

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université MOULOUD MAMMERI de Tizi Ouzou



Faculté de Génie Electrique et d'Informatique

Département d'Electrotechnique

Mémoire

De fin d'études

*En vue de l'obtention du Diplôme
d'Ingénieur d'Etat en Electrotechnique*

Thème

**Etude et Réalisation d'une Armoire
électrique pour un Pasteurisateur**

Proposé par :

- ♦ Mr : R. AMMOUR

Dirigé par :

- ♦ Mr : T. CHELLI

Présenté par :

- ♦ FEKIK Sofiane
- ♦ DEBBI Djamel
- ♦ MAKOUDI Rabah

Soutenu le 30 Juin 2013

Promotion 2013



D'abord nous remercions le bon dieu de nous avoir donné santé, courage et foie pour réaliser ce travail avec volonté.

Tous nos vifs remerciements ; nos profondes reconnaissances s'adressent à notre promoteur Mr CHELLI Takfarinas à qui nous tenons témoigner notre sincère gratitude de nous avoir aidé tout au long de notre projet; aussi notre encadreur Mr AMMOUR Remdane de nous avoir confié ce sujet intéressant ainsi que tous les Ingénieurs de l'entreprise « EASM industriel » pour leurs conseils pour accomplir notre travail.

Que Monsieur le président et Messieurs les membres du jury trouvent ici l'expression de notre gratitude et respect de nous avoir fait l'honneur d'examiner et juger notre travail.

Nous remercions nos très chers parents, nos frères et sœurs pour leurs soutiens et leurs encouragements durant notre cycle d'études.

Enfin, merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour réaliser projet de fin d'études, du point de vue scientifique ou administratif.

SOFIANE, DJAMEL, RABAH



Je dédie ce travail :

✚ *À mes parents pour leurs encouragements tout au long de mes études.*

✚ *À mon grand frère Kaci, sa femme Karima et leurs petits-enfants Amir et Amira.*

✚ *À ma sœur Linda, son mari Farid et leurs petits-enfants Ahmed, Zohra.*

✚ *À tous mes cousins et toute la grande Famille Fekik*

✚ *À mes grands-parents, mes oncles : Mouloud, Kamel, Harachi, Nabil et Kenza.*

✚ *À mes très chers Amis(es) : Mokrane, Cherif, Mouh agaw, Hidouche, Hakim, Avalanche, Slimane, Yacine, Nassima, Karima, Linda, Zohra, Kahina ...*

✚ *À tous les gens que j'aime dont je n'ai pas cité les noms.*

✚ *À mes camarades de la promotion 2013 et tous les anciens.*

✚ *À mes binômes Djamel et Rabah.*

SOFIANE



Je dédie ce travail :

+ *A mes parents pour leurs encouragements tout au long de mes études.*

+ *A mes frères : Chabane, Mohamed said et ma sœur Smina.*

+ *A ma sœur Kahina et son marie smail.*

+ *A toute la Famille Debbi*

+ *Aux petits enfants : Ahmed , Ghiles et Mouloud*

+ *A mes très chers Amis : Arab, Yahia, Rafik, Sofiane, Samir, Hidouche, rougi Massi, Remdane et tous les anciens.*

+ *A tous les gens que j'aime dont je n'ai pas cité les noms.*

+ *A mes camarades de la promotion 2013.*

+ *A mes binômes Sofiane et Rabah*



Je dédie ce travail :

+ *A mes parents pour leurs encouragements tout au long de mes études.*

+ *A mes frères : GHANI, NABIL*

+ *A la mémoire de ma grand-mère décédée en 2007*

+ *A Mes Cousins Mahrez, Mohand et Mourad.*

+ *A mes très chers Amis : MOURAD, AHMED, Mohand, Moussa
, Marouene, Boussad, Hidouche, et tous les anciens*

+ *A ma chère Lynda.*

+ *A tous les gens que j'aime dont je n'ai pas cité les noms.*

+ *A mes camarades de la promotion 2013.*

+ *A mes binômes Sofiane et Djamel*

RABAH

❖ Table des Matières

Introduction Générale	1
• Chapitre 1: Description et fonctionnement du pasteurisateur	
1. Introduction	3
2° Définition et objectifs de la pasteurisation	3
2-1° Définition	3
2-2° Objectifs	4
3° Les différents types de pasteurisation	4
3-1° pasteurisation basse discontinue	4
3-2° pasteurisation basse continue	4
3-3° procédés flash-pasteurisation	4
3-4° pasteurisations en bouteilles	5
4° Les domaines d'application	5
5° avantages et inconvénients de la pasteurisation	5
5-1° Avantages	5
5-2° Inconvénients	5
6° Description du pasteurisateur Actuel	6
6.1- Inconvénients et insuffisances de la solution actuelle.....	6
6.2- Les modifications apportées	6
6.3- Schéma synoptique du pasteurisateur envisagé	7
7-Instrumentations	7
7.1-Les capteurs	7
7.1.1-Capteurs de pression	7
7.1.2-Capteurs de température	8
7.1.3-Capteurs de bourrage	8
7.2-Les actionneurs	8
7.2.1-Les électrovannes	8
7.2.2-Les vannes modulantes	9

7.2.3-Moteurs et pompes	9
7.3-Les pré-actionneurs	10
7-4°L'Echangeur thermique	10
8- La Régulation dans le pasteurisateur	10
8.1-Définition de la régulation	11
8.2-Objectif de La Régulation	12
8.3-Characteristiques de la régulation	12
8.4-Principe de la régulation.....	12
8.5-La régulation de la vapeur et de la température	12
8.5-1.Le Régulateur PID	12
8.5-2La régulation de la température du système	19
8.6-La Régulation du niveau d'eau des cuves	20
9-Description du procédé à automatiser (fonctionnement)	21
9.1- Préparation du pasteurisateur	21
9.1.1-Mise à niveau des cuves	21
9.1.2-Régulation des températures	22
9.1.3-Mise en marche des tapis	23
9.2-Mise en marche des convoyeurs	24
9.3-Pasteurisation du produit	24
9.3.1-Préchauffage	25
9.3.2-Pré-pasteurisation	25
9.3.3-Pasteurisation	25
9.3.4-Refroidissement	25
9.4-Récupération de l'eau	25
10. CONCLUSION	26
• Chapitre 2 : Etude et réalisation de l'armoire électrique	
1. Introduction	27
2. Les étapes de réalisation d'une armoire électrique d'un pasteurisateur	27

3. Caractéristique du pasteurisateur	27
4. Choix des organes de commande	28
5. Choix de l'alimentation stabilise (AC/DC)	29
6. Choix du démarrage	29
6.1. Le démarrage direct	30
6.2. Le démarrage des moteurs à variateur de vitesse	30
7. Dimensionnement des sections des conducteurs et des protections	31
8. Choix et dimensionnement des protections	36
8.1. La sécurité des personnes	36
8.2. La protection contre les courts circuits	38
8.3. La protection contre les surcharges	39
9. Types de protection	39
9.1. Protection par fusible	39
9.2. Protection par disjoncteur	40
9.3. Protection par relais thermique	41
10. Réalisation du schéma câblage électrique de l'armoire	43
11. Le choix de l'armoire	43
11.1. Le choix de coffret	43
11.2. L'installation	44
11.3. Le câblage	45
12. Conclusion	46
• Chapitre 3: Modélisation du système et Développement d'une solution programmable	
1. Introduction	47
2° Généralités sur le GRAFCET	47
2-1. Définition et symbolisation d'un GRAFCET	47
2-2. Les actions associées	48
2-3. Les règles d'évolution du GRAFCET	49

2-4. Structure d'un GRAFCET	50
2-4.1. Sequence unique	50
2-4.2. Saut d'étape	50
2-4.3. Reprise d'étape	50
2-4.4. Niveaux d'un GRAFCET	51
2-4.5. Programmation en diagramme d'échelle (Ladder)	51
3° Légende du GRAFCET	52
4° GRAFCET du pasteurisateur	54
5°- Les automates programmables industriels	65
5.1. Définition	65
5.2. Caractéristiques d'un API	65
5-2-1. Aspect extérieur	65
5-2-2. Aspect interne	65
5-3. Nature des informations traitées par l'Automate	66
5-4. Fonctionnement des automates	66
5-5. Choix de l'API	67
5.5.1. L'API S7-300	67
5-5-2. Les caractéristiques de l'API S7-300	68
5-5-3. Les modules de L'API S7-300	68
5-2-5-3-1. Module d'alimentation (PS)	68
5-5-3-2. L'unité centrale (CPU)	68
5-5-3-3. Modules de couplage (IM)	69
5-5-3-4. Module des signaux (SM)	69
5-5-3-5. Module de fonction (FM)	70
5-5-3-6. Module de simulation	70
5-5-4. Périphériques de communication extérieure	70
5-6° Création du projet	71
6- L'outil de programmation STEP 7	72

6-1°Présentation du logiciel de programmation STEP7	70
6-1-1.Définition de STEP	70
6-1-2.Programmation de l'API	71
6-1-2-1.Langages de programmation	71
6-1-2-2.Déroulement du programme	71
6-1-2-3.Éléments d'un programme utilisateur	72
6.2° Stratégie de programmation d'un projet	72
7°CONCLUSION	72
Chapitre 4: Développement de la solution de supervision	
1. Introduction	73
2. Définition de la supervision	73
3. Constitution d'un système de supervision.....	73
3.1 Affichage	73
3.2 Archivage	73
3.3 Traitement.....	73
3.4 Communication.....	74
4. Apport de la supervision.....	74
5. Définition de Win CC Flexible	75
6. Les approches possibles	75
7. Intégration de Win CC flexible dans STEP7	75
8. Le pupitre opérateur	75
9. Les étapes de configuration du pupitre avec Win CC Flexible 2008	76
9.1 Création d'un projet 76	
9.2 Création des vues	76
9.3 Configuration des alarmes	76
9.4 Création des recettes	77
9.5 faire des régulations	77
9.6 Changement de vue	78

9.7 Test et simulation du projet	79
10. CONCLUSION	79
CONCLUSION GENERALE	80

Annexes

Bibliographie

INTRODUCTION

GÉNÉRALE

Introduction générale

Dans l'industrie agroalimentaire, le respect des normes d'hygiène est essentiel pour garantir la qualité et la sécurité du produit fini afin d'allonger de façon significative la durée de conservation des produits.

