelles sont associées des réceptivités et reliées entre elles par des liaisons orientées (ou arcs orientés).

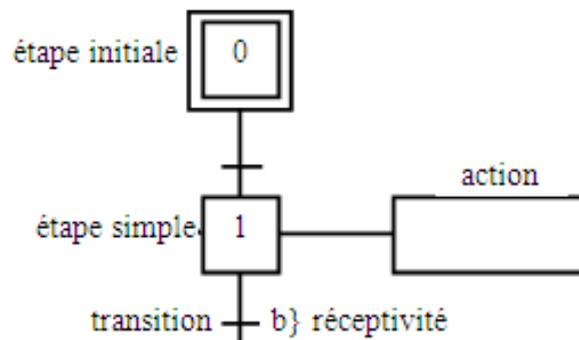


Figure 3.1 : Composition du GRAFCET

3.2.3 Etape et action associées

Une étape caractérise une situation dans laquelle le comportement d'une partie ou de la totalité de l'automatisme est invariant.

A un instant donné et en fonction de l'évolution du système, une étape peut être active ou inactive. La situation de l'automatisme est définie par l'ensemble de toutes les étapes actives.

A chaque étape est associées une ou plusieurs actions externes (sortie pour commander l'automatisme) ou internes (temporisation, comptage, traitement ou transformation d'information, calcul...) qui sont réalisés lors de l'activation de l'étape à laquelle elles sont associées.

a. Etape initiale

Elle est activée au moment de la mise en marche du système (situation initiale). Elle est représentée par un double carré.

b. Etape source/Etape puits

Une étape appelée «étape source »si elle n'est pas reliée en amont à la transition. De la même façon, une étape est appelée « étape puits » si elle n'est reliée en aval à une transition.

c. macro-étape [11]

La macro-étape est une représentation unique d'un ensemble d'étapes et appelée « expansion de la macro-étape ».

La macro-étape se substitue à une étape normale du GRAFCET.

3.2.4 Transitions et réceptivités associées

Une transition indique la possibilité d'une évolution entre une étape et une autre, qui sera accomplie par le franchissement de cette transition.

On associe à chaque transition une proposition (ou une condition) logique appelée réceptivité qui, à un instant donné, peut être vérifiée ou non.

Les liaisons indiquent les voies d'évolutions du GRAFCET. Dans le cas général, les liaisons qui se font du haut vers le bas ne comportent pas de flèches. Dans les autres cas, on peut utiliser des flèches pour préciser l'évolution du GRAFCET en cas de risque de confusion.

a) Temporisation

La temporisation est une réceptivité qui permet une prise en compte du temps, il implique l'utilisation d'une temporisation. Ce genre de réceptivité est notée comme suit :

$T/Xi/q$, où i le numéro de l'étape comportant l'action de la temporisation, et q est la durée écoulée depuis l'activation de l'étape Xi .

3.2.5 Syntaxe et règles d'évolution

3.2.5.1 Syntaxe

L'alternance étape-transition et transition-étape doit être respectée quelle que soit la séquence parcourue.

Deux étapes ou deux transitions ne doivent jamais être reliées par liaison orientée. La liaison orientée relie toujours une étape à une transition ou transition à une étape.

3.2.5.2 Règles d'évolution

Le GRAFCET fonctionne suivant 5 règles d'évolution :

Règle N°1 : condition initiale

L'initialisation précise l'étape ou les étapes actives au début du fonctionnement. On la repère en doublant les cotes des symboles correspondants. Il peut y avoir plusieurs étapes initiales dans un GRAFCET. Les étapes initiales sont activées inconditionnellement en début de cycle.

Règle N°2 : Franchissement d'une transition

Une transition soit franchissable, soit infranchissable. Elle est franchie lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont actives. Elle peut être franchie que lorsqu'elle est validée, et que la réceptivité associée est vraie.

Règle N°3 : Evolution des étapes actives

Le franchissement d'une transition entraîne l'activation simultanée de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.

Règle N°4 : Evolution simultanée

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

Règle N°5 : Activation et désactivation simultanée d'une étape

Si au cours du fonctionnement, une même étape doit être activée et désactivée simultanément, elle reste active.

3.2.6 Règles de construction d'un GRAFCET**3.2.6.1 Convergence en ET**

Si plusieurs étapes doivent être reliées vers une même transition, alors on regroupe les arcs issus de ces étapes à l'aide d'une double barre horizontale appelée « convergence en ET ».

La (figure 3.2) montre que le GRAFCET converge vers une même étape qui est l'étape 3 à partir des étapes 1 et 2.

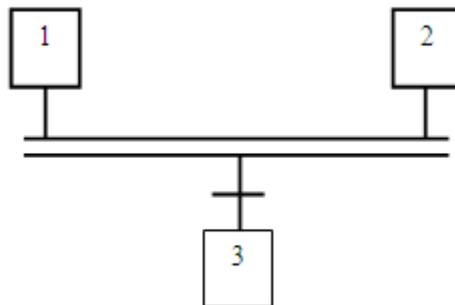


Figure 3.2 : Convergence en ET.

3.2.6.2 Divergence en ET

Si plusieurs étapes doivent être issues d'une même transition, alors on regroupe les arcs à l'aide d'une double barre horizontale appelée « divergence en ET ». La (figure 3.3) montre que lorsque la transition est franchie les étapes 2 et 3 sont actives simultanément.

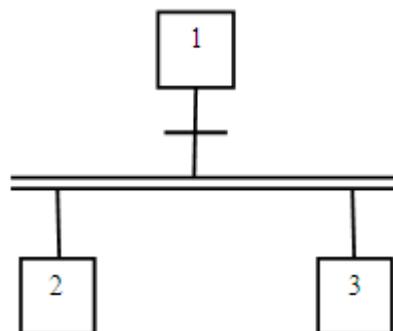


Figure 3.3 : divergence en ET.

3.2.6.3 Convergence en OU

Si plusieurs transitions sont reliées à une même étape, on regroupe les arcs par simple trait horizontal et on parle de « convergence en OU ».

La (figure 3.4) montre que le GRAFCET converge vers une même étape 3 lorsque les deux transitions sont franchies.

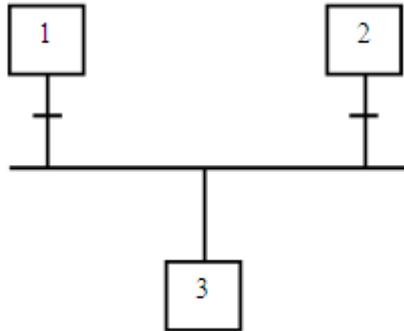


Figure 3.4 : Convergence en OU

3.2.6.4 Divergence en OU

Si plusieurs transitions sont issues d'une même étape, on regroupe les arcs par un simple trait horizontal et on parle de « divergence en OU ».

La (figure 3.5) montre que le GRAFCET à partir de l'étape 1 permet une alternée entre l'étape 2 et 3.

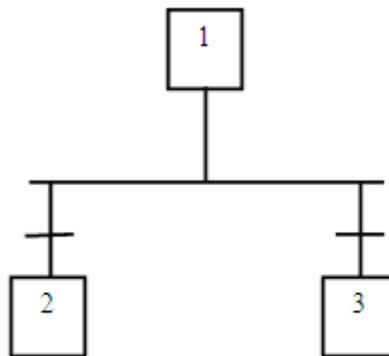


Figure 3.5 : Divergence en OU

3.2.6.5 Saut d'étapes

Le saut d'étapes permet de sauter une ou plusieurs étapes, lorsque les actions associées à ces étapes deviennent inutiles (figure 3.6).

3.2.6.6 Reprise de séquence

On parle de la reprise de séquence lorsque les actions à réaliser sont répétitives.

-Si la réceptivité « e » est vraie, alors les étapes 1 et 2 ne se produisent pas, la prochaine étape active est l'étape 3 (figure 3.6).

-la reprise de séquence représentée dans la (figure 3.7) permet de répondre à la séquence qui comporte les étapes 2 et 3 une ou plusieurs fois tant que la condition « h » n'est pas obtenue et la condition « i » est toujours vraie.

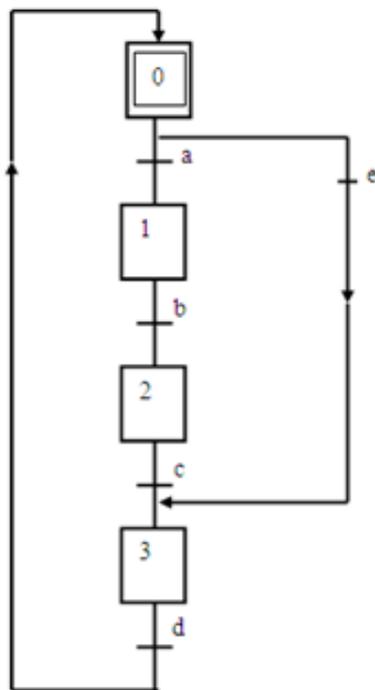


Figure 3.6 : Saut d'étapes

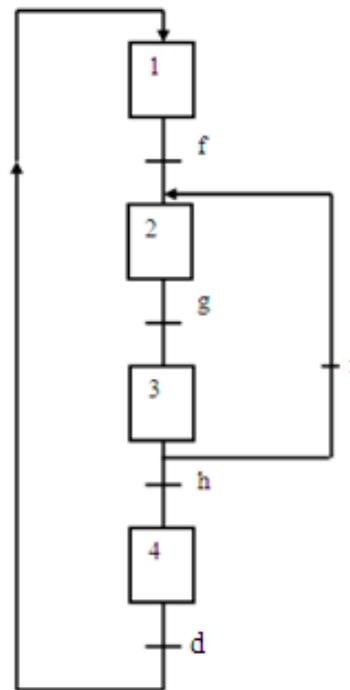


Figure 3.7 : Séquence

3.3 Niveau d'un GRAFCET

3.3.1 GRAFCET de niveau 1

Appelé aussi 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 abréviation, on associe le verbe à l'infinitif pour les actions (figure 3.8.a).

3.3.2 GRAFCET de niveau 2

Appelé aussi niveau de la partie opérative, il tient compte de plus de détails des actionneurs, des pré-actionneurs et des capteurs, la représentation des actions et réceptivité est écrite en abréviation et non en mots, on associe une lettre majuscule à l'action et une lettre minuscule à la réceptivité (figure 3.8.b).

3.3.3 GRAFCET de niveau 3

Dans ce cas, on reprend le GRAFCET de niveau 2, en affectant les informations aux étiquettes d'entrée de l'automate et les ordres aux étiquettes de sortie de l'automate. Il s'adapte aux caractéristiques de traitement d'un automate programmable industriel donné, de façon à pouvoir élaborer le programme de la mise en œuvre et assurer son évolution (figure 3.8.c).

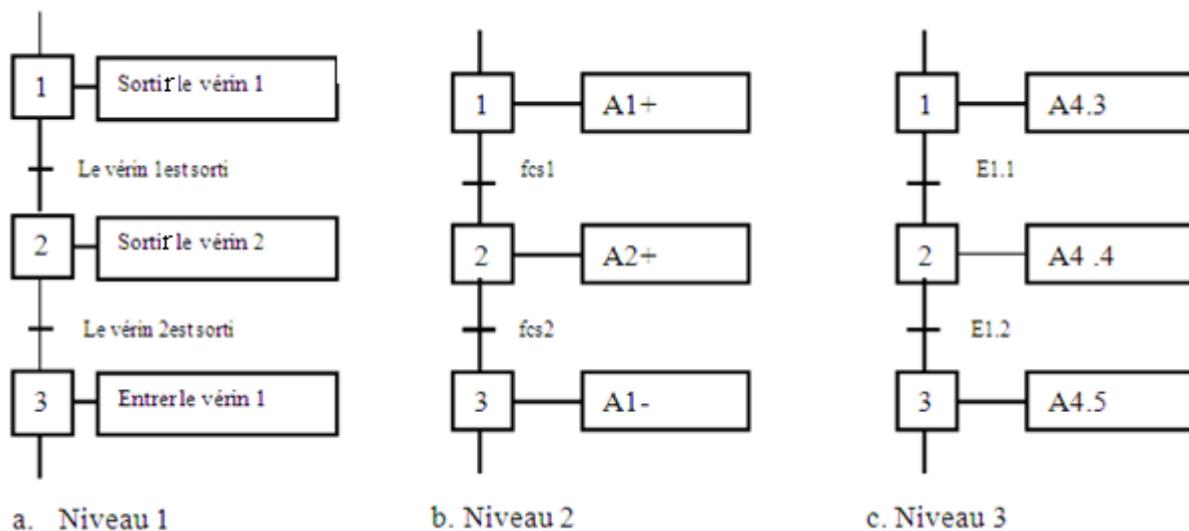
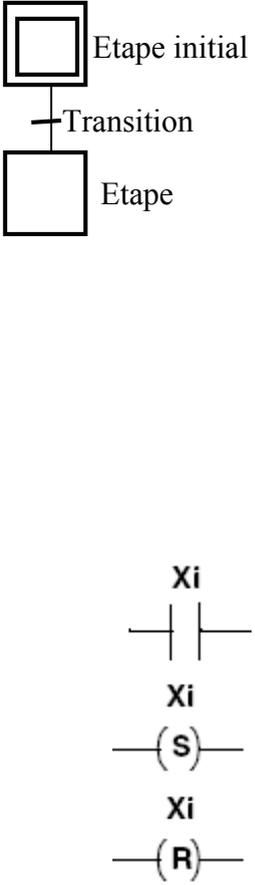


Figure 3.8 : Niveaux de GRAFCET

3.4 Description des instructions GRAFCET en langage Twidosuite [7]

Les instructions GRAFCET de Twidosuite offrent une méthode simple de traduction de séquences de contrôle (graphique GRAFCET).

Le tableau suivant répertorie toutes les instructions et les objets requis pour la programmation d'une graphique GRAFCET.