La durée de vie des produits conservés est reliée directement aux procédés ; de pasteurisation comme traitement thermique destiné à détruire les micro-organismes par la chaleur, et la stérilisation qui détruit à son tour tous les micro-organismes susceptibles de se développer dans un produit par l'application de la température supérieure à **100°C**.

L'objectif principal de toute société industrielle est l'amélioration de la production à moindre coût et en un temps minimum en effectuant des tâches répétitives en toute fiabilité et sécurité des processus de production. Mais la compétitivité des entreprises exige une automatisation plus flexible et évolutive de la part des équipements et des procédés de production.

La technologie des automates programmables avec leur large gamme permet une automatisation complète. Ces systèmes de commande à l'origine réservés à des applications exigeant des volumes de traitements sont maintenant utilisés dans les automatismes plus petits. La commande des processus par un API est la solution recherchée de plus en plus dans l'industrie ; en raison de la justesse des traitements que l'API effectue pour gérer une commande adéquate à tous les moments et dans toutes les conditions.

Le projet présenté dans ce mémoire nous a été confié par l'entreprise d'Electricité, Automatismes, Service et Maintenance « **EASM** industriel » ; il rentre dans la perspective de rénovation de l'automatisme d'un pasteurisateur à savoir la réalisation d'une armoire électrique qui va alimenter, protéger, commander et superviser tous les équipements du système et ses différents procédés de pasteurisation.

Pour se faire, nous avons réparti notre travail en quatre chapitres :

Le premier chapitre présente dans sa première partie la description d'un système de pasteurisation de manière général et dans la seconde décrit le pasteurisateur à automatiser du point de vue composition et processus de fonctionnement.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude électrique de l'armoire à savoir le choix, le dimensionnement et les protections de ses différents composants, ainsi que les étapes de réalisation de l'armoire.

Le troisième chapitre consiste à modéliser le système à l'aide du GRAFCET, ainsi les automates programmables et leur outil logiciel.

Le quatrième chapitre porte sur la supervision du processus sur un écran tactile du point de vue objectif et réalisation avec le logiciel WIN CC flexible.

Enfin nous terminerons avec une conclusion générale.

CHAPITRE I

DESCRIPTION ET

FONCTIONNEMENT

DU PASTEURISATEUR

1. INTRODUCTION :

Nous pourrions définir la pasteurisation comme étant le traitement thermique destiné à détruire les micro-organismes par la chaleur et la stérilisation qui détruit à son tour tous les micro-organismes susceptibles de se développer dans un produit par l'application de la température supérieure à **100°C**. Alors, la pasteurisation est une opération très importante dans l'industrie agroalimentaire pour la sécurité du consommateur.

Pour cela, un système ; nommé « pasteurisateur » a été mis en disposition pour assurer ce type de procédé pour augmenter la durée de vie des produit conservés.

La présentation générale du système de pasteurisation sera l'objectif de ce chapitre dans le premier point. Le deuxième point est consacré au fonctionnement du pasteurisateur et au procédé à automatiser pour pouvoir positionner notre problème et proposer une solution.

Présentation du Cahier de charge :

- Affichage des régulations gérées par API ;
- Connaissance des niveaux réels par capteurs de pression (4-20) mA ;
- Démarrage direct des pompes ;
- Réduction des pertes d'eau (récupération);
- Amélioration de la qualité par la régulation de la Zone 1 et la Zone 2 (zone 1 : refroidissement zone 2 : Ajout d'un régulateur) ;
- Amélioration du mode de fonctionnement ;
- Réduction du câblage de l'armoire électrique ;
- Supervision et affichage des défauts et dysfonctionnements ;
- Réduction des couts de maintenance.

2. ° Définition et objectifs de la pasteurisation

2-1° Définition

La pasteurisation est un traitement thermique destiné à détruire des micro-organismes par la chaleur en éliminant la flore pathogène non sporulée et la majorité de flore non pathogène d'altération des aliments. Ce procédé permet d'allonger la durée de conservation des produits. Ainsi, les aliments pasteurisés présentent une date limite de Consommation de quelques jours avec une conservation a une Température de + 4⁰C alors que les produits stérilises se conservent Plusieurs mois, voire plusieurs années, à température ambiante.

Le choix du traitement thermique appliqué dépend ainsi des objectifs souhaités tant au niveau de la réduction biologique que des qualités nutritionnelles et organoleptiques à obtenir et du cout du procédé à mettre en œuvre. [1]

2-2° Objectifs

La pasteurisation est une technique utilisée très fréquemment en agroalimentaire. L'objectif est d'allonger de façon significative la durée de conservation des aliments et réduit au maximum les activités biologiques d'un Produit tout en évitant de modifier ses caractéristiques organoleptiques et nutritionnelles. La pasteurisation comme tout traitement thermique, doit permettre :

- ❖ De préserver l'aspect nutritionnel du produit tel que la non –destruction des vitamines ;
- ❖ De ne pas modifier les qualités organoleptiques telles que l'absence de brunissement.

3. ° Les différents types de pasteurisation

3-1° Pasteurisation basse discontinue

Le produit est chauffé dans une vaste chambre à double parois par circulation de vapeur ou d'eau chaude. La température à laquelle le produit doit être porté puis maintenu pendant au moins 30 minutes, varie de 60⁰C à 65,5⁰C suivant les pays. Le produit est refroidi toujours dans la même chambre à 10⁰C ou moins .On vide la cuve et il faut compter un délai d'au moins une heure avant que le lot suivant ne soit prêt pour le remplissage des bouteilles ou cartons de distribution. [1]

3-2° Pasteurisation basse continue

C'est une extension de la pasteurisation basse discontinue, dans laquelle le produit est chauffé puis refroidi par un échangeur thermique à plaques à l'extérieur des chambres, qui peuvent être au nombre de quatre ou plus et dont chacune peut atteindre une capacité de 500 litres. Le produit chauffé à 65⁰C, par exemple, est amené dans la première chambre où sa température est maintenue par une chemise d'eau chaude, ou par tout autre moyen. Lorsque la première chambre est pleine, c'est –à-dire au bout de 10-15 minutes, le remplissage de la seconde est automatiquement déclenché, et ainsi de suite. Au moment où le chambrage du premier lot atteint 30 minutes, la dernière chambre se remplit. On obtient ainsi un courant pratiquement continu de produits pasteurisés au point d'embouteillage. On peut donc traiter des volumes importants en l'espace de quelques heures. [1]

3-3° Procédé flash-pasteurisation

Le principe de base est simple. Il consiste à amener un produit à la température de pasteurisation (60⁰-80⁰ C) le plus rapidement possible, de le maintenir pendant un temps donné à cette température (stabulation) avant de le ramener à la température ambiante (refroidissement brusque). [1]

3-4° Pasteurisation en bouteilles

1. Le produit est chauffé à la température de pasteurisation basse, puis mis en bouteilles spéciales que l'on scelle ensuite hermétiquement. Les bouteilles pleines sont

maintenues à la température de chambrage pendant au moins 30 minutes, puis refroidies assez lentement par immersion partielle ou totale dans de l'eau (ou dans un courant d'air froid).

2. Le produit est d'abord mis dans des bouteilles, puis pasteurisées par pulvérisation d'eau en film à différentes températures recommandées en passant par les quatre zones : préchauffage, pré-pasteurisation, pasteurisation et refroidissement. [1]

4° Les domaines d'application

- ✓ la pasteurisation du lait ;
- ✓ la pasteurisation du jus ;
- ✓ la pasteurisation de la confiture ;
- ✓ la pasteurisation de la bière...

5° Avantages et inconvénients de la pasteurisation

5-1° Avantages :

- ✓ Elle préserve l'aspect nutritionnel du produit tel que la non –destruction des vitamines ;
- ✓ Elle ne modifie pas ses qualités organoleptiques telle que l'absence de brunissement ;
- ✓ Elle prolonge la durée de conservation des produits.

5-2° Inconvénients :

- ✓ la pasteurisation rend les constitutions du produit indigestes ;
- ✓ les vitamines sont aussi affectées, en fonction de leur nature.

6° Description du pasteurisateur actuel :



« **Figure-1.1-** vue du pasteurisateur »

Le pasteurisateur étudié de marque « **KRHONES** », de SNB du groupe CASTEL industriel installé au niveau d'ORAN. Il comporte les éléments :

1. *Huit cuves (les cuves 4 et 5 :3000L ; cuves 1, 2, 3, 6, 7, 8 : 2000L)*
2. *Deux convoyeurs d'entrée et Deux convoyeurs de sortie*
3. *Deux tapis roulants.*
4. *Dix vannes simples siège.*
5. *Six moteurs*
6. *Dix pompes.*
7. *Huit sondes de niveau (NH, NB).*
8. *Cinq capteurs de température.*
9. *Echangeur thermique : qui génère de la vapeur dans les circuits d'eau.*
10. *Trois vannes modulantes.*
11. *Tuyauterie assurant la circulation de l'eau.*
12. *L'armoire d'électrique.*

6°1-Inconvénients et insuffisances de la solution actuelle

Le pasteurisateur actuel présente beaucoup d'inconvénients et insuffisances qui agissent mal sur son fonctionnement. Notre objectif est d'améliorer ce dernier et de soulever ces lacunes qui consistent essentiellement en :

- L'inexistence d'une supervision en temps réel et absence d'une base de données pour l'historique des événements ; ce qui ne facilite pas le diagnostic des problèmes.
- La perte du temps lors des fonctionnements manuels dans ce système ; déplacements et efforts de l'opérateur ; marche /arrêt des pompes et moteurs ; vérification et contrôle des capteurs...
- Les pertes considérables en eau ; en coût et en temps.
- La situation critique provoquée par les erreurs commises par l'opérateur.

6°2- Les modifications apportées

Notre solution envisagée gardera toutes les fonctions de l'ancien système mais tout en faisant intervenir ces rénovations :

- L'automate (API S7 300) sera chargé de la commande de toutes les tâches.
- Ajout d'un pupitre de supervision pour faciliter le diagnostic des problèmes.
- Remplacer les sondes de niveau par des capteurs de pression (4 - 20) mA.
- Amélioration de la qualité par la régulation de la Zone 1 et la Zone 2 (zone 1 : refroidissement zone 2 : Ajout d'un régulateur) ;
- Ajout d'un système de récupération d'eau.
- Ajout de régulateurs de vitesse pour les moteurs des deux tapis.

6°3- Schéma synoptique du pasteurisateur envisagé

Représenté sur la « **Figure'1.2'** »

7° INSTRUMENTATION

7-1° Les capteurs

7-1°1-Les capteurs de température

Ils détectent la variation de chaleur du liquide et transmettent un signal analogique qui sera converti par l'automate. Le capteur utilisé dans ce système est de type : sonde de température **PT100 (100 Ω à 0°C)**. Ce capteur est d'un principe qui repose sur la variation de résistance en température d'un conducteur de platine (fil ou feuille) selon des caractéristiques électriques connues et stables, décrites par les normes IEC 751.

Le montage utilisé implique des résistances de lignes RL1-RL2-RL3 identiques. RL2+RL3 permettent de mesurer la résistance de lignes que l'on va soustraire ce qui est mesuré aux bornes 1 et 2. [2]



Figure-1.3- : Sonde de température PT100

La relation entre la résistance du Platine et la température :

$$R_t = R_0 [1 + At + Bt^2 + C * (t - 100) * t^3]$$

Avec :

R_t : Résistance du platine a la température t °C

R_0 : Résistance du platine a la température 0 °C ($R_0=100$ ohm a 0°C)

$$A = 3.9083 \times 10^{-3} \quad ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$B = -5.775 \times 10^{-2} \quad ^\circ\text{C}^{-7}$$

$$C = -4.183 \times 10^{-12} \quad ^\circ\text{C}^{-4} \text{ (températures négatives)}$$

$$C = 0 \text{ (températures positives)}$$

7-1°2-Les capteurs de pression

Les capteurs de différence de pression (ou cellules à pression différentielle) réalisent la conversion ΔP /Force par l'intermédiaire d'une membrane ou d'une capsule d'épaisseur adaptée à la différence de pression ΔP à mesurer. [3]

Dans ce système, nous avons utilisé des capteurs de pression (4-20) mA, pour donner le niveau d'eau dans les cuves. Un transmetteur de pression différentielle fourni l'information sur le niveau d'eau. **" $P = \rho gh$ "**

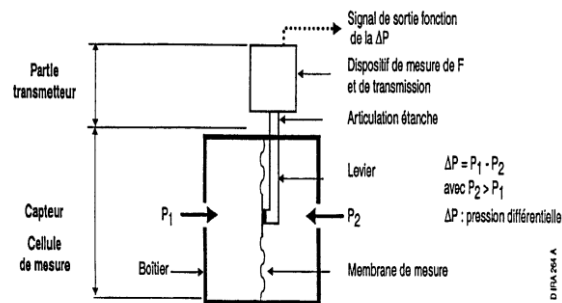


Figure-1. 4- : capteur de pression

Capteur de pression de marque : KELLER, type : PA25 S/8062O55 ; [0-6] bar

7-1°3-Les capteurs de bourrage (à contact)

Installés au niveau des convoyeurs de sortie, pour donner un signal d'arrêt aux convoyeurs d'entrée, en cas d'encombrement des bouteilles à la sortie.



Figure'5' : capteur de bourrage

7-2° Les actionneurs

7-2°1-Les électrovannes

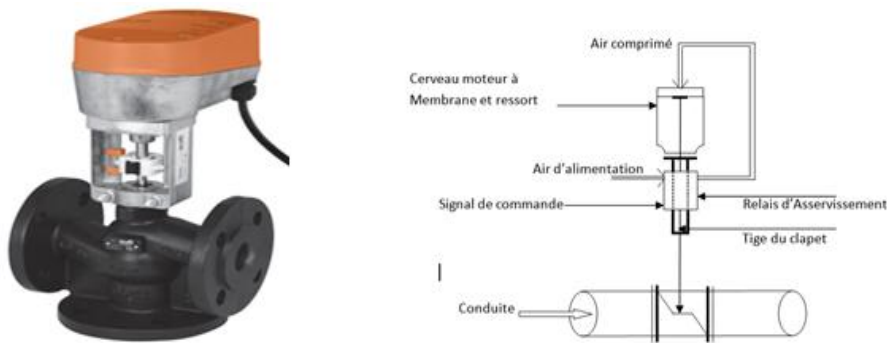
Les électrovannes sont constituées d'une bobine électromagnétique et d'un robinet d'air. les vannes placées dans notre système sont des vannes pneumatiques, c'est donc une pression d'air qui leur permet de bloquer ou de libérer la canalisation. Dans notre système nous avons un circuit ouvert (système de robinet d'eau), alors le choix de l'électrovanne est comme suit : 2/2 servo-assistée pour eau – EV220B 10B G1/2 P [0.1 10] bar T°[0 100]°C .



Figure-1.6- : l'électrovanne

7-2°2-les vannes modulantes

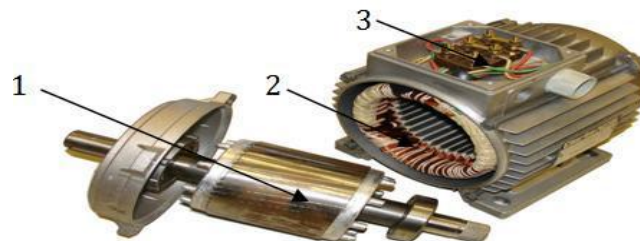
Le rôle principal de la vanne modulante est la régulation de la vapeur, utilisée pour la régulation de la température en faisant passer de la vapeur dans l'eau suivant une consigne réglée par API. Elle se compose d'une vanne et d'un convertisseur courant-pression. [4]



Figure'1.7' : Schéma de la vanne modulante

7-2°3- Moteurs et Pompes

Le moteur asynchrone triphasé est largement utilisé dans l'industrie pour sa robustesse. La simplicité de sa construction a fait de lui un matériel très fiable qui demande peu d'entretien et une durée de vie assez grande. Constitué d'une partie fixe (le stator : 2), d'une partie rotative (le rotor 1) et d'une plaque à bornes pour couplage et alimentation(3).



Figure'1.8' : Schéma d'un moteur asynchrone

➤ Toutes les pompes utilisées dans le pasteurisateur sont des moteurs asynchrones. Ce sont des pompes d'envoi assurant l'envoi de l'eau des cuves jusqu'au tunnel via les circuits de

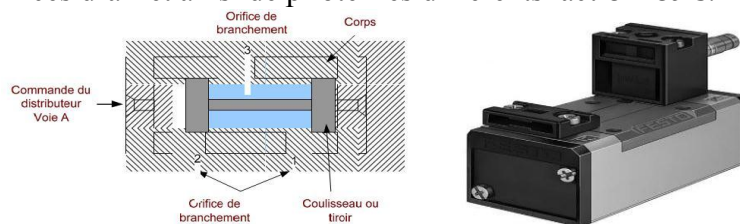
la tuyauterie ; en augmentant sa pression pour permettre de vaincre les pertes de charges et le débit fournis est supérieur à celui qu'elles reçoivent.

7-3° Les pré-actionneurs

Les distributeurs pneumatiques ont pour fonction de distribuer l'air comprimé Jusqu'aux actionneurs. Ils ont le même rôle que les contacteurs.