Représentation graphique(1)	Transcription en langage Twidosuite	Fonction
<p>illustration</p>  <p>Etape initial</p> <p>Transition</p> <p>Etape</p> <p>X_i</p> <p>X_i</p> <p>(S)</p> <p>X_i</p> <p>(R)</p>	==*	Lance l'étape initiale(2)
	#i	Active l'étape i après avoir désactivé l'étape courante
	*	Lance l'étape i et valide la transition associée (2)
	#	Désactive l'étape courante sans activer d'autres étapes
	#Di	Désactive l'étape i et l'étape courante
	==* POST	Lance le traitement postérieur et termine le traitement séquentiel
	%Xi	Bit associé à l'étape i. Peut être testé et écrit (le nombre maximum d'étapes dépend de l'automate).
	S %Xi	Active l'étape i
	R %Xi	Désactive l'étape i
	LD %Xi, LDN %Xi AND %Xi, ANDN %Xi, OR %Xi, ORN %Xi XOR %Xi, XORN %Xi	Teste l'activité de l'étape i

3.4.1 Exemples GRAFCET

a. Séquence linéaire et séquence de divergence (figure 3.9)

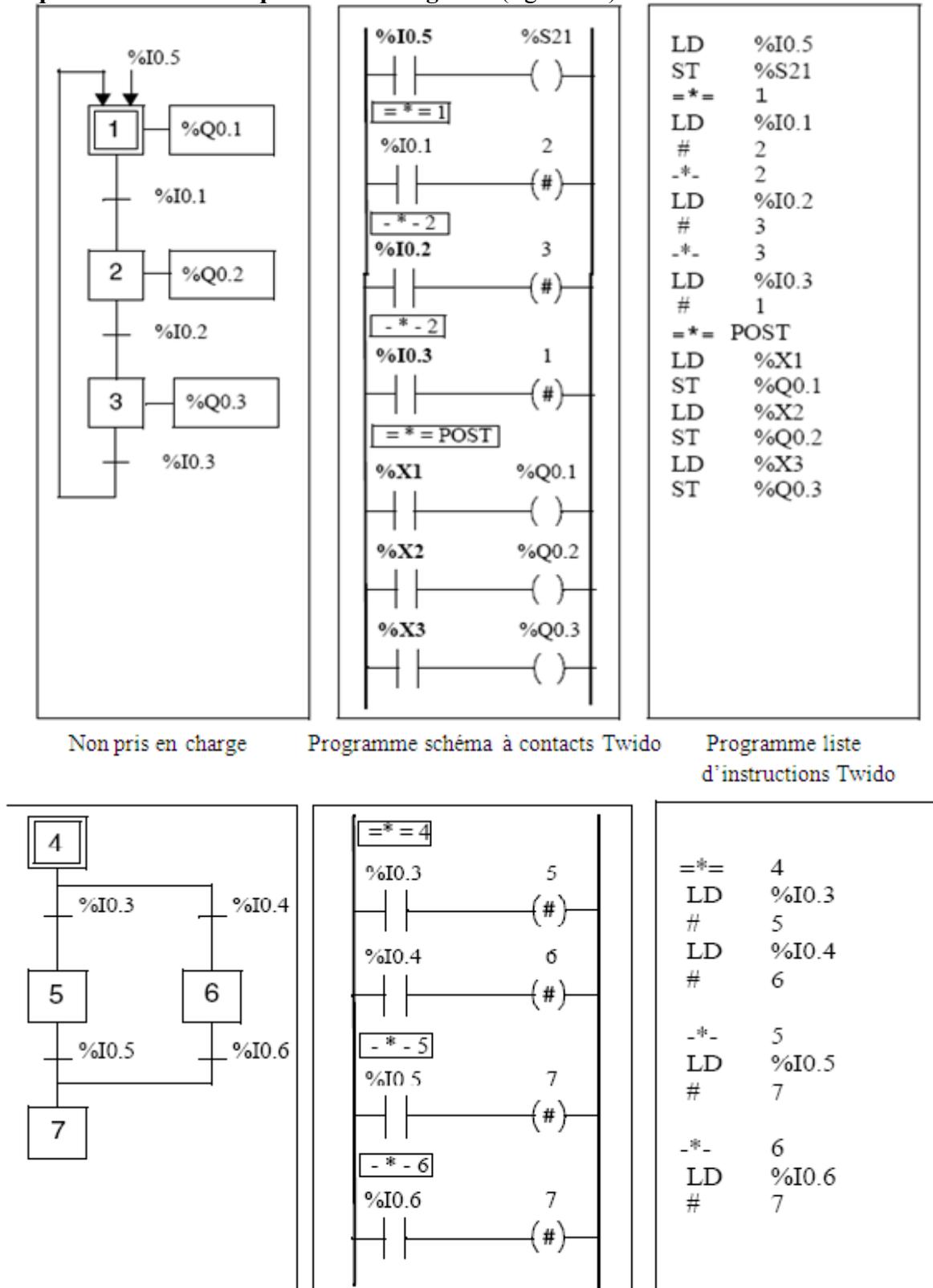


Figure 3.9 : GRAFCET et son programme schémas à contacts et liste (Twido)

c. Séquences simultanées (figure 3.10)

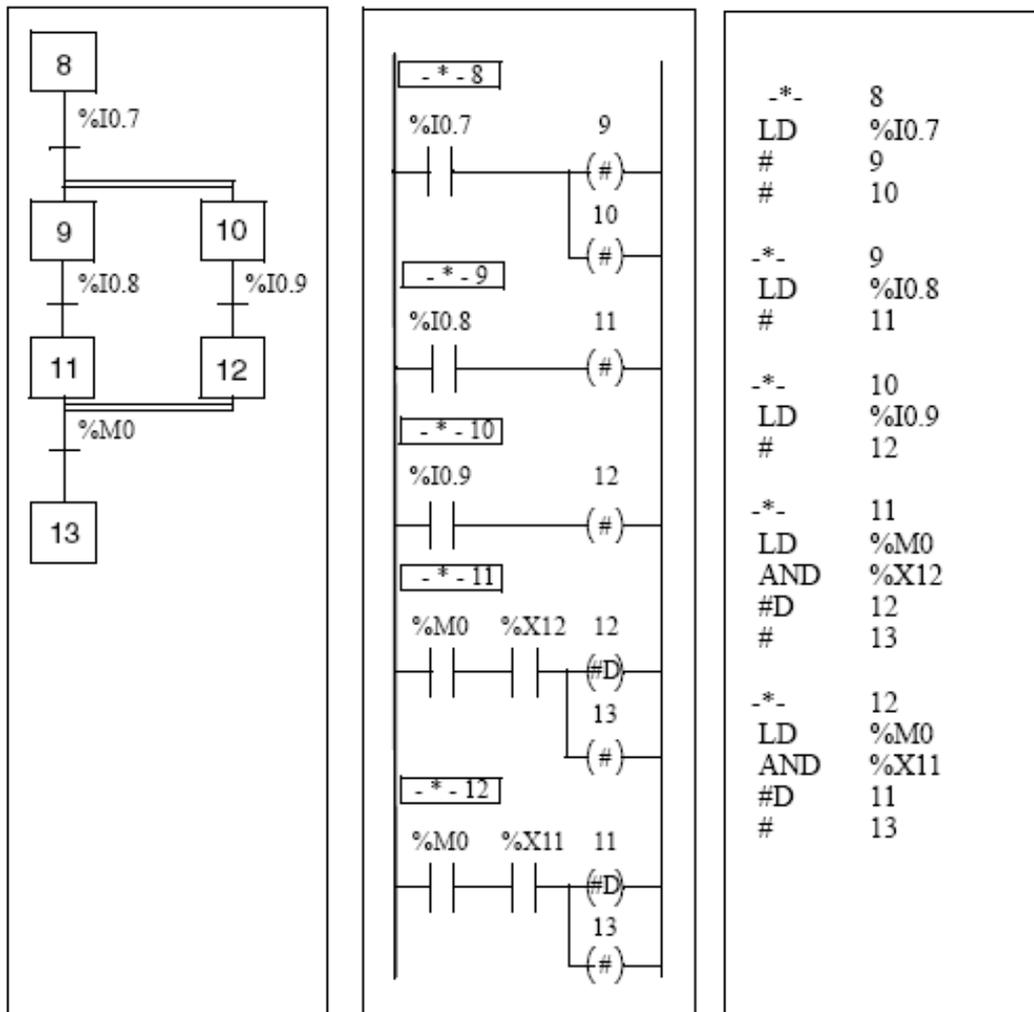
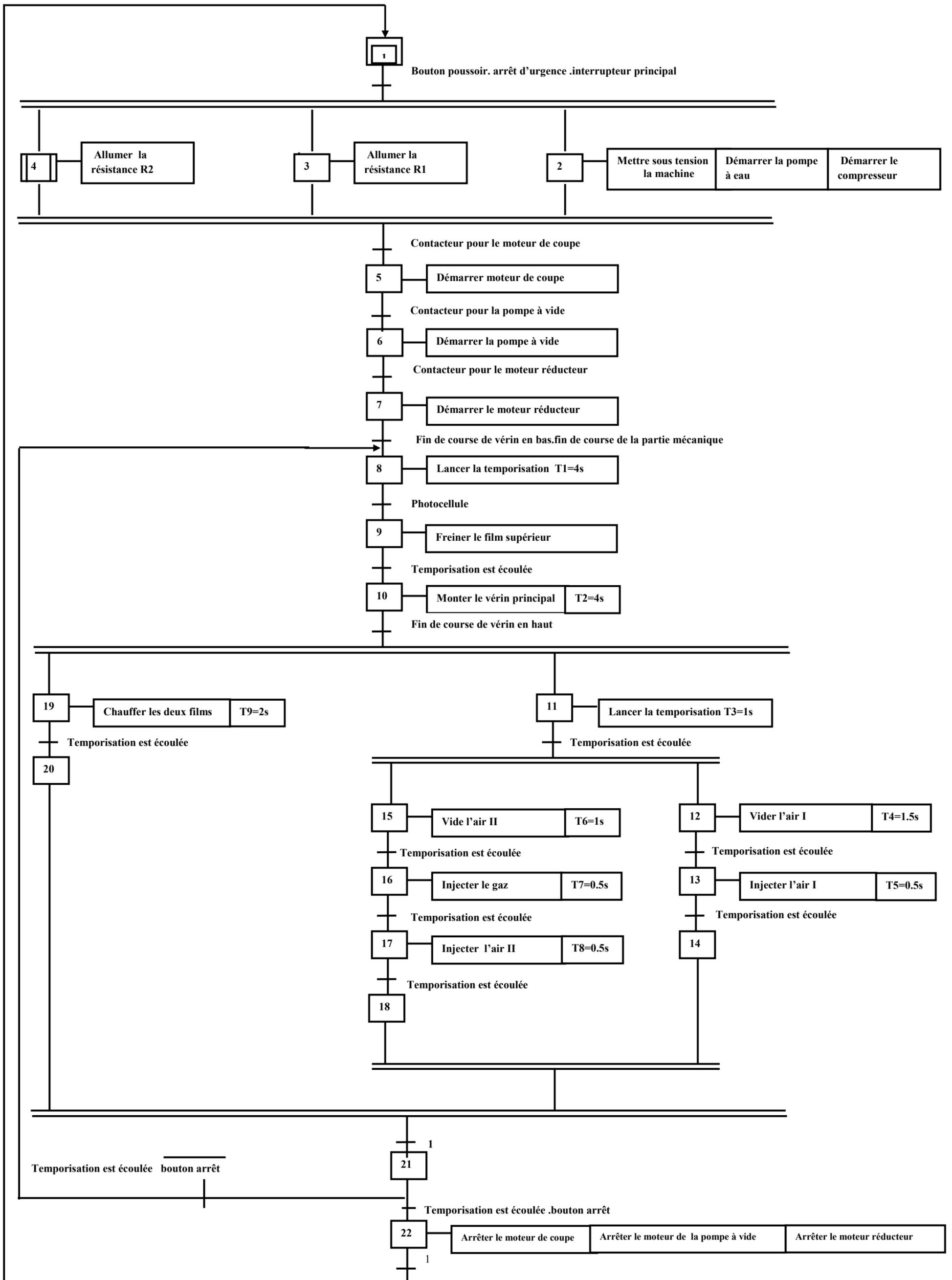
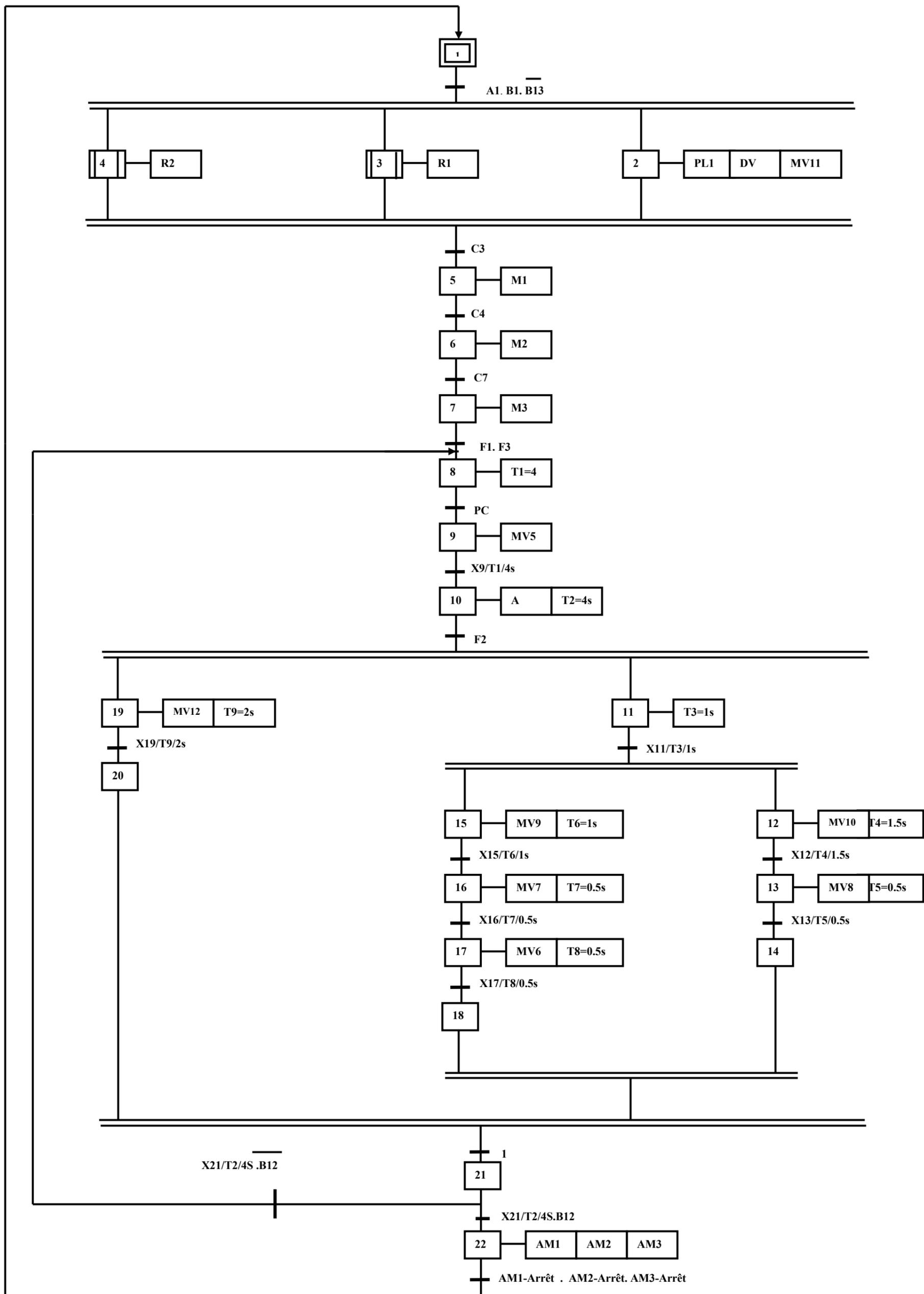


Figure 3.10 : GRAFCET et son programme schémas à contacts et liste (Twido)

3.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons modélisé notre procédé de commande à l'aide du GRAFCET. A partir de ce chapitre nous concluons que le GRAFCET est un outil puissant de modélisation et de transmission d'information et qui permet facilement le passage d'un cahier des charges fonctionnel à un langage d'implantation optionnel. Le GRAFCET permet la description du comportement attendu de la partie commande de la partie opérative. Ainsi le GRAFCET facilite considérablement le passage de la description à la modélisation, et nous permettra au prochain chapitre de programmer la partie opérative qui pilotera le procédé et ce à l'aide de l'automate Twidosuite.

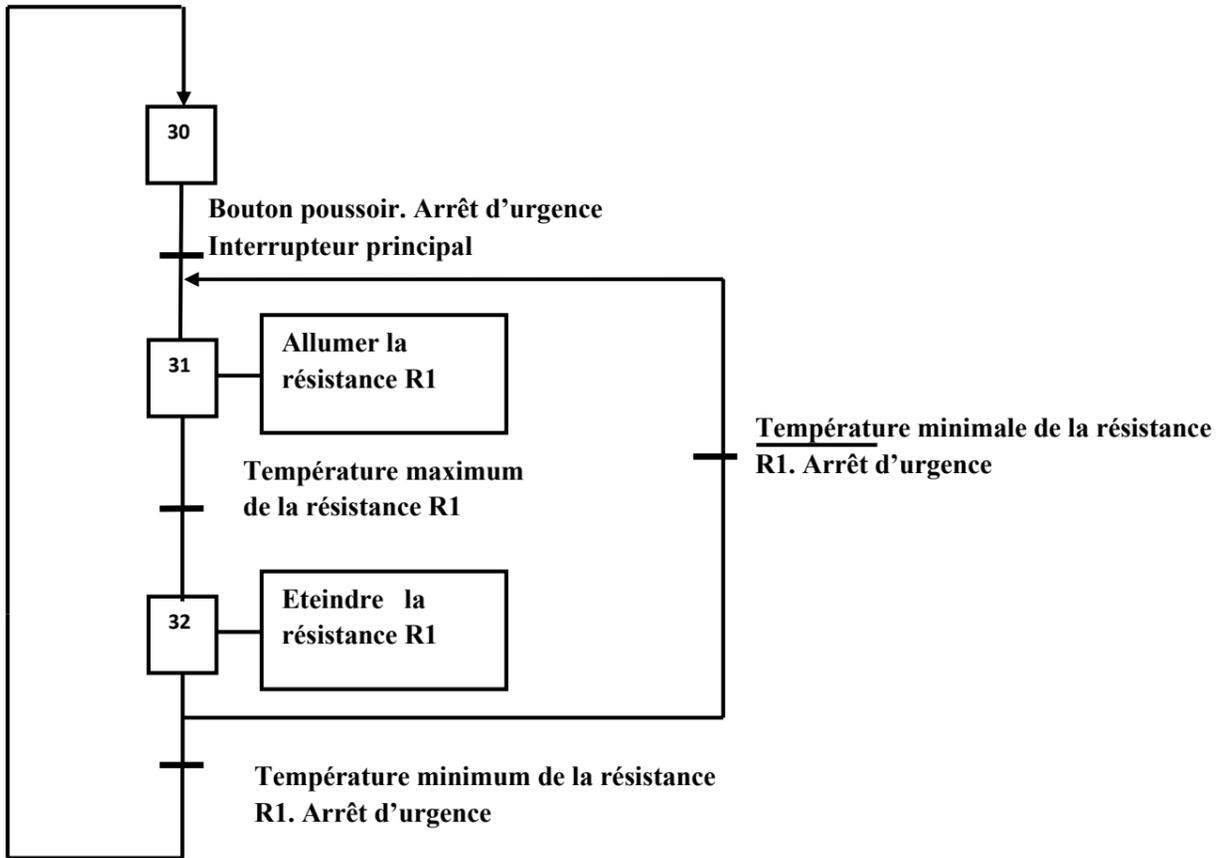




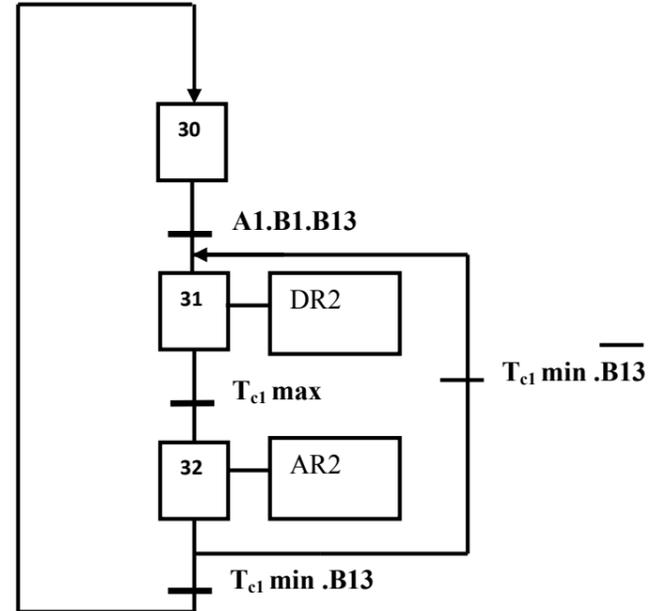
❖ **Grafcet des macros étapes**

➤ **Macro étape 1**

• **Grafcet niveau 1**

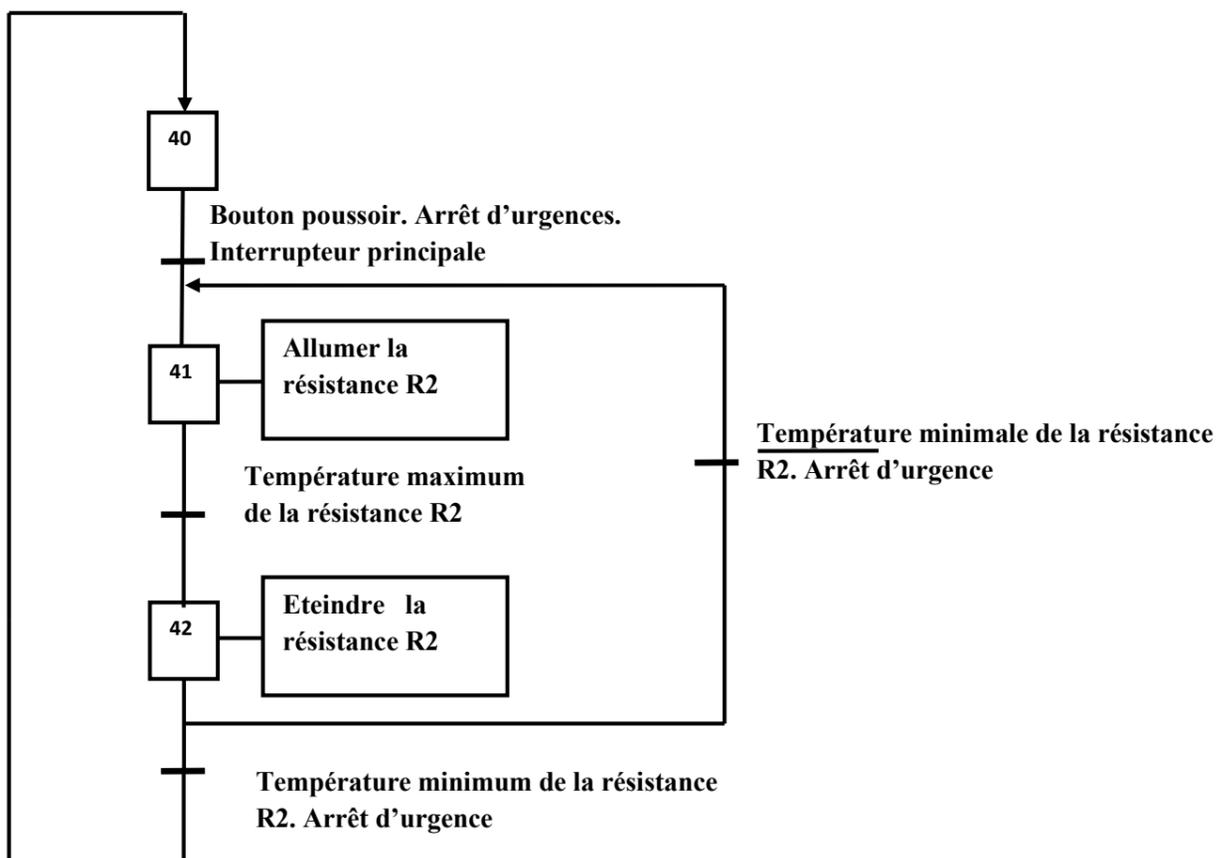


• **Grafcet niveau 2**



➤ **Macro étape 2**

• **Grafcet de niveau 1**



• **Grafcet de niveau 2**

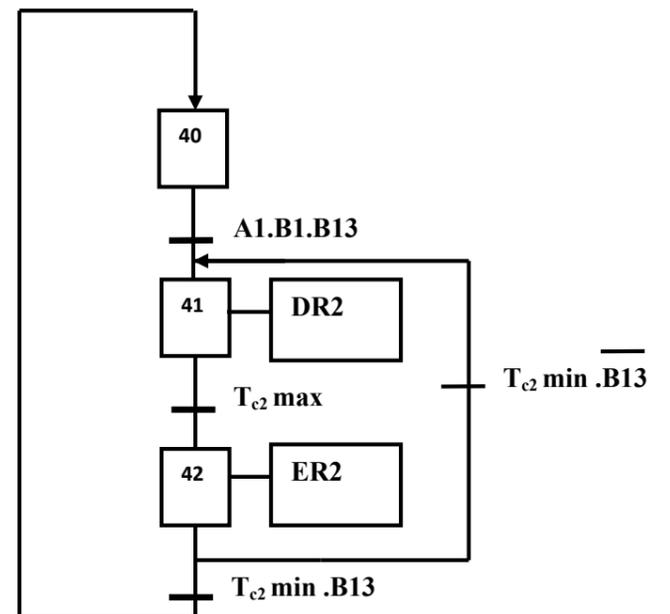


Table des entrées et sorties

Noms	Adresses	Commentaires
inputs		
A1	%I0.0	Interrupteur principal
B1	%I0.1	Commande marche /arrêt
B13	%I0.2	Arrêt d'urgence
C3	%I0.3	Contacteur pour le moteur de coupe
C4	%I0.4	Contacteur pour la pompe à vide
C7	%I0.5	Contacteur pour le moteur réducteur
F1	%I0.6	Fin de course de la partie mécanique
F3	%I0.7	Fin de course vérin en bas
PC	%I0.8	photocellule
F2	%I0.9	Fin de course vérin en haut

B12	%I0.10	Bouton poussoir
AM1-Arrêt	%I0.11	Détecteur de vitesse
AM2-Arrêt	%I0.12	Détecteur de vitesse
AM3-Arrêt	%I0.13	Détecteur de vitesse
Outputs		
PL1	%Q0.0	Allumage voyant
DV	%Q0.1	compresseur
MV11	%Q0.2	Electrovanne de la pompe à eau
R1	%Q0.3	Résistance 1
R2	%Q0.4	Résistance 2
M1	%Q0.5	Moteur de coupe
M2	%Q0.6	Pompe à vide
M3	%Q0.7	Moteur réducteur

MV5	%Q0.8	Electrovanne de blocage de film supérieur
A	%Q0.9	Montée de vérin
MV10	%Q0.10	Electrovanne de sous vide I
MV8	%Q0.11	Electrovanne d'injection d'air I
MV9	%Q0.12	Electrovanne de sous vide II
MV7	%Q0.13	Electrovanne d'injection du gaz
MV6	%Q0.14	Electrovanne d'injection d'air II
MV12	%Q0.15	Sortie de vérin de coupe horizontale

Chapitre IV

Implantation du Programme Sur l'Automate

Chapitre IV

Implantation du Programme Sur L'Automate Twido

4.1 Introduction [12]

Les automates programmables industriels (API), sont apparus en 1969 aux USA, ils étaient destinés à l'origine à automatiser des chaînes de montages automobiles, de plus en plus ils se sont développés pour qu'ils touchent tous les domaines de l'industrie.

Les automates représentent un outil de base de l'automatisation des systèmes de productions. Ils sont considérés comme la partie commande dans la chaîne de fabrication et ils prennent en compte des centaines ou des milliers de relais et de cames dans les enceintes des systèmes automatisés.