Constitution et Fonctionnement :

Un coulisseau ou un tiroir se déplace dans le corps du distributeur, il permet de fermer ou d'ouvrir des orifices d'air et ainsi de piloter les différents actionneurs.



Figure'1.9' : Le distributeur d'air FESTO [5]

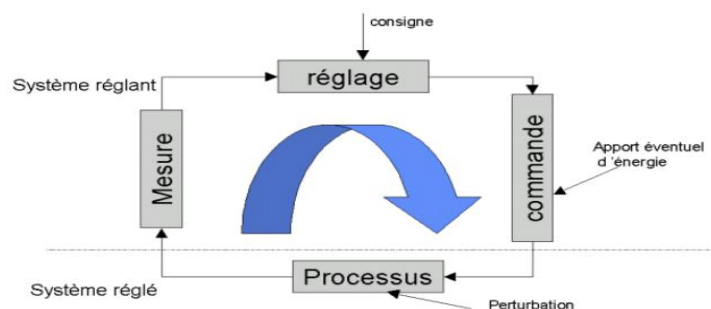
7°4- Echangeur thermique

C'est un dispositif permettant de transférer de l'énergie thermique d'un fluide vers un autre. Il existe plusieurs types d'échangeurs thermique (tubulaire, à plaques...).

Dans le pasteurisateur, celui utilisé est de type tubulaire générateur de vapeur ; Il génère de la vapeur et la fait passer aux circuits d'eau par voie des vannes modulantes au niveau des quatre zones (2 3 4 5).

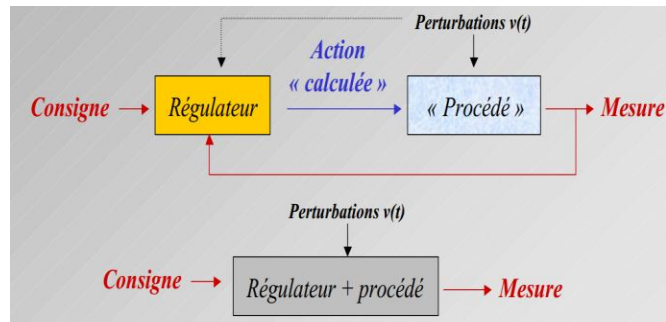
8°- Régulation

Les systèmes asservis peuvent présenter quelques contreperformances : une précision permanente insuffisante, une marge de stabilité trop faible (voir instabilité), un temps de réponse trop élevé, un dépassement trop important, au regard des spécifications du cahier de charges. Il est donc souvent nécessaire d'intégrer dans la boucle un organe appelé Régulateur dont l'objectif est d'améliorer la performance de la boucle fermée.



Figure'1.10' : Chaîne de traitement de l'information

Problème de régulation : quel signal (action) faut-il envoyer vers le procédé afin que le signal (mesure) soit le plus proche possible d'une valeur appelée « consigne ».



Figure'1.11' : boucle d'un problème de régulation

8-1. Définition de la régulation :

La régulation regroupe l'ensemble des techniques et moyens matériels utilisés visant à contrôler une grandeur physique soumise à des perturbations et de la maintenir égale à une valeur désirée (constante) appelée consigne. Cette grandeur physique est appelée grandeur réglée. A titre d'exemple on peut citer : la température, le niveau du liquide dans une cuve, le débit, la pression, le Ph...etc.

- **La grandeur réglée** : c'est la grandeur physique que l'on désire contrôler. Elle donne son nom à la régulation. Exemple : une régulation de température.
- **La consigne** : C'est la valeur que doit prendre la grandeur réglée.
- **La grandeur réglante** : est la grandeur physique qui a été choisie pour contrôler la grandeur réglée. Elle n'est généralement pas de même nature que la grandeur réglée.
- **Les grandeurs perturbatrices** : sont les grandeurs physiques qui influent la grandeur réglée. Elles ne sont généralement pas de même nature que la grandeur réglée.
- **L'organe de réglage** : C'est l'élément qui agit sur la grandeur réglante.

8-2.Objectif de la régulation

La majorité des processus industriels nécessitent de contrôler un certain nombre de paramètres. Réguler une grandeur physique, c'est obtenir d'elle un comportement voulu, dans un environnement susceptible de présenter des variations. Il appartient à la régulation de maintenir à des niveaux prédéterminés les paramètres qui régissent le fonctionnement du processus, quelles que soient les perturbations qui peuvent subvenir.

8-3.Caractéristique d'une régulation

On dit qu'une régulation est correcte si elle assure les conditions suivantes :

- Ne pas mettre en péril la stabilité du processus, une instabilité est caractérisée par des oscillations excessives.
- Assurer une bonne précision, l'écart consigne-mesure doit être le plus faible possible.

- Corriger rapidement l'influence des perturbations, le temps de réponse caractérise l'aptitude de la boucle de régulation à suivre les variations de l'écart consigne-mesure.

8-4.Principe de la régulation

Pour réguler un système physique, il faut :

- Mesurer la grandeur réglée avec un capteur.
- Réfléchir sur l'attitude à suivre : c'est la fonction du régulateur. Le régulateur compare la grandeur réglée avec la consigne et élabore le signal de commande.
- Agir sur la grandeur réglante par l'intermédiaire d'un organe de réglage.

8.5. Régulation de la vapeur et de la température

8.5.1 Le régulateur PID

Le régulateur standard le plus utilisé dans l'industrie est le régulateur PID (Proportionnel Intégral Dérivé), car il permet de réguler à l'aide de ces trois paramètres les performances d'une régulation d'un processus.

❖ Structure de principe d'un régulateur

- Le régulateur compare la mesure et la consigne pour générer le signal de commande.
- Le signal de mesure X est l'image de la grandeur réglée, provenant d'un capteur et transmetteur et transmise sous forme d'un signal électrique ou pneumatique.
- La consigne W peut-être interne (fournie en local par l'opérateur) ou externe.
- L'affichage de la commande Y se fait en % et généralement en unités physique pour la consigne et la mesure.

Si un régulateur est en automatique, sa sortie dépend de la mesure et de la consigne. Ce n'est pas le cas s'il est en manuel. [6]

❖ Principe de l'action proportionnelle

Le signal de sortie du régulateur proportionnel est directement (ou inversement, suivant le sens d'action) proportionnel à l'écart entre la consigne et la mesure, notée $e(t)$. L'équation du régulateur proportionnel en fonction du temps est donnée par :

$$\mu(t) = Kp.e(t) + \mu_0 = Kp.(C(t) - M(t)) + \mu_0$$

$\mu(t)$: est la sortie du régulateur

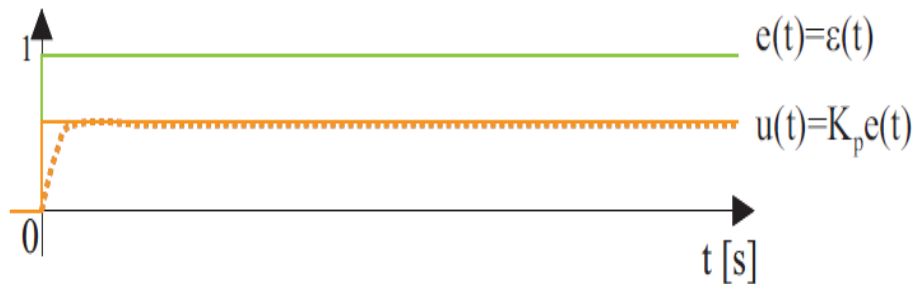
Kp : le gain du régulateur

$C(t)$: est la consigne

$M(t)$: est la mesure de la variable à réguler

μ_0 : valeur du signal de sortie du régulateur lorsque $e(t)=0$.

La valeur μ_0 peut être ajustée puisque $u(0) = \mu_0$, sa valeur est fixée généralement à 50%. Cette grandeur μ_0 s'appelle intégrale manuelle ou centrage de la bande. Sa valeur a une influence très importante sur les performances de la régulation.



Figure'1.12' : Action proportionnelle

- **Bande proportionnelle**

Le gain K_p peut être défini par la spécification d'une autre variable, la bande passante.

$$BP\% = 100\% \frac{1}{K_p}$$

Elle est définie comme la variation, en pourcentage, de l'erreur qui est nécessaire pour que l'action varie de 100%.

La largeur de cette bande doit être la plus réduite possible pour permettre une régulation réactive mais suffisamment large pour ne pas provoquer d'instabilité.

Plus la bande proportionnelle est étroite (gain élevé), plus la réponse du système est rapide. En effet, pour une même erreur (Mesure-Consigne), la puissance fournie est plus importante.