4.2 Définition des automates programmables industriels (API)

L'automate programmable industriel (API), ou en anglais Programmable Logic Controller (PLC), est un dispositif électronique programmable destiné à piloter dans une ambiance industrielle et en temps réel des procédés logiques séquentiels. Autrement dit, un utilisateur (censé être un automaticien) l'utilise pour le contrôle et essentiellement la commande d'un procédé industriel en assurant l'adaptation nécessaire entre tout ce qui est de grande puissance par rapport à ce qui est de faible puissance côté commande. Son objectif principal est de rendre tout le mécanisme de type "laisser-faire-seul" : le système contrôle ses sorties, décide et agit sur ses entrées afin de maintenir le fonctionnement comme prévu par l'utilisateur. C'est le principe de l'automatisme.

Pour notre machine, nous avons utilisé un automate TWIDO (nano automate).

4.3 Structure interne des automates programmables

La structure matérielle interne d'un API est donnée par la (figure 4.1).

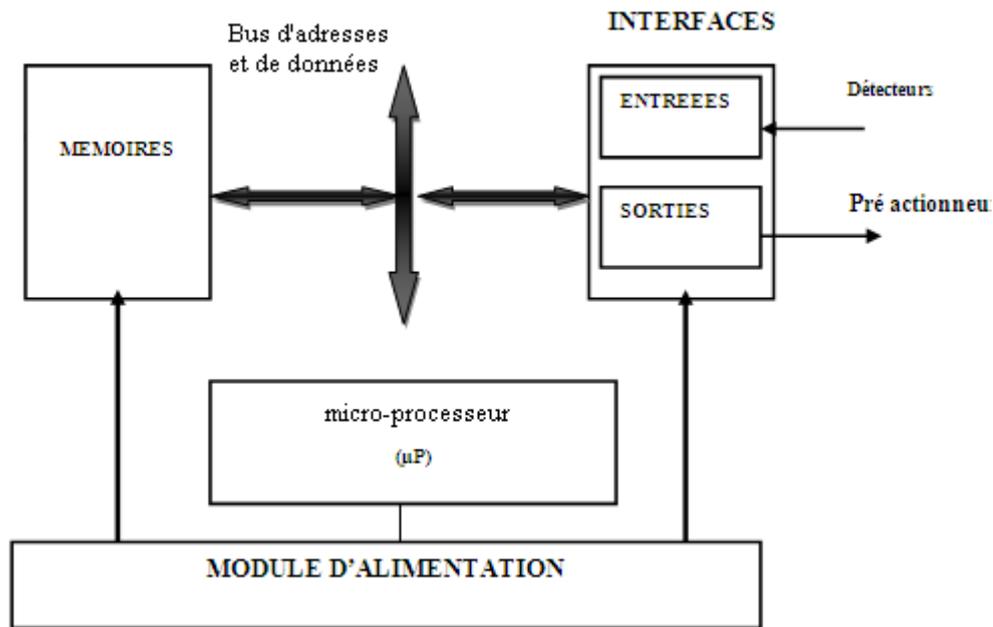


Figure 4.1: Structure interne d'un automate

a. Module d'alimentation

Il assure la distribution d'énergie aux différents composants.

b. Unité centrale

A base de microprocesseur, elle réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation.....).

c. Bus interne

Il permet la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions.

d. Mémoires

Un système à micro- processeur est accompagné de plusieurs types de mémoire (RAM, EEPROM.....).

e. Interface d'entrées/sorties

e.1.Interface d'entrée

Elle permet de recevoir des informations du S.A.P (système automatisé de production) ou du pupitre de commande.

e.2.Interface de sortie

Elle permet de commander les divers Pré-actionneurs et éléments de signalisation.

4.4. Structure de programmation par l'automate [13]

Tous les automates fonctionnent selon la même structure. Après l'exécution séquentielle des instructions et réinitialisation du programme, un nouveau cycle est entamé.

a. Traitement interne

L'automate effectue des opérations de contrôle et met à jour certains paramètres systèmes (détection des passages en RUN/STOP, mises à jour des valeurs de l'horodateur,...).

Une fonctionnalité d'horodatage, pour la consignation des durées et des calendriers d'événements et la mesure de la durée de ces derniers.

b. Lecteur des entrées

L'automate lit les entrées (d'une façon synchrone) et les recopie dans la mémoire image des entrées.

c. Exécution du programme

L'automate exécute le programme instruction par instruction et écrit les sorties dans la mémoire image des sorties.

d. Ecriture des sorties

L'automate bascule vers les différentes sorties (d'une façon synchrone) aux positions définies dans la mémoire image des sorties.

4.5 Choix d'un automate

Le choix d'un automate se fait après avoir établi le cahier des charges du système à automatiser. Selon un certain nombre de critères.

- nombre d'entrées et de sorties
- nature des entrées et des sorties (numérique, analogique, logique)
- nature de traitement (temporisation, comptage)
- fiabilité et robustesse
- service après-vente et la durée de garantie sans oublier le coût
- formation et documentation

4.6 Présentation de l'automate TWIDO

C'est un environnement de développement graphique complet permettant de lire des entrées et des sorties. Malgré la diversité des automates TWIDO, c'est à dire à base compacte ou modulaire, l'objectif est le même. C'est de gérer des applications d'automatisations. Pour

notre machine on a choisi le TWIDO à base compacte (TWDLCAA40DRF) de 40E/S (24entrée ,16 sorties)

4.7 Constitution de l'automate TWIDO à base compacte TWDLCAA40DRF [14]

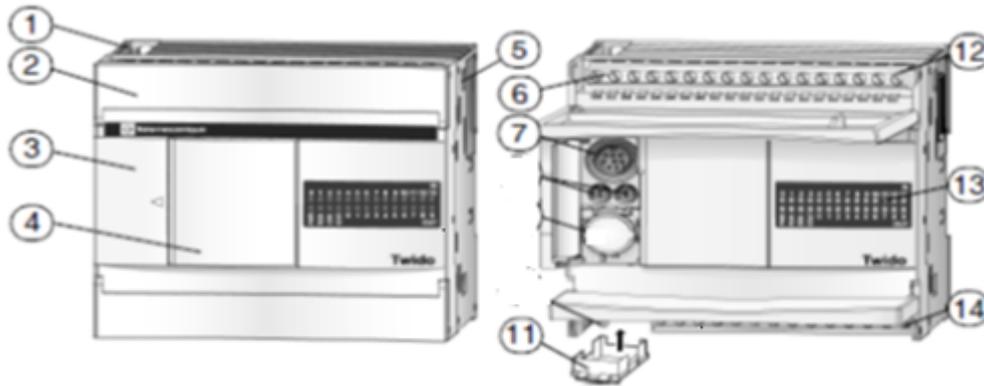


Figure 4.2: Automate TWIDO à base compacte TWDLCAA40DRF

- 1 : Trou de fixation, 2 : Cache bornier, 3 : Porte d'accès
- 4 : Cache amovible de connecteur pour afficheur
- 5 : Connecteur d'expansion sur base compactes
- 6 : Bornes d'alimentation des capteurs
- 7 : Port série 1, 11 : Connecteur pour cartouche (partie inferieure de la base)
- 12 : Borniers d'entrées, 13 : LED, 14 : Borniers de sorties

4.8 Types de stockage mémoire [7]

Le stockage des données et des programmes s'effectue dans les trois mémoires :

a. RAM : Contient des mots dynamiques, des mots mémoire, des données de configuration et de programme

b. EEPROM : Intégrée de 32ko permettant une sauvegarde interne des données et du programme.

c. Cartouche de sauvegarde : Il y a deux cartouches :

Cartouche de sauvegarde de 32Ko : Cartouche externe en option d'enregistrer un programme et de le transférer vers d'autres automates TWIDO. Elle peut être utilisée pour mettre à jour le programme dans la RAM de l'automate. Elle contient un programme et des constantes mais aucun mot mémoire.

Cartouche de mémoire étendue de 64Ko : Cartouche externe en option qui stocke un programme jusqu'à 64ko. Elle doit rester raccorder à l'automate tant que le programme est utilisé.

4.9 Langages Twido

- Langage schéma à contacts
- Langage liste d'instructions
- Instruction GRAFCET

4.10 Description physique d'un module d'E/S analogique [14]

Le schéma suivant présente les différentes parties d'un module d'E/S analogique. Il s'agit du module TWDALM3LT (figure 4.3).

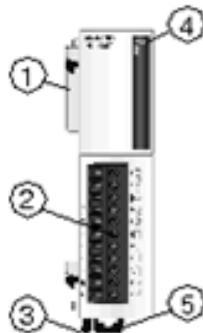


Figure 4.3 : Module analogique TWDALM3LT

N°	Description
1	Connecteur d'expansion- un de chaque côté
2	Bornier débrochable
3	Bouton à accrochage
4	Adresse
5	Bride

4.10.1 Constitution interne du module analogique (TWDALM3LT)

Le schéma du module analogique (TWDALM3LT) est donné par la (figure 4.4).

Remarques

-Connectez un fusible adapté à la tension et à la consommation à l'endroit indiqué sur le schéma.

-Pour connecter une sonde de température Pt100, branchez les trois fils aux bornes A, B' et B de la voie d'entrée 0 ou 1.

-Pour connecter un thermocouple, branchez les deux fils aux bornes B' et B de la voie d'entrée 0 et 1.

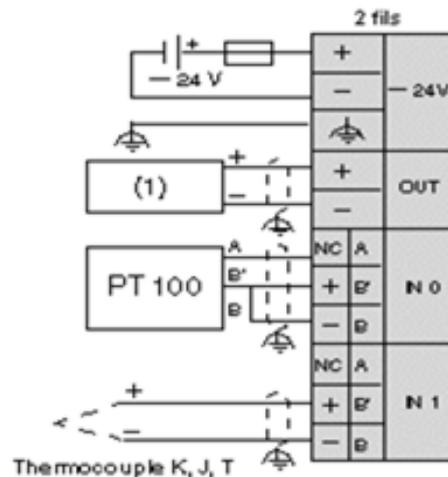


Figure 4.4 : Module analogique TWDALM3LT

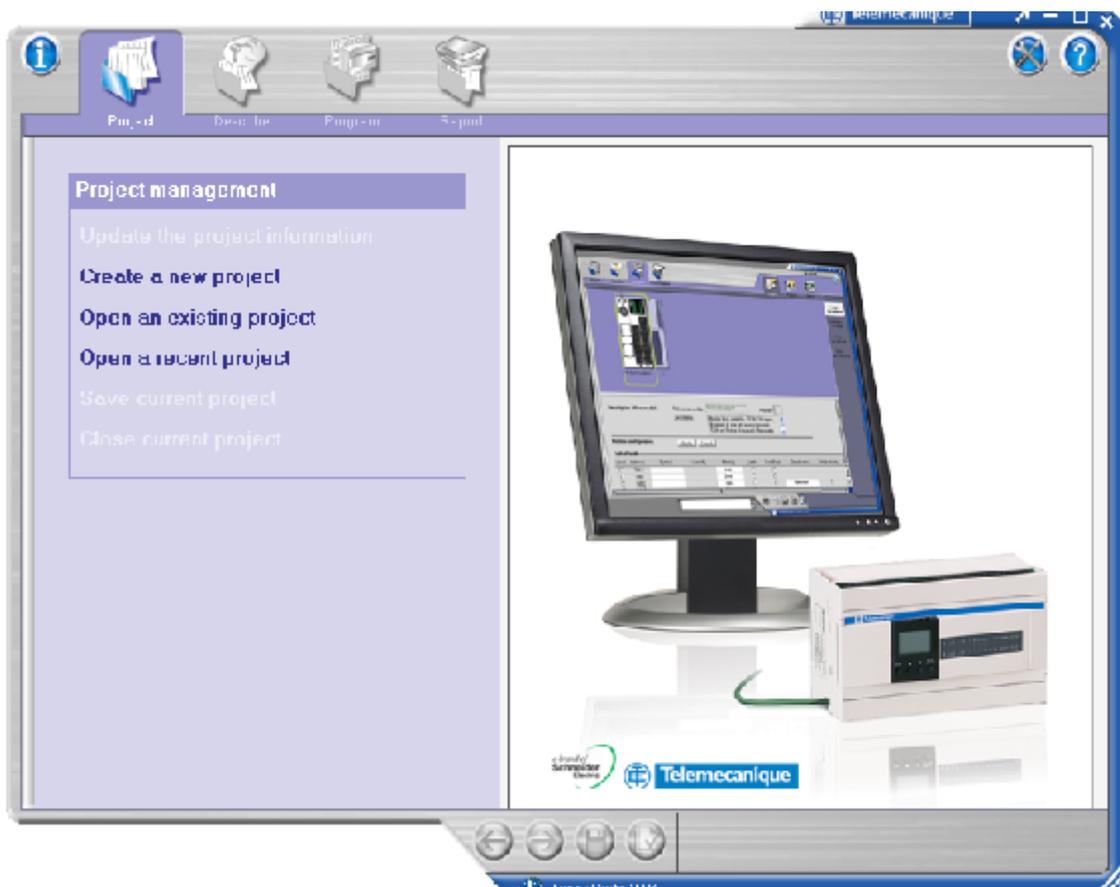
4.11 Création de projet sur TWIDO

4.11.1 Lancement du logiciel

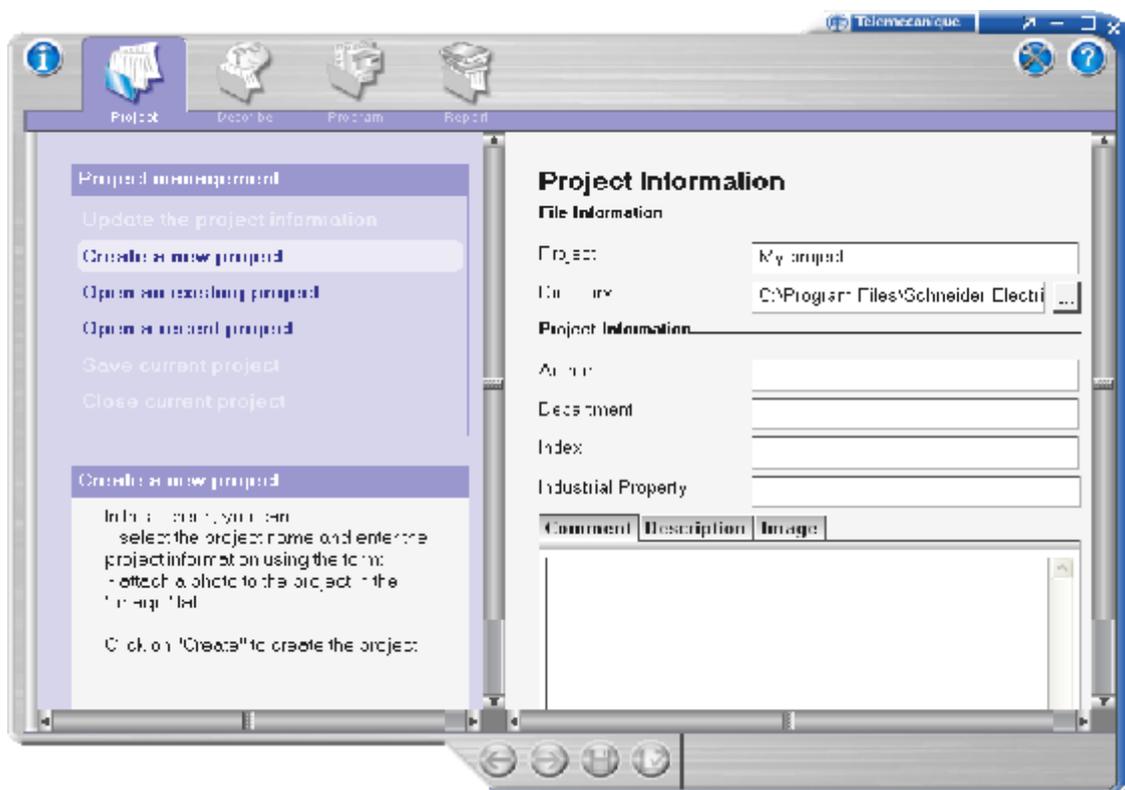
Double cliquer sur l'icône de Twidosuite, la fenêtre d'introduction est affichée.