- **Fonction de transfert d'un régulateur proportionnel**

La fonction de transfert d'un régulateur proportionnel s'obtient en appliquant la transformée de Laplace à l'équation précédente.

$$G(p) = TL \{u(t) / e(t)\}$$

- ❖ **Principe de l'action intégrale**

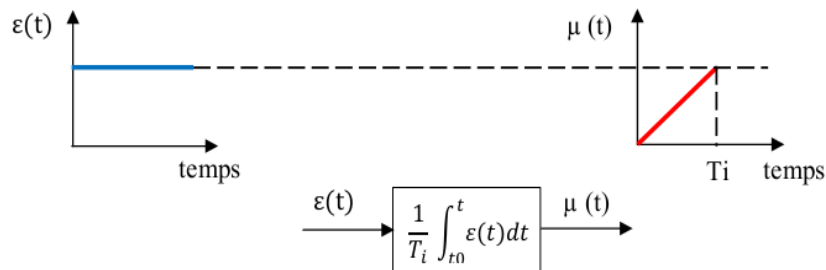
Le rôle de l'action intégrale est de se rapprocher au plus vite de la consigne sans modifier la réaction en annulant l'écart résiduel Mesure-Consigne.

$$S(t) = \frac{1}{T_i} \int_0^t (M - C) dt$$

Le coefficient T_i est appelé la constante de temps intégrale.

L'ajustement de T_i permet de doser l'effet de l'intégrale : T_i représente le temps nécessaire pour que la variation de la sortie du régulateur soit égale à celle de l'amplitude d'une variation en échelon sur l'entrée du régulateur.

Plus T_i est petit plus la valeur de la sortie du régulateur $u(t)$ augmente rapidement. Pour annuler l'action intégrale il suffit de mettre T_i à sa valeur maximale (infinie), ou la mettre à zéro.



Figure'1.13' : sortie d'un régulateur integral pur.

L'action intégrale est généralement associée à l'action proportionnelle pour obtenir une réponse initiale plus rapide.

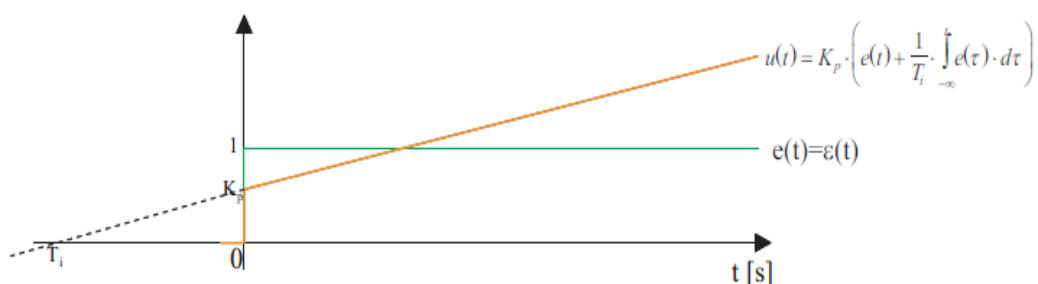
L'intérêt du contrôleur integral est qu'il permet d'éliminer l'erreur de régulation qui persisterait avec un régulateur proportionnel.

❖ Action proportionnelle intégrale

En générale, le régulateur ne fonctionne pas avec l'action intégrale pure (trop instable), car son effet ne devient sensible que lorsque l'erreur dure depuis un certain temps. Pour obtenir une réponse initiale plus rapide, on l'utilise avec un régulateur proportionnel.

La sortie d'un régulateur proportionnel est de la forme :

$$\mu(t) = K_p * (\varepsilon(t) + \frac{1}{T_i} \int_{t_0}^t e(t) dt)$$



Figure'1.14' : Action PI

Remarque : le gain K_p est ici en facteur du terme intégral. Cette configuration est appelée structure série.

- **Fonction de transfert du régulateur PID**

La fonction de transfert d'un régulateur PID standard est obtenue en appliquant la transformée de Laplace à l'équation :

$$G(p) = \frac{u(p)}{e(p)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i p} + T_d p \right)$$

- **Effets des paramètres de réglage de PID**

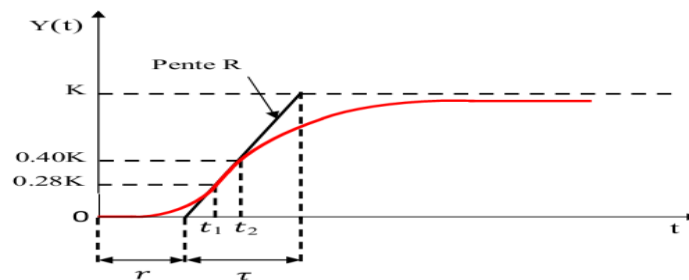
En général, la sortie $u(t)$ d'un régulateur PID en réponse à un échelon d'erreur $\Delta e(t)$, est composée de trois parties distinctes :

- Un pic résultant de l'action dérivée.
- Un échelon résultant de l'action proportionnelle.
- Une rampe résultant de l'action intégrale.

Identification des systèmes apériodiques avec retard

Modèle du premier ordre "Méthode de Broïda"

Dans un grand nombre de procédés, la réponse à un échelon E présente un certain retard.



Figure'1.15' : Principe de la Méthode de Broïda

Le modèle proposé pour approcher le comportement du système est un premier ordre avec retard, sa fonction de transfert est :

$$G(p) = \frac{K \cdot e^{-rp}}{1 + \tau p}$$

La première solution consiste à tracer la tangente à la courbe en son point d'inflexion, puis à mesurer le retard (r) et la constante de temps.

Une autre approche, appelée méthode de Broïda, consiste à mesurer les instants (t_1) et (t_2) auxquels la réponse atteint respectivement (28%) et (40%) de sa valeur finale.

La détermination des paramètres de modèle se fait comme suit :

- Le gain K , calculé comme suit :

$$K = \frac{\Delta Y}{\Delta E}$$

- La constante de temps τ :

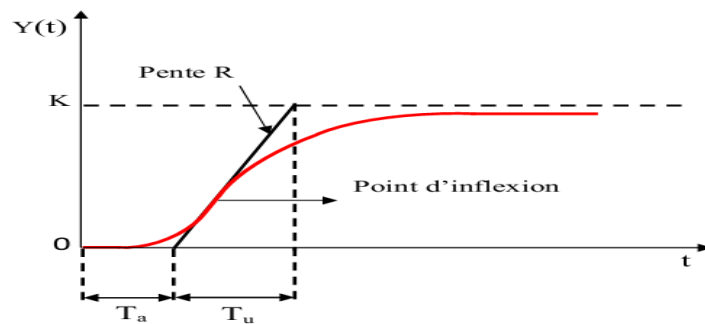
$$\tau = 2.8t_{28\%} - 1.8t_{40\%}$$

- Le retard r :

$$r = 5.5(1.8t_{40\%} - t_{28\%})$$

Modèle d'ordre supérieur "Méthode de Strejc"

Cette méthode permet l'identification d'un processus dont la réponse à l'échelon E n'a pas de dépassement.



Figure'1.16': Réponse d'un système sans dépassement

La méthode de Strejc consiste à caractériser le procédé par un modèle de la forme :

$$G(p) = \frac{K \cdot e^{-rp}}{(1 + \tau p)^n}$$

Le principe de la méthode est le suivant :

1. tracer la tangente au point d'inflexion, cette tangente permet de définir les deux grandeurs (T_u) et (T_a) voir la Figure
2. On calcule le rapport

$$\eta = \frac{T_u}{T_a}$$

3. On cherche dans la table le rapport $\frac{T_u}{T_a}$ immédiatement inférieur à la valeur calculée (η). Cette ligne permet d'obtenir l'ordre (n) du modèle. La constante de temps est calculée à partir de la troisième colonne. Voir le tableau

4. Le retard est égale à :

$$r = T_{u, \text{mesuré}} - \frac{T_u}{T_a} \text{ tableau } T_{a, \text{mesuré}}$$

Le tableau suivant permet d'obtenir la constante de temps et l'ordre (n).

$\frac{T_u}{T_a}$	Ordre du modèle « n »	$\frac{\tau}{T_a}$
0	1	1
0.105	2	0.37
0.22	3	0.27
0.32	4	0.22
0.41	5	0.20
0.49	6	0.18
0.57	7	0.19
0.64	8	0.15
0.71	9	0.14
0.77	10	0.13

Tableau : Coefficients de la méthode de Strejc

❖ Méthodes de réglage des régulateurs PID

Au moyen du choix des coefficients du régulateur, il est possible d'obtenir un comportement désiré en boucle fermée, caractérisant les performances du système de régulation. Les critères à satisfaire sont les suivants :

- La mesure doit être égale à la consigne
- Les effets des perturbations doivent être minimisés
- La sollicitation des actionneurs doit être raisonnable
- Le réglage doit être pérenne, c'est-à-dire ne pas nécessiter d'ajustements trop fréquents.

✓ Méthodes basées sur un modèle de réponse à l'échelon

• Méthode de Ziegler-Nichols en boucle ouverte

Cette méthode consiste à approximer la réponse du processus en boucle ouverte à un échelon unitaire, que l'on suppose apériodique, par un modèle de type :

$$G(p) = \frac{K \cdot e^{-rp}}{1 + \tau p}$$

K , r , τ sont respectivement le gain statique, le temps de retard, la constante de temps.

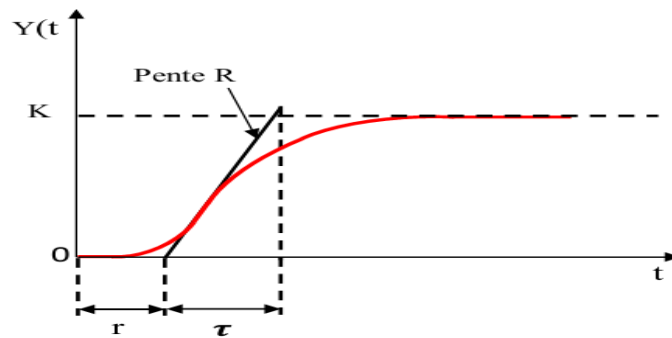


Figure 1.17: Réponse d'un procédé stable et apériodique à une entrée en échelon

Le coefficient de pente R est défini comme étant : $R = \frac{K}{\tau}$

Pour obtenir les paramètres des régulateurs P, PI ou PID, il suffit d'appliquer les relations du tableau. Ces relations ont été développées empiriquement pour donner une réponse en boucle fermée oscillante, avec dépassement initial de l'ordre 30 à 40% et avec un rapport d'amplitude des oscillations de 1/4 (rapport entre le d dépassement de deux pics de même signe).

Type de régulateur	K_c	T_i	T_d
P	$\frac{1}{r \cdot R}$	—	—
PI	$\frac{0.9}{r \cdot R}$	$3.33 r$	—
PID	$\frac{1.2}{r \cdot R}$	$2 r$	$0.5 r$

Tableau : Réglage de Ziegler/Nichols à partir d'une réponse indicielle

- **Méthode de réglage en fonction de la réglabilité**

La méthode de Ziegler/Nichols est difficile à appliquer en pratique, car elle conduit à un comportement très oscillant, particulièrement gênant lors des changements de la consigne. D'autre part, si le processus en boucle fermée ne supporte pas les dépassements, cette méthode est inapplicable.

C'est la raison pour laquelle les instrumentistes utilisent une version adoucie de ces réglages, basée sur le même type de modélisation, à savoir un modèle de premier ordre avec retard.

Les coefficients des régulateurs P, PI ou PID, déterminés pour obtenir une réponse bien amortie, se calcule en fonction du "coefficient de réglabilité" ρ , tel que :

$$\rho = \frac{r}{\tau}$$

Ce rapport traduit l'importance du retard par rapport à la constante de temps du système. Plus ce rapport est élevé, plus les performances qu'on peut espérer avec un régulateur PID seront limitées.

Le tableau fournit les relations pour calculer les coefficients du régulateur et déterminer son type.

ρ	K_c	T_i	T_d
0 à 0.1	$\frac{5}{K}$	τ	0
0.1 à 0.2	$\frac{0.5}{K \cdot \rho}$	τ	0
0.2 à 0.5	$\frac{0.5(1 + 0.5\rho)}{K \cdot \rho}$	$\tau(1 + 0.5\rho)$	$\tau \frac{0.5\rho}{1 + 0.5\rho}$
Au delà	Impossible à régler avec un PID		

Tableau : Réglages PID en fonction de la réglabilité

✚ Pour notre système nous aurons à réguler la température (donc la vapeur) et le niveau d'eau des cuves.

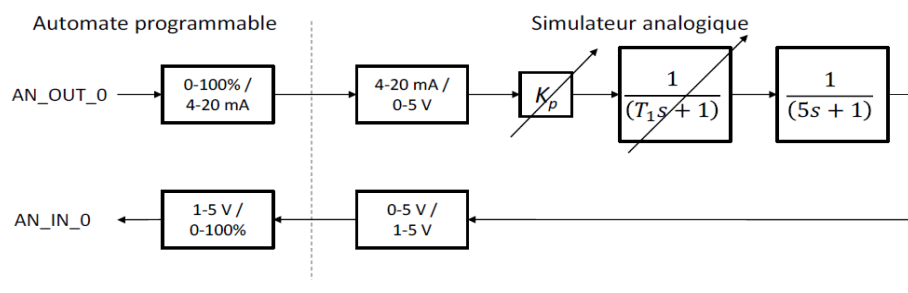


Figure – 1.18 – : Schéma de branchement du système

8°5.2. La régulation de la température du système

Les mesures de température par sonde de température qui ne nécessitent pas de transmetteur mais un pont de mesure du signal ou intensité venant du capteur ou un convertisseur tension/intensité incorporé en tête de canne.

L'unité dynamique est représentée ici par un échange de chaleur. L'organe de réglage étant la Vanne modulante. Une ouverture de la vanne modulante donnera une quantité de vapeur Q qui assurera en sortie une certaine température T .

Donc la sonde de température PT100 donne un signal analogique (0 à 10) V à l'API ; et sera converti à la sortie en valeur réelle de la température. Nous donnons des consignes à l'entrée pour avoir une température désirée pour chaque zone.

$u(t)$: vanne modulante

$e(t)$: Température

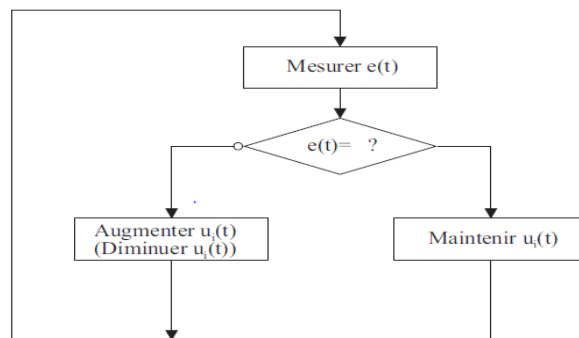


Figure – 1.19 – : Schéma de Régulation de la température

- Un programme de régulation est réalisé sous STEP7 pour veiller à avoir les températures recommandées des différentes zones.

8°5.3.La régulation du Niveau d'eau des cuves

Les mesures de pression, débit et niveau où l'appareil de mesure, constitué d'un capteur et d'un transmetteur, génère un signal de sortie normalisé pneumatique ou électrique directement utilisable en régulation.

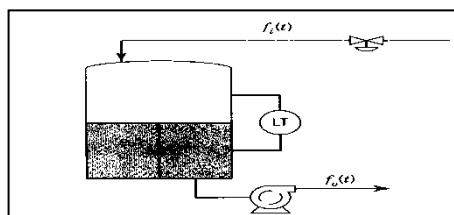


Figure – 1.20 – : Régulation de niveau

- Représentation par la méthode des schémas blocs

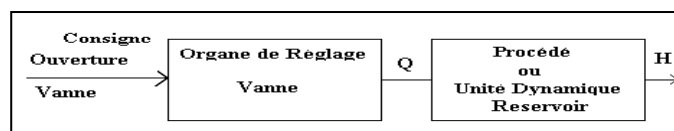


Figure – 1.21 – : Schéma bloc de Régulation de niveau

Donc ici l'unité dynamique étant le réservoir (la cuve):

- L'organe de réglage est représenté par la vanne
- La consigne étant ici l'ouverture de la vanne
- En sortie, on aura la hauteur du liquide H

Donc le capteur de pression (4 - 20) mA lié à l'API, donne un signal analogique à l'entrée de l'automate :

- 20mA indique le niveau haut de la cuve
- 4mA indique le niveau bas de la cuve

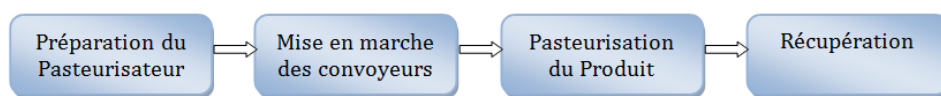
Alors, si le niveau haut est atteint le capteur signale à l'API une valeur de 20mA qui est une consigne de fermeture de l'électrovanne ; par conséquent l'API ordonne la fermeture de cette électrovanne.

Quand le niveau bas est atteint, le capteur de pression signale la valeur de 4mA qui est une consigne d'ouverture de l'électrovanne ; par conséquent l'API ordonne l'ouverture de cette électrovanne.

- Pour régler les niveaux (NH, NB) des cuves, un programme effectué sous STEP7 avec un comparateur et une bascule SR y sont utilisés.

9-Description du procédé à automatiser (fonctionnement)

Nous avons quatre étapes dans le fonctionnement du pasteurisateur :



Figure'1.22' : les étapes de fonctionnement

- L'organigramme suivant illustre le cycle que doit parcourir la bouteille pendant tout le processus.

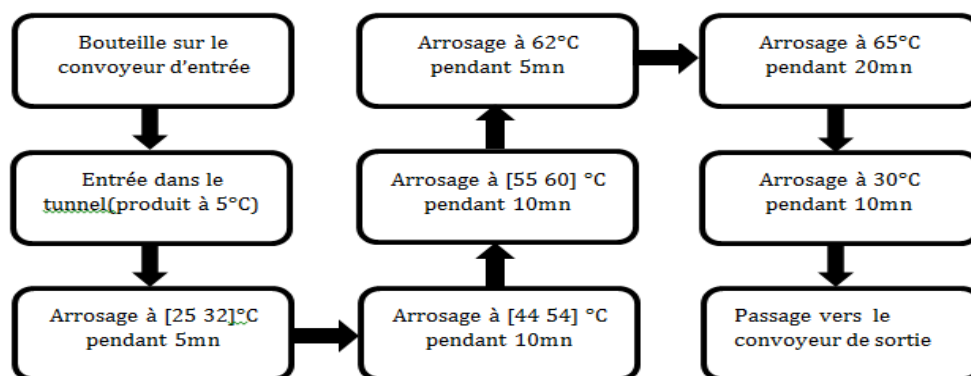


Figure '1.23' : organigramme du cycle de pasteurisation

NB : la bouteille prend une heure de temps pour sortir du tunnel de pasteurisation.