Cliquer sur « mode programmation ». Une autre fenêtre est affichée.





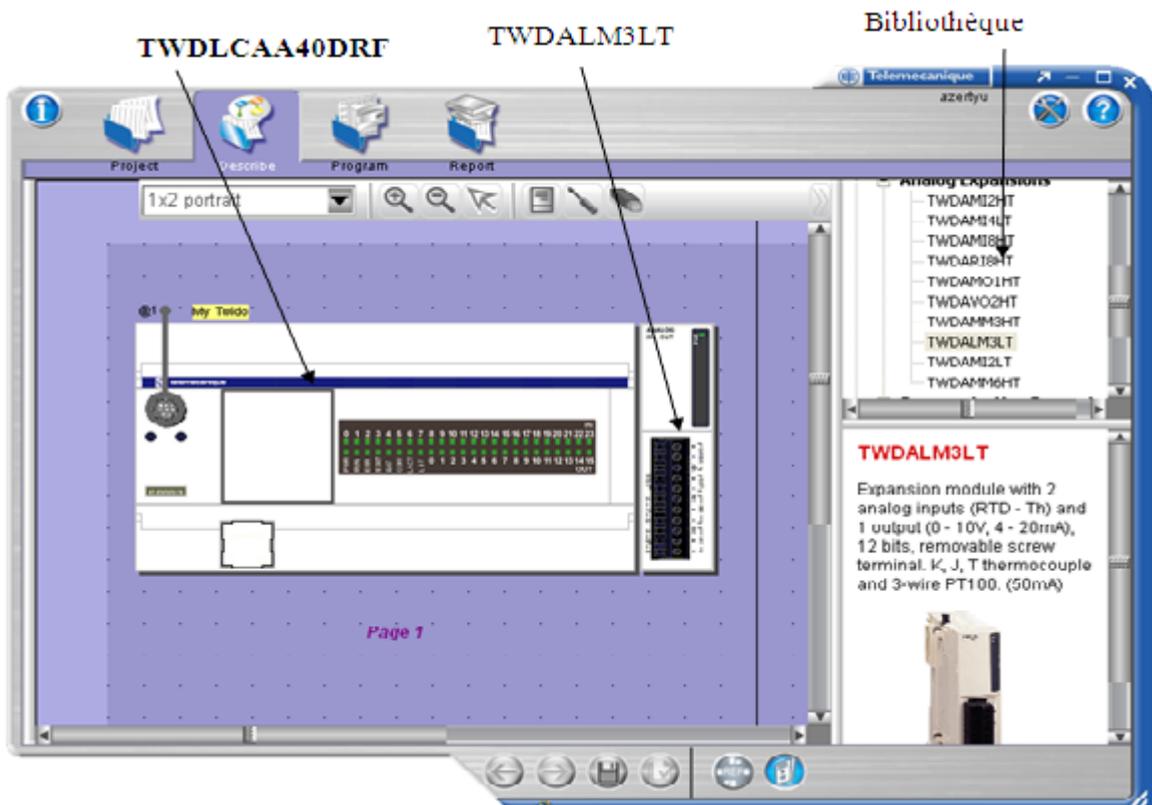
Sélectionner « créer un nouveau projet, le nommer et puis appuyer sur créer»



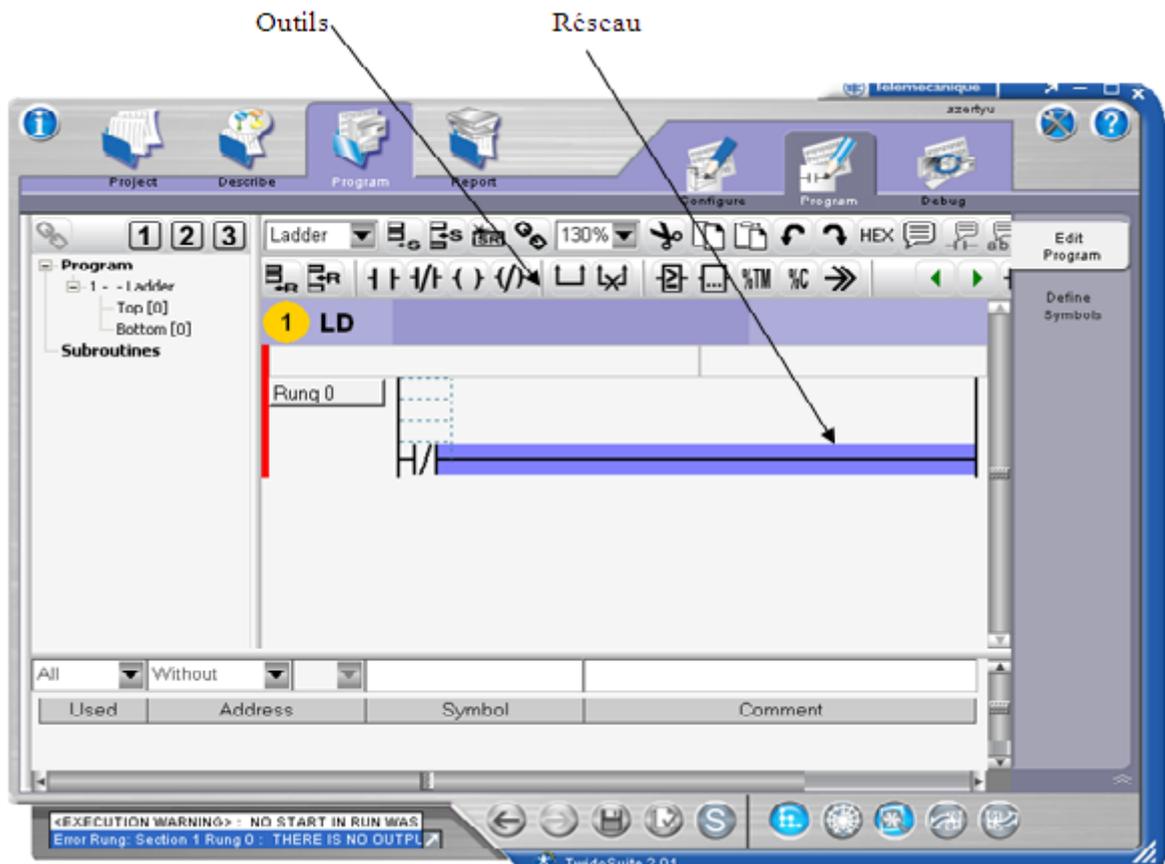
4.12. Configuration de l'automate Twido

a. Configuration matérielle

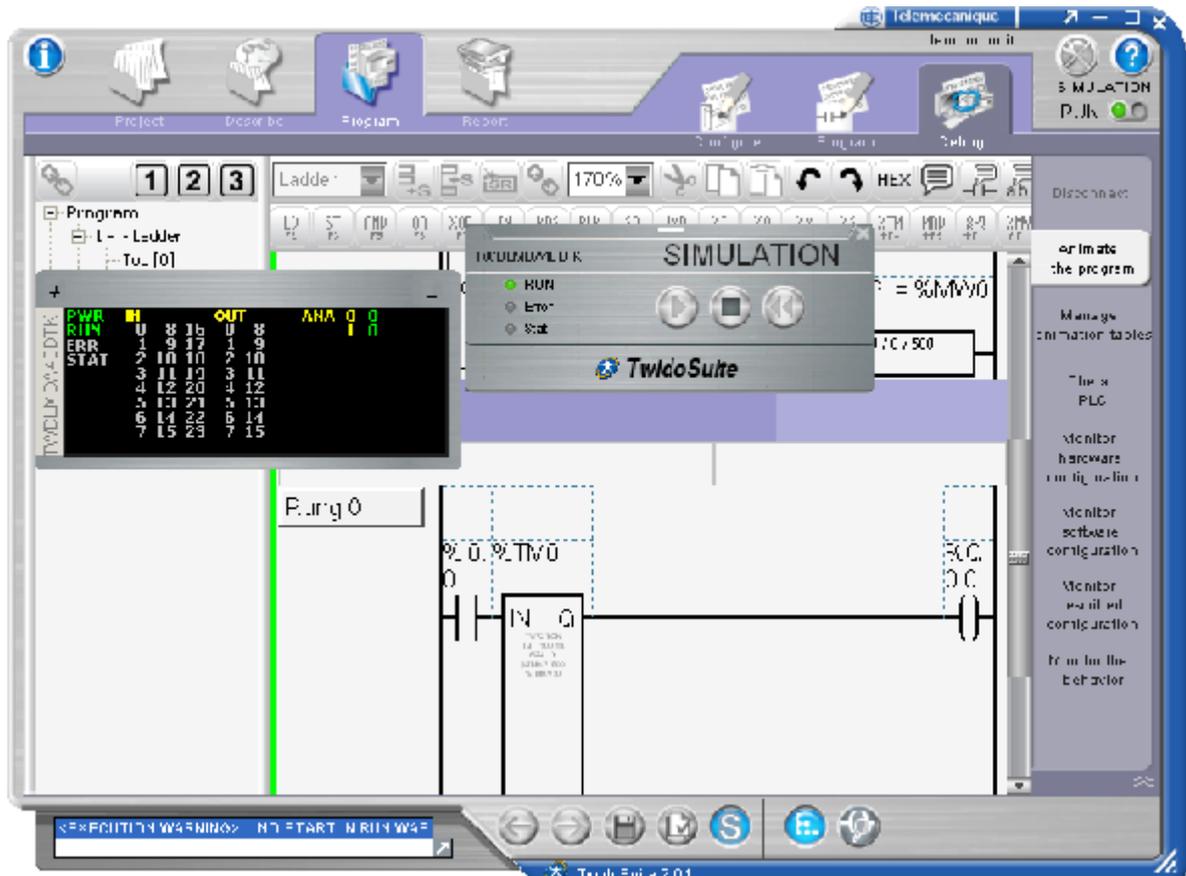
Sélectionner base compacte (TWDLCAA40DRF) et le module analogique TWDALM3LT.



b. Configuration logicielle



Simulation du programme



c) Régulation

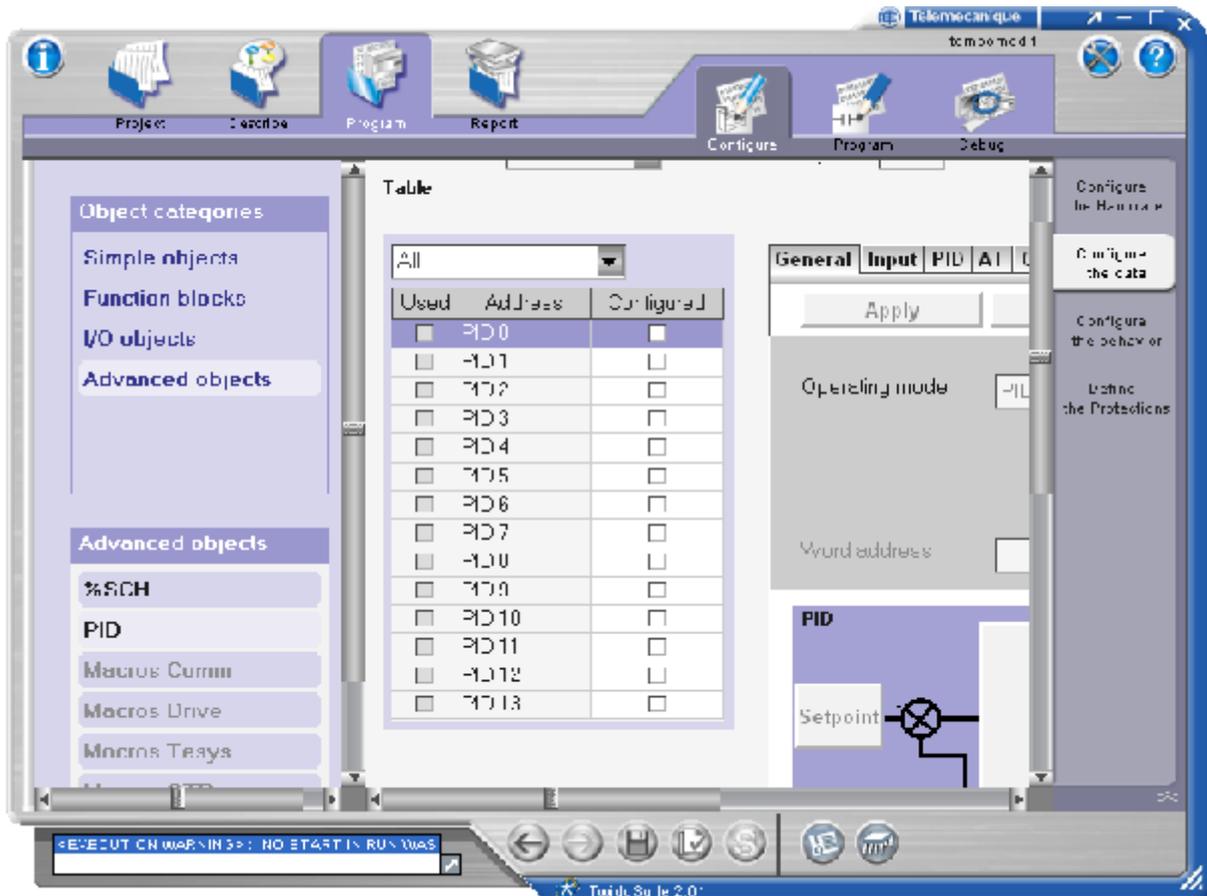
c.1. Lancement de la boîte de dialogue de PID

Le logiciel Twido dispose de 14 PID à exploiter, au-delà de 14 PID, il faut appeler un autre automate.