9.1- Préparation du pasteurisateur

La préparation de la machine est l'étape importante du processus ; pour cela il y'a lieu de respecter les consignes suivantes :

9.1.1-Mise à niveau des cuves

Pour pouvoir assurer la continuité du processus, il faut que les huit cuves soient tout le temps remplies. Alors il y'a lieu d'assurer une alimentation permanente en eau et cela comme suit :

- Ouvrir la vanne principale 'V9' du système de remplissage raccordé au réseau d'eau potable.
- Les niveaux bas (NB1, NB2, NB3, NB4, NB5, NB6, NB7, NB8) sont à l'état 1, ce qui enclenche l'ouverture des vannes (V1; V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8). Dès que les capteurs de pression indiquent les niveaux haut (NH1, NH2, NH3, NH4, NH5, NH6, NH7, NH8 : à l'état 1), ils engendrent la fermeture de ces vannes (respectivement).

Ainsi de suite, ce cycle se répète pendant tout le processus.

9.1.2-Régulation des températures

Après avoir effectué la mise à niveau des cuves, il va falloir mettre l'eau des circuits en températures recommandées des différentes zones pasteurisation. On procède de la façon suivante :

- Démarrer toutes les pompes d'envoi (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10).
 - Allumer l'échangeur générateur de vapeur et ouverture de la vanne modulante principale VM5.
 - Actionner VM1, VM2, VM3 et VM4 pour faire circuler la vapeur, respectivement dans les circuits des zones (2, 3, 4, 5). ST2, ST3, ST4 et ST5 mesurent les températures recommandées.
- Le PID règle le pourcentage d'ouverture de la vanne modulante correspondant à chaque consigne.

ST1 ➡ Zone 1, Zone 8: [26-32] °C

ST2 ➡ Zone 2, Zone 7 : [44-54] °C

ST3 ➡ Zone 3, Zone 6 : [55-60] °C

ST4 ➡ Zone 4 : 62°C

ST5 ➡ Zone 5 : 65°C

❖ Le Système de refroidissement

Ce système consiste à garder la température (en cas d'augmentation) de la zone n°1 tout le temps dans l'intervalle [25-32] °C L'opération s'effectue grâce à l'échangeur en serpentin dans le quel circule un liquide refroidisseur appelé « GLYCOL » contrôlé par une vanne modulante (VM6). Une sonde de température « PT6 » indique la température de l'eau, dès l'affichage de la température désirée, (VM6) se referme et la pompe démarre automatiquement.

- **Le Glycol** : Un composant chimique capable de refroidir de l'eau et encore jusqu'à devenir glacée. Le **Di éthylène Glycol** (DEG) présente une faible toxicité, il ne s'évapore pas à température ambiante de ce fait, il ne constitue pas un danger au cours des manipulations. [7]. Du point de vue économique, le DEG est trop chers donc pour cela, on le récupère par régénération.

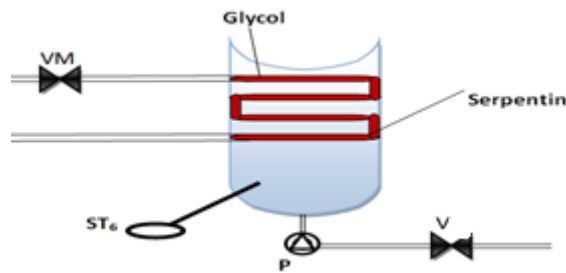


Figure '1.24' : schéma synoptique du système de refroidissement

Ainsi de suite, la procédure se répète pendant tout le processus de pasteurisation.

❖ LES UNITES DE PASTEURISATION (UP)

Conventionnellement, il est défini Unité de pasteurisation (U.P.) la destruction biologique provoquée par le maintien d'une température déterminée, fonction du produit, pendant un certain temps. Donc, correspond à un **chauffage d'une durée de « 1 minute » à une température de « 65°C »** pour notre produit [8].

$$1 \text{ UP} = 1 \text{ min de maintien à } 65^{\circ}\text{C}$$

En conservant un temps fixe de 1 minute, le nombre d'U.P. appliquées au produit augmente en fonction de la température. Par ailleurs, les valeurs obtenues seront fonction de l'indice **z** de thermo-résistance moyenne des micro-organismes présents.

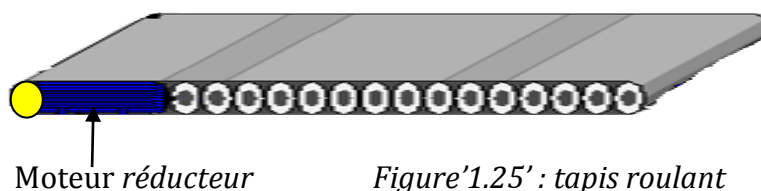
$$\text{Formule : } UP = t * 10^{(T - x)/z} \quad [8]$$

- t : la durée de la phase palier
- x : une constante spécifique au produit, égale à 65 pour la bière
- T : la température en °C en cours de la phase palier
- Z : un paramètre en fonction des bactéries à détruire, égal à 7 dans le cas de notre produit. [9]

$$Z = 7 \text{ alors } UP = 1.42 * t(T - x)$$

9.1°3- Mise en marche des tapis roulants

Les deux tapis (haut et bas) du tunnel de pasteurisation sont entraînés par deux moteurs réducteurs M_{RH} , M_{RB} . Ces derniers, démarrent chacun, avec un réducteur de fréquence de type « DANFOSS 2800 ».leur vitesse de rotation est très petite de sorte à respecter le temps nécessaire de pasteurisation du produit.

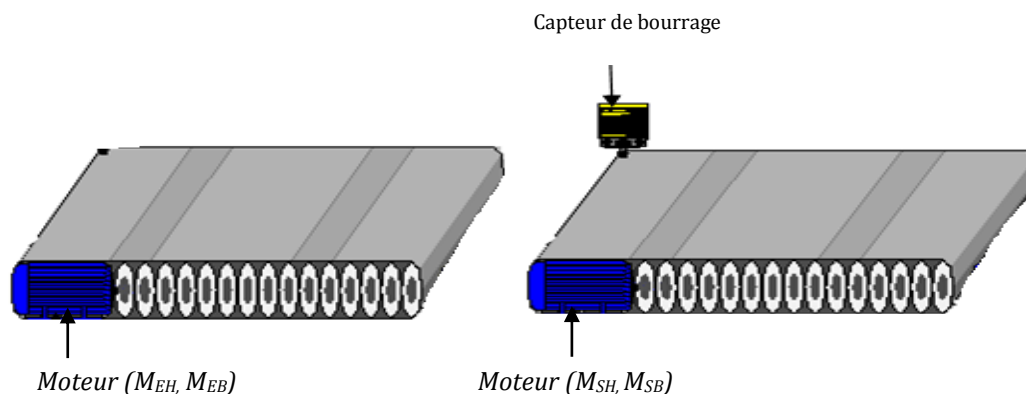


Figure'1.25' : tapis roulant

9.2-Mise en marche des convoyeurs E/S

La mise en marche des convoyeurs E/S (à deux étages haut et bas) revient à démarrer tous les moteurs : M_{EH} , M_{SH} , M_{EB} , M_{SB} . Le démarrage de ces moteurs est direct.

❖ Ces moteurs tournent en permanence ; sauf dans le cas où il y'a bouchage au niveau des convoyeurs de sortie ; alors les deux capteurs de bouchage ordonnent l'arrêt des moteurs d'entrée M_{EH} et (ou) M_{EB} .



Figure'1.26' : convoyeur d'entrée et de sortie

9.3-Pasteurisation du produit

Le produit mis dans des bouteilles ; pleines et fermées ; transportées par les convoyeurs d'entrée, entrent directement dans le tunnel de pasteurisation en passant par les quatre zones de pasteurisation.

Une fois à l'intérieur, l'arrosage de ces bouteilles se fait par le principe des **bains croisés**, le fonctionnement se déroule comme suit : [10]

- | | |
|--|----------------------|
| ✓ Zone 1 : Chauffage, arrosage avec les eaux de ruissellement de la zone 8 | } Chauffage |
| ✓ Zone 2 : Chauffage, arrosage avec les eaux de ruissellement de la zone 7 | |
| ✓ Zone 3 : Chauffage, arrosage avec les eaux de ruissellement de la zone 6 | |
| ✓ Zone 4 : Pré pasteurisation | } Pré pasteurisation |
| ✓ Zone 5 : Maintien en température | |
| ✓ Zone 6 : Refroidissement, arrosage avec les eaux de ruissellement de la zone 3 | } Refroidissement |
| ✓ Zone 7 : Refroidissement, arrosage avec les eaux de ruissellement de la zone 2 | |
| ✓ Zone 8 : Refroidissement, arrosage avec les eaux de ruissellement de la zone 1 | |

Les évolutions de la température du produit sont réalisées par des échanges thermiques avec de l'eau s'écoulant en film sur les bouteilles. Les bouteilles sont arrosées en permanence par **un réseau de rampes et des buses de pulvérisation**. La densité de l'eau pulvérisée est identique en tout point du pasteurisateur.