Pour y accéder. Il faut sélectionner programme < configurer < configurer des données<objet avancés<PID

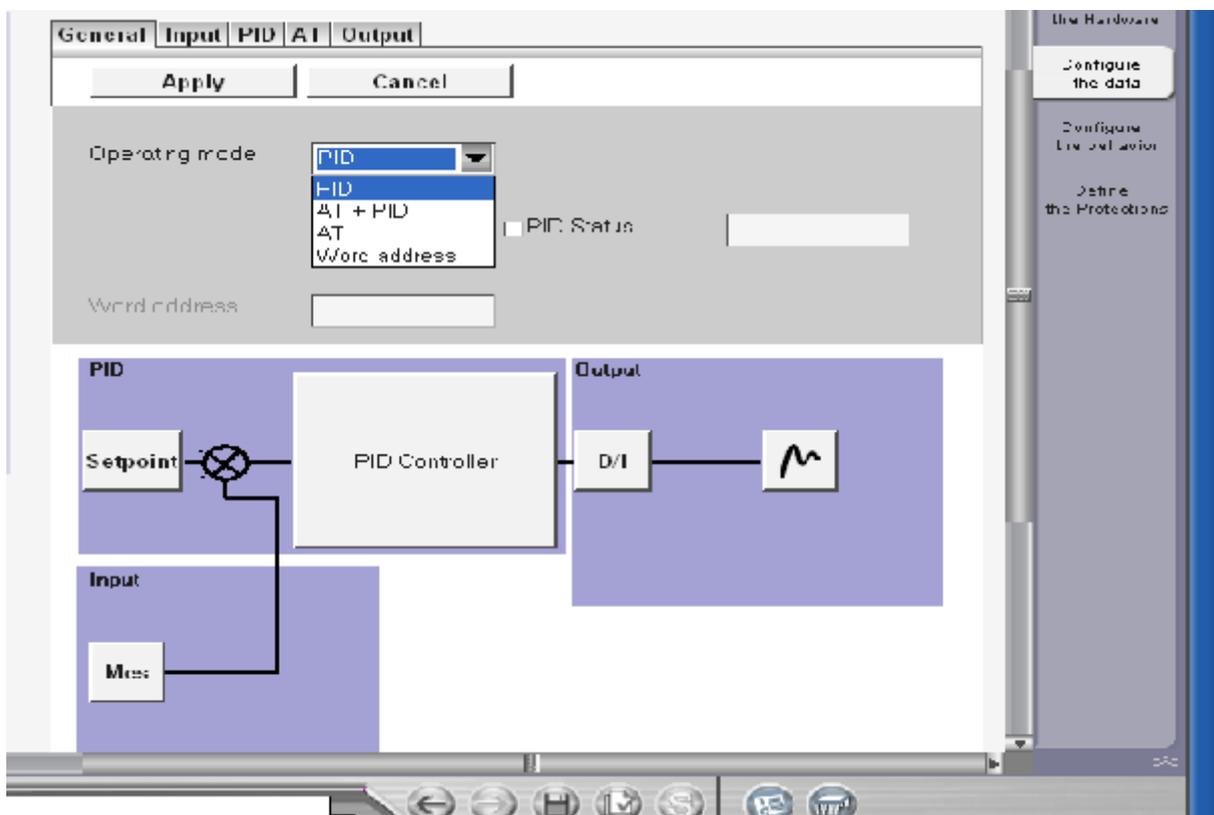
Les différents onglets du régulateur :

Cette fenêtre permet de sélectionner le PID à configurer.



Les différents éléments que contient le régulateur.

1. Onglet général



2. Onglet entrée

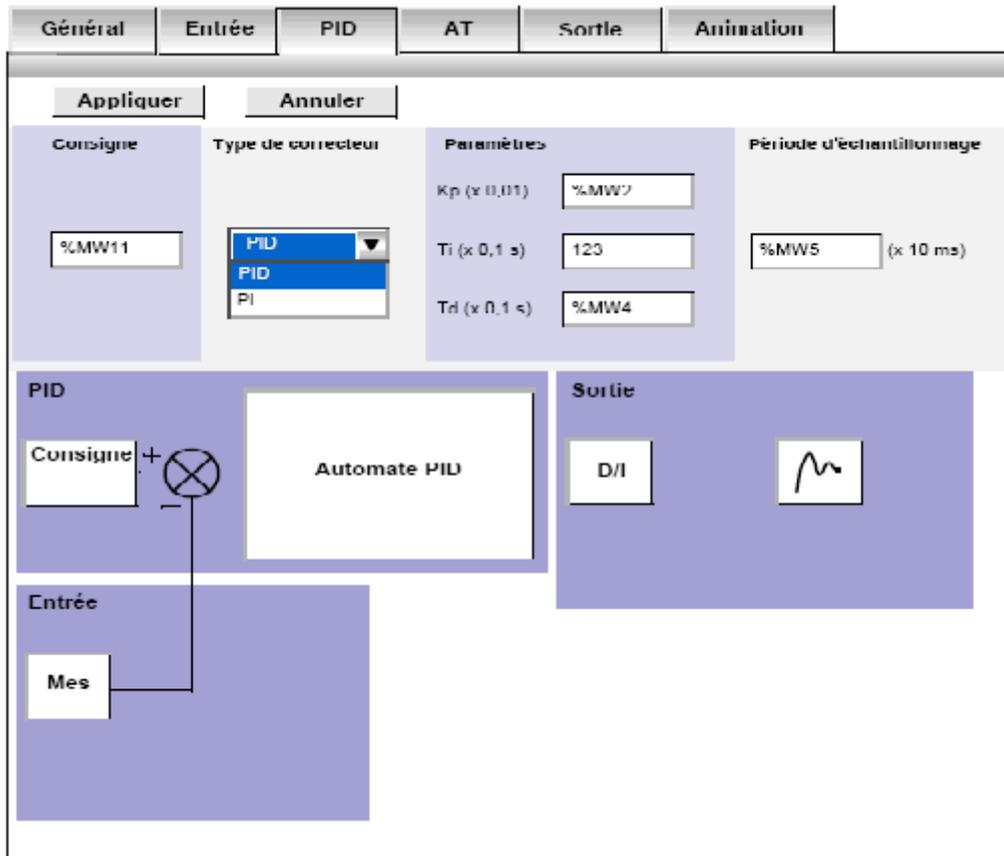
Conversion : Si cette case est cochée les deux valeurs max et min sont accessibles.

Alarmes : On coche cette case si on désire activer des alarmes sur des variables d'entrées.

- **Basse sortie** : indiquer la valeur d'alarme haute dans le champ bas.
- **Haute sortie** : indique la valeur d'alarme basse dans le champ haut.

3. Onglet PID : Cette partie permet de paramétrer le PID (K_p , T_i , T_d et période d'échantillonnage).

- **Consigne** : On introduit la valeur de la consigne.
- **Période d'échantillonnage** : Elle indique la période d'échantillonnage de PID par rapport à une base de temps de 10 ms.



4. Onglet auto-tuning de la fonction PID : l'algorithme d'auto-tuning de la fonction PID permet de déterminer automatiquement et correctement les quatre éléments du PID suivants : Gain, constante intégration, constante dérivation et l'action directe ou inverse.

a) Action directe et inverse

1. Le terme inverse dans le champ action est utilisé pour atteindre une consigne haute (ex. : pour chauffer), (figure 4.5a).
2. Le terme directe dans le champ action est utilisé pour atteindre une consigne basse (ex. : pour refroidir), (figure 4.5b).

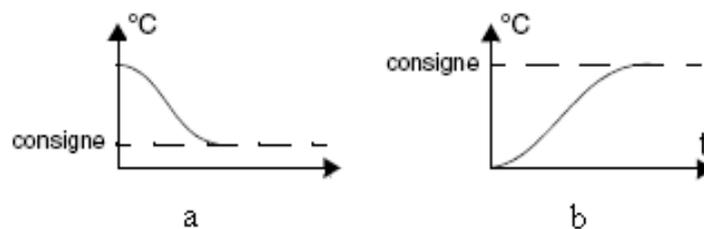
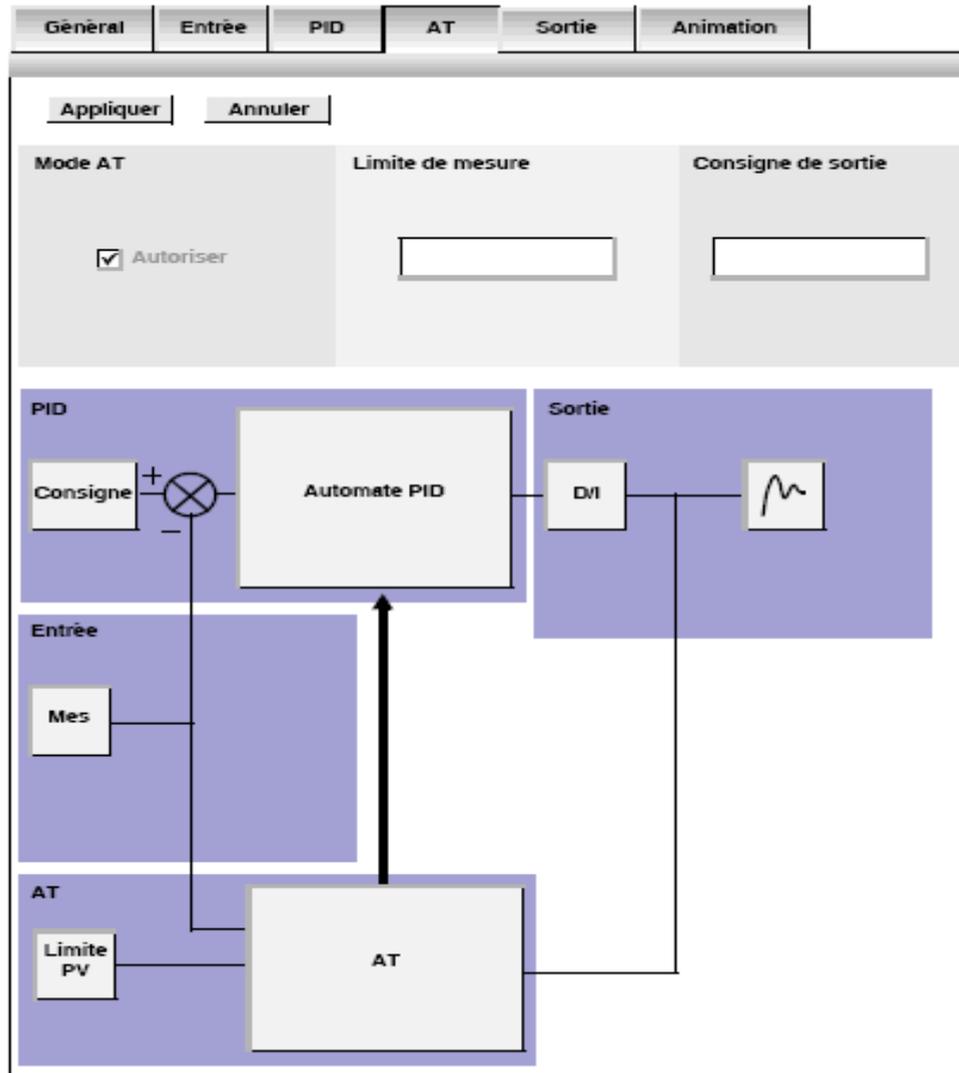
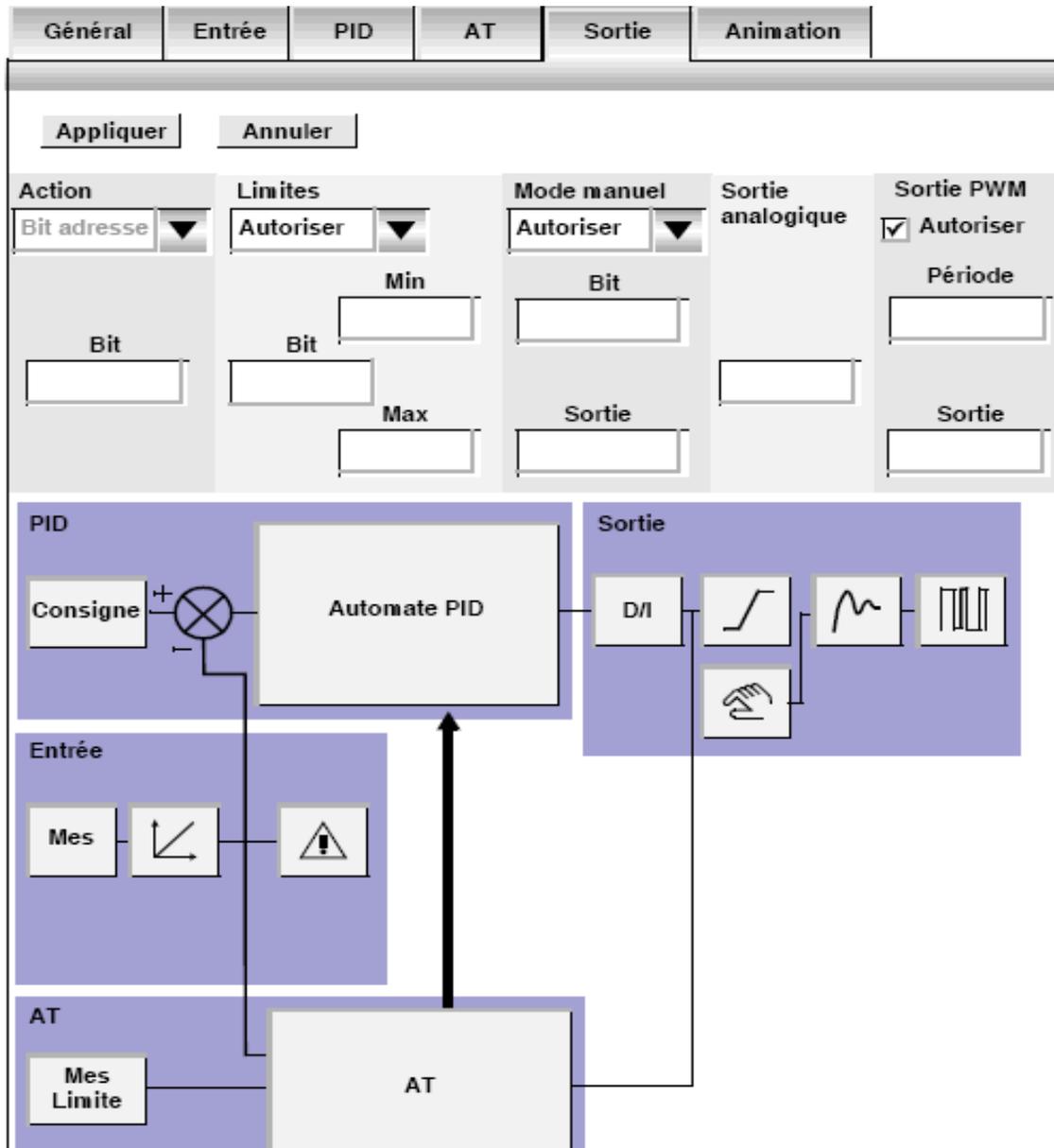


Figure 5.5 : Actions directe et inverse



Lorsque le processus d'auto-tuning est terminé, les coefficients PID calculés K_p , T_i et T_d :
Sont stockés dans leurs mots mémoire (%MWx) respectifs et apparaissent dans l'onglet Animation, en mode Twidosuite connecté uniquement.

5. Onglet sortie de : Cet onglet permet de renseigner les paramètres de sortie de la fonction.



- **Action** : Indique le type d'action de la fonction PID sur le processus trois options sont disponible (inverse, directe, adresse bit).
- **Limite bit** : On l'utilise pour limiter (min, max) la sortie de la fonction PID, trois options sont disponible, (autoriser, inhiber, adresse bit).
- **Mode manuel**: Elle permet d'activer le mode manuel pour la fonction PID.
- **Sortie analogique**: La sortie de la fonction en mode automatique.
- **Sortie PWM** : Cochez la case si vous utilisez la fonction PWM de PID.

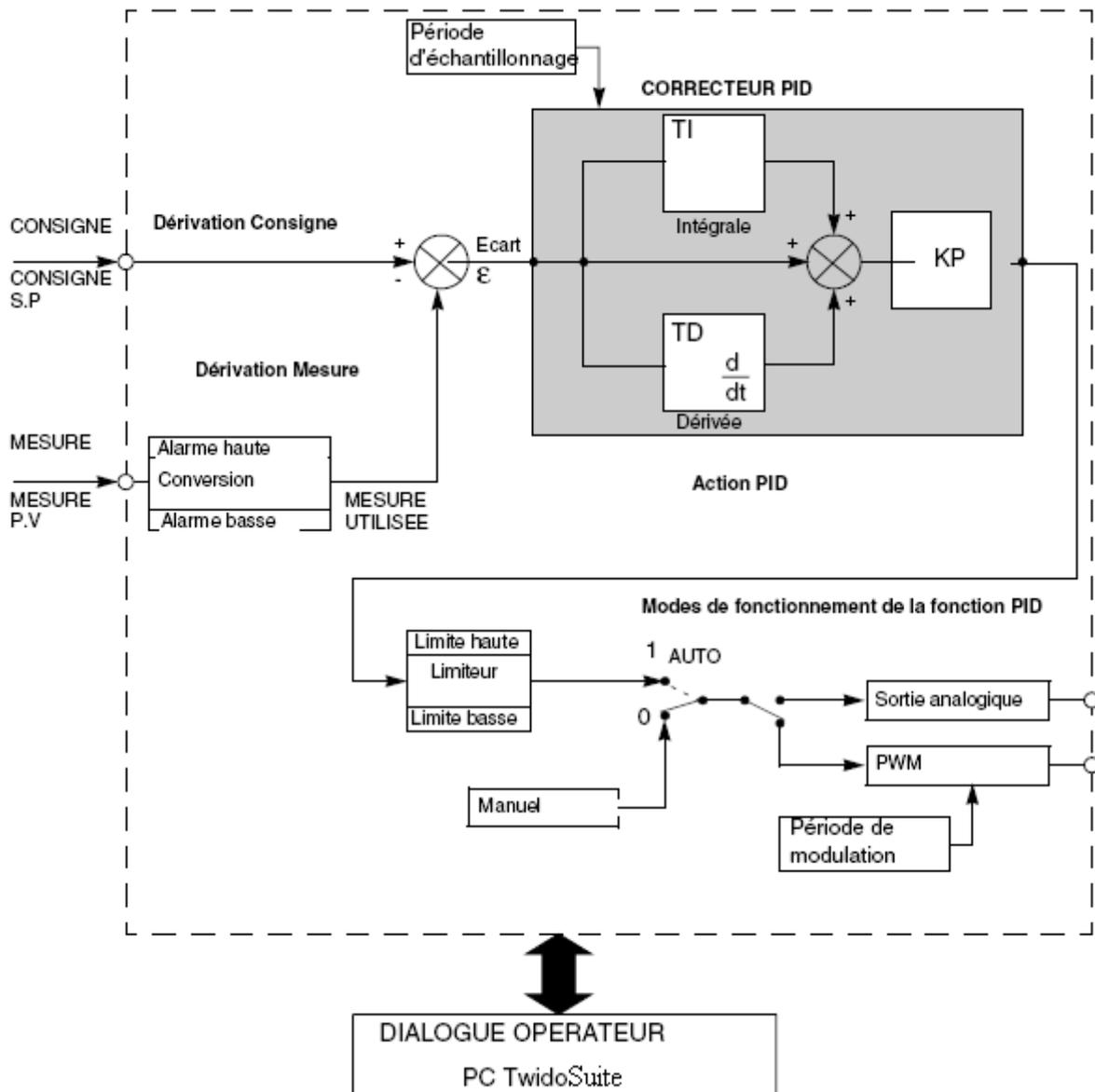


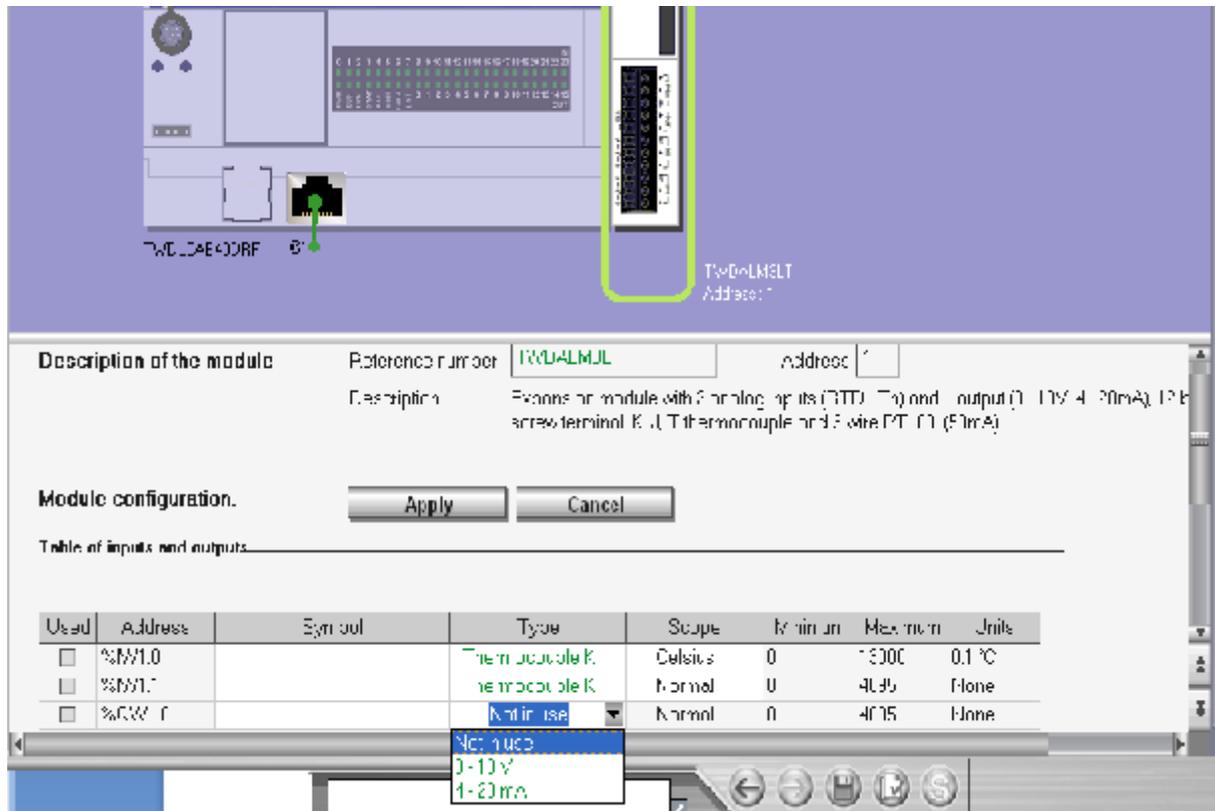
Figure 4.6 : Structure du PID utilisé par Twido

Remarque : L'automate PID comprend une association mixte (série - parallèle) du gain de l'automate (K_p) et des constantes de temps intégrale (T_i) et dérivée (T_d). Ainsi, la loi du contrôle PID (figure 4.6) utilisée par l'automate Twido (structure mixte) à la forme suivante :

$$u(i) = k_p \left\{ (i) + \frac{T_s}{T_i} \sum_{j=1}^i (j) + \frac{T_d}{T_i} [(i) - (i-1)] \right\} \quad (4.1)$$

T_s : Période d'échantillonnage

6. Exemple qui illustre la configuration des voies analogique de TWDALM3LT.



c.2. Mise en œuvre de la régulation

Avant de commencer, il faut respecter les étapes ci-dessous :

1. Connecter le PC à l'automate et effectuer le transfert de l'application.
2. Passer l'automate en mode RUN
3. L'initialisation de la mise en œuvre de la régulation, requiert les étapes suivantes :
 - %MW0 : Consigne régulateur,
 - %IW1.0 : Mesure,
 - %M0 : validation du régulateur,
 - %M1 : type action régulateur (positionné par la fonction AT),
 - %M2 : choix du mode Automatique ou Manuel,
 - %MW10 à %MW12 : coefficients du régulateur PID,
 - %MW13 : limite de la mesure à ne pas dépasser en mode AT,
 - %MW14 : consigne de sortie du régulateur en mode AT,
 - %MW15 : sortie numérique du régulateur PID (renseignée par le régulateur),

- %MW16 : réglage de la période PWM,
- %MW17 : choix du mode de fonctionnement du régulateur PID,
- %MW18 : consigne manuelle associée au choix du bit %M2.

c.3 Auto-tuning [7]

La fonction d'auto-tuning permet ainsi de régler rapidement et efficacement la boucle du processus. L'auto-tuning de la fonction PID est particulièrement adaptée à la régulation de température.

D'une manière générale, les processus utilisés par la fonction d'auto-tuning pour réguler la température doivent répondre aux exigences suivantes :

- la régulation doit être principalement linéaire sur toute la plage de fonctionnement
- la réponse de la régulation à une modification de niveau de sortie analogique doit suivre un schéma transitoire asymptotique ;
- très peu de perturbations doivent se produire au sein des variables de régulation.

(Dans le cas d'une régulation de température, vous ne devez pas constater de taux anormalement élevés d'échange de température entre la régulation et son environnement.)

Schéma suivant indique le fonctionnement de la fonction auto-tuning (figure 4.7).

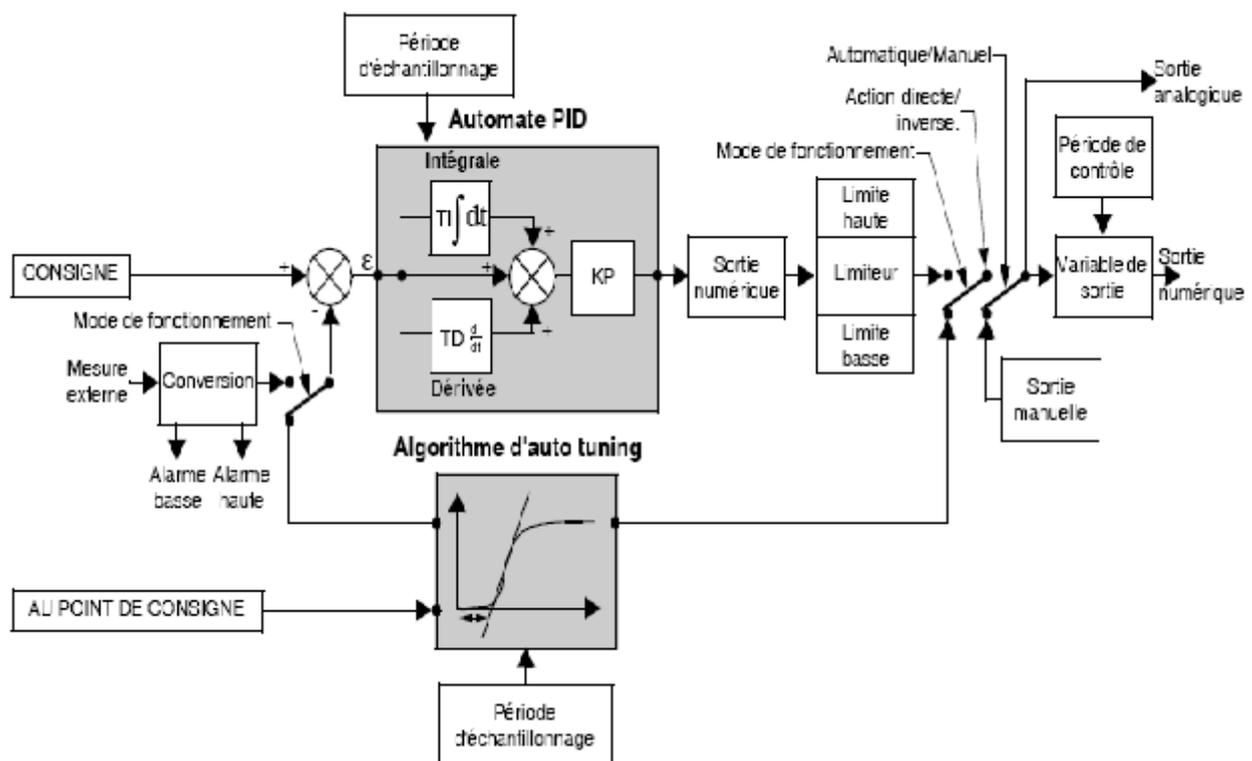
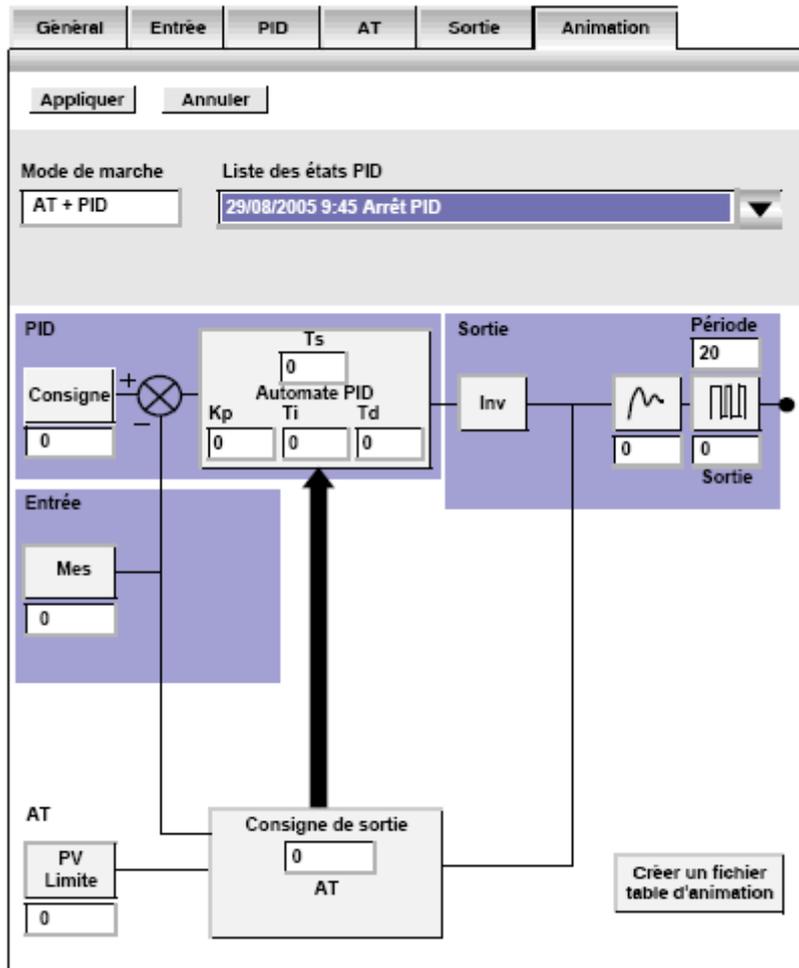


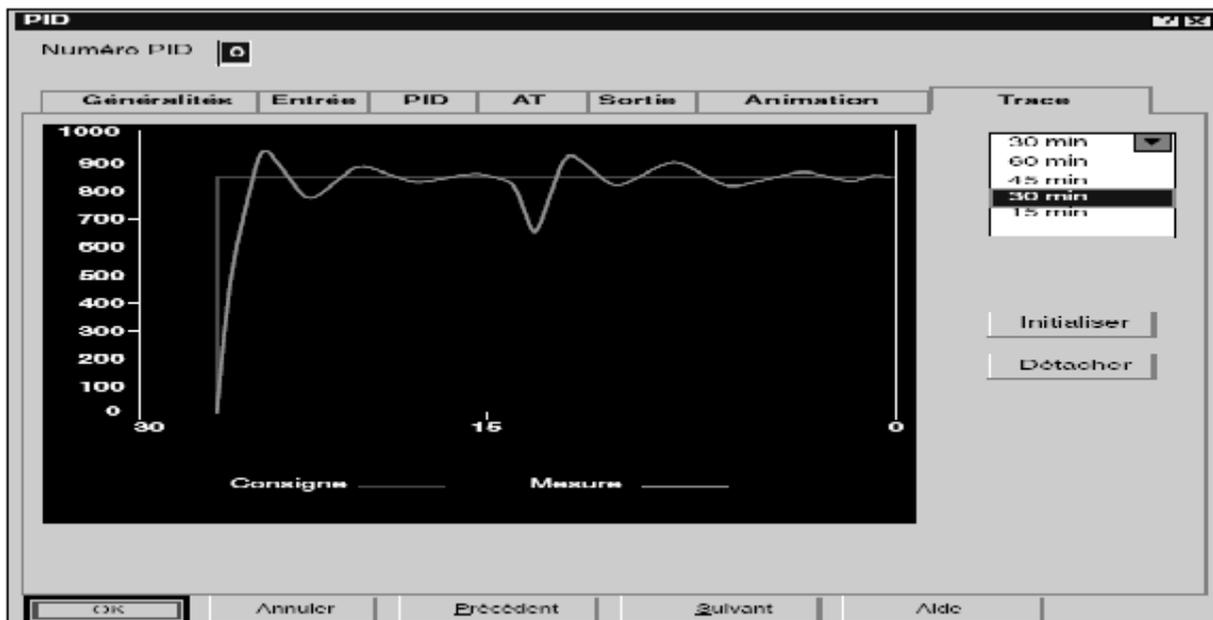
Figure 4.7 : Principe de fonctionnement de l'auto-tuning

c.4 Onglet animation

L'écran suivant permet de visualiser la régulation du PID (accessible en mode connecté).



c.5 Onglet trace



4.13 Schéma de câblage de la régulation des résistances de thermoformage et de soudage
 Le schéma détaillé de câblage de la boucle de régulation de température est donnée par la (figure 4.8).

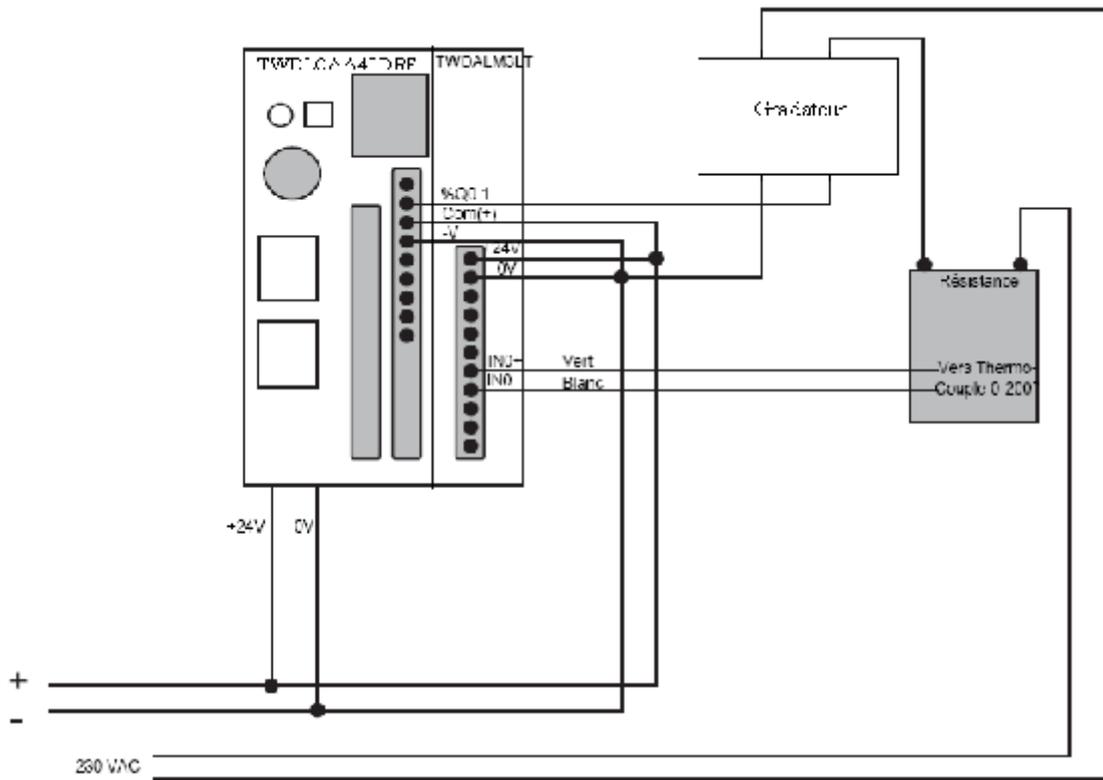


Figure 4.8: Régulation de température en utilisant l'automate Twido

4.14 Méthodes pour déterminer la période d'échantillonnage (T_s)

La période d'échantillonnage (T_s) est un paramètre clé du contrôle PID. La période d'échantillonnage peut être déduite de la constante de temps AT (τ).

Il existe deux méthodes pour évaluer la période d'échantillonnage correcte (T_s) à l'aide de la fonction d'auto-tuning.

- La méthode de la courbe de réponse du processus
- La méthode des essais et erreurs

Le schéma suivant illustre une réponse à processus de premier ordre type (figure 4.9) :

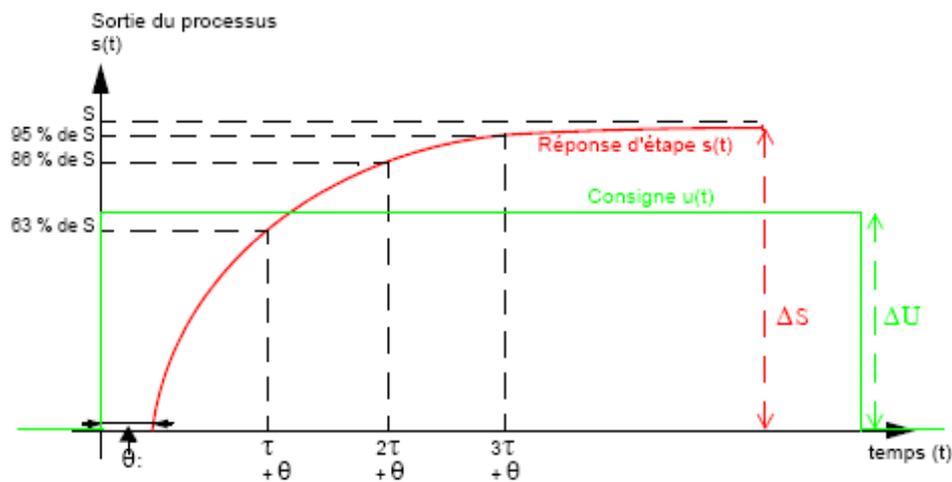


Figure 4.8: Premier ordre avec modèle de temporisation

K: gain statique calculé comme le ration $\frac{\Delta S}{\Delta U}$

Remarque : Lorsque l'auto tuning est implémentée, la période d'échantillonnage (T_s) doit être choisie dans la plage suivante : $\left[\frac{\tau}{125} < T_s < \frac{\tau}{25} \right]$. Il est conseillé d'utiliser

$$\left[T_s < \frac{\tau}{25} \right].$$

4.15 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté l'automate programmable Twido, et son logiciel de programmation ainsi que le module analogique TWDALM3LT pour la régulation de température.

Nous avons utilisé le langage graphe pour la programmation du système étudié, qui nous a permis de tester et visualiser le comportement des sorties au cours de la simulation.

Conclusion Générale

Le travail présenté dans ce mémoire a été basé sur la conception et l'automatisation d'une machine conditionneuse « MULTIVAC R7000 ».

C'était une occasion pour nous de partager nos idées avec des ingénieurs expérimentés, de voir et appliquer nos connaissances théoriques déjà acquises durant notre formation d'ingénieur. Nous avons aussi appris des notions de base pour éviter les risques et les accidents de travail. Globalement, se fait une fenêtre fortunée, pour nous étudiantes, de découvrir le monde industriel.

Notre travail n'est pas encore achevé, du fait que le module analogique (TWDALM3LT) n'est pas encore installé, ceci nous a empêché de simuler la partie de la régulation.

En fin, on espère que notre solution que nous avons proposée se concrétisera en pratique et que nos efforts puissent servir à quelque chose et que ce mémoire soit un bon guide pour les promotions futures.

Références Bibliographiques

- [1] [www .MULTIVAC.com](http://www.MULTIVAC.com)
- [2] Documentation interne Tifra-Lait
- [3] C.BOURBONNE, J.COJEAN, Les systèmes automatisés de la connaissance à la conception ». Tome1
- [4] J.M.BLEUX, P. FRANCHON, Automatismes industriels
- [5] P. SOLAZ, Cours d'électroniques de puissance : Gradateur
- [6] D. DINDELEUX, Technique de la régulation industrielle, 1989
- [7] Automates programmables Twido guide de programmation version 1.0
- [8] P. PROUVOST, Contrôle régulation, Exercices et problèmes résolus, Paris, 1997
- [9] P. PROVOUST, Instrumentation et régulation en 30 fiches, Dunod, Paris, 2010
- [10] G.GAUTHIER, Ingénieur en production automatisée, 2001
- [11] S.MORENO, E.PEULOT, Initiation au GRAFCET
- [12] P. JARGOT, Ingénieur ENSIEG, responsable produit, International langage programmable pour API, Norme IEC 1131-3, 1994
- [13] G.MICHEL, Les API architecture et application des automates programmables industriels, Dunod, 1987
- [14] Twido Automates programmables guide de référence du matériel