9.3.1-Préchauffage

Le produit entre avec une température de 5°C. Les eaux de ruissellement des zones (6, 7, 8) s'écoulent en film sur les bouteilles dans les trois zones (1, 2, 3). Ainsi, la température démarre de 5°C pour atteindre progressivement 52°C. La fonction de cette température est une droite : $T = a * t + b \dots (*)$. Cette opération de préchauffage dure en moyenne 10mn, alors la fonction (*) sera défini comme suit : $T = 3 * t + 7$

9.3.2-Pré-pasteurisation

L'eau s'écoulant toujours en film sur les bouteilles. Au niveau de la zone 4 le produit est maintenu à 53°C pendant peu de temps, puis évolution jusqu'à 62°C et cela avec un réglage de 0.1 UP/mn. Définit par la fonction : $(T = at + b) \dots (**)$

Cette opération de préchauffage dure en moyenne 10mn, alors la fonction (**) sera défini comme suit : $T = 1.1 * t + 53$

9.3.3-Pasteurisation

C'est l'étape la plus importante du processus pour éliminer le plus complètement possible les micro-organismes qui pourraient se développer ultérieurement et nuire à la bonne conservation du produit et à ses qualités organoleptiques. Dans la zone 5, le produit est maintenu à la température 65°C pendant 20mn. La fonction est donc : $T = 3.17 * t$

9.3.4-Refroidissement

C'est la dernière étape du procédé, ou le produit subit un refroidissement brusque pendant 10mn pour sortir ainsi avec la température 30°C. Cette opération s'effectue au niveau des trois dernières zones (6, 7, 8). Les bouteilles sont arrosées par les eaux de ruissellement des zones (1, 2, 3) respectivement.

9.4-Récupération de l'eau

En plus des eaux de ruissellement déjà récupérées dans les zones (1, 2, 3, 6, 7 et 8), une autre partie de l'eau utilisée au niveau du tunnel de pasteurisation est récupérée directement.

❖ Système de récupération

Le système de récupération est composé des éléments suivants :

- Une fausse où l'eau de ruissèlement est évacuée en premier lieu.
- Des vannes (V12 V13 V14 V15), deux capteurs de pression, deux pompes (P11, P12), un tank, tuyauterie.

L'eau de ruissèlement des différentes zones du tunnel est évacuée par voie de tuyauterie à la fausse et au réseau d'égouts. L'eau arrive dans les circuits et la vanne V13 reliée à la fausse s'ouvre jusqu'à ce que le niveau haut(NH) est atteint, alors la vanne se referme et la pompe d'envoi démarre pour remplir le tank ; une fois le NH du tank ou le NB de la fausse atteints,

P11 s'arrête. NH atteint dans le tank, P12 démarre pour envoyer l'eau dans les circuits AEP alimentant les cuves.

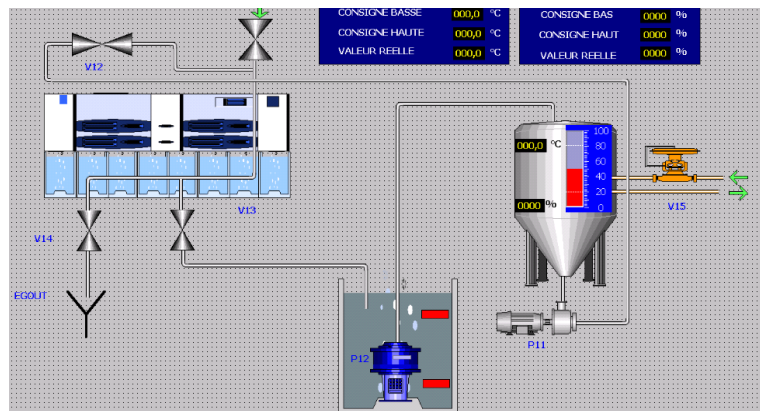


Figure – 1.27 – : Système de récupération

❖ Ainsi **trente mille bouteilles (30000 /h) pasteurisées par heure (15000** sur chacun des deux tapis haut et bas) sortent du tunnel de pasteurisation et sont transportées par les convoyeurs de sortie pour l'étiquetage et la date.

CONCLUSION :

Dans ce chapitre, nous avons présenté le procédé de pasteurisation de manière générale et son intérêt dans la sécurité du consommateur et l'augmentation de la durée de vie des produits conservés. Nous avons vu la procédure de préparation du pasteurisateur ; les insuffisances que présente le système actuel et comprendre son processus de fonctionnement.

Nous avons vu L'intérêt que présente la régulation pour maintenir à des niveaux prédéterminés les paramètres (température, vapeur et niveau d'eau) qui régissent le fonctionnement du processus, quelles que soient les perturbations qui peuvent subvenir.

Ainsi, nous avons proposé des solutions afin d'améliorer le mode de fonctionnement du pasteurisateur à automatiser et réduire au maximum les pertes et les coûts de maintenance.

Dans le chapitre suivant nous allons procéder à l'étude et la réalisation de l'armoire électrique du pasteurisateur.

CHAPITRE II

ETUDE ET

REALISATION

DE L'ARMOIRE DU

PASTEURISATEUR

1. INTRODUCTION

Toute entreprise industrielle demande toujours une protection permanente de toutes les machines des différentes installations et systèmes de productions d'une part ; et la sécurité de son personnel d'autre part. Pour cela, il faut bien une solution qui va assurer les deux tâches en même temps.

L'armoire électrique est la solution adéquate pour venir aux besoins de toute installation industrielle ou autre.

Pour la réalisation d'une armoire électrique, il faut d'abord faire une étude électrique et automatique basée sur le procédé demandé et les installations à gérer, afin d'établir des configurations optimisées, des éléments de l'armoire et un bon niveau de protection des installations et du personnel, ainsi qu'une fonctionnalité sans interruption.

Dans le premier chapitre nous avons donné les différents matériaux du pasteurisateur dans ce chapitre nous allons faire le dimensionnement des sections des conducteurs et des protections.

2. Les étapes de réalisation de L'armoire électrique du pasteurisateur :

Pour réaliser une armoire électrique, il faut suivre les étapes suivantes :

- Avoir la plaque signalétique du pasteurisateur.
- Le choix des organes de commande.
- Le choix de l'alimentation stabilisée (AC/DC).
- Le Choix du démarrage des moteurs et des pompes.
- Dimensionner les sections des conducteurs et des protections.
- Réalisation du schéma de câblage électrique de l'armoire.
- Le choix de l'armoire.
- Le câblage de l'armoire.

Programmation de l'automate programmable

3. Caractéristiques du pasteurisateur :

Pour une bonne conception d'un système automatisé il faudra recueillir le maximum d'information : voir (Tableau 2-1, Tableau 2-2) [11]

- Le type des signaux des capteurs
- Les puissances des moteurs et des pompes
- Le nombre d'entrées et sorties

Moteurs	Pn(kw)	In(A)	Id(A)	η	$\cos\phi$
M _{EH}	0.75	2	4.5	0.69	0.77
M _{EB}	0.75	2	4.5	0.69	0.77
M _{SH}	0.75	2	4.5	0.69	0.77
M _{SB}	0.75	2	4.5	0.69	0.77
M _{RH}	1.1	2.7	5.2	0.75	0.79
M _{RB}	1.1	2.7	5.2	0.75	0.79

Tableau 2-1

POMPES	Pn (kW)	In (A)	Id(A)	H	$\cos\phi$
Pompe 1	2.2	5.1	5.3	75	0.81
Pompe 2	2.2	5.1	5.3	75	0.81
Pompe 3	2.2	5.1	5.3	75	0.81
Pompe 4	2.2	5.1	5.3	75	0.81
Pompe 5	2.2	5.1	5.3	75	0.81
Pompe 6	2.2	5.1	5.3	75	0.81
Pompe 7	2.2	5.1	5.3	75	0.81
Pompe8	2.2	5.1	5.3	75	0.81
Pompe9	2.2	5.1	5.3	75	0.81
Pompe10	2.2	5.1	5.3	75	0.81

Tableau 2-2

La nature des signaux à gérer logique ou analogique et le nombre d'entrée sortie, qui vont déterminer les modules d'entrée/sortie de l'API a utilisé qui sont répartie comme suit :

- 36 entrées analogiques.
- 17 entrées logiques.
- 32 sorties logiques.

4. Choix des organes de commande :

C'est un ensemble de composants (contacteurs, API, pupitre ...) qui effectue le traitement d'information, il est destiné à coordonner la succession des actions sur la partie opérative et surveiller son bon fonctionnement. Ils permettent aussi de gérer le dialogue avec les intervenants ainsi que les autres systèmes.

Dans notre armoire nous aurons besoin de :

- Contacteurs pour la commande des pompes et moteurs.
- Un variateur de vitesse (DANFOSS 2800) pour gérer la vitesse de rotation de chacun des moteurs M_{RH} M_{RB}.
- Un automate programmable industriel (S7-300 et une CPU 315 2DI)
- Un commutateur à clef (pour le verrouillage des paramètres) et des voyants.
- Un pupitre opérateur de commande (Touche panel siemens).
- Des relais à fiches pour l'adaptation des tensions des bobines à 220v AC, et la protection des sorties de l'automate programmable industriel.
- Des boutons poussoirs, un sélecteur de mode.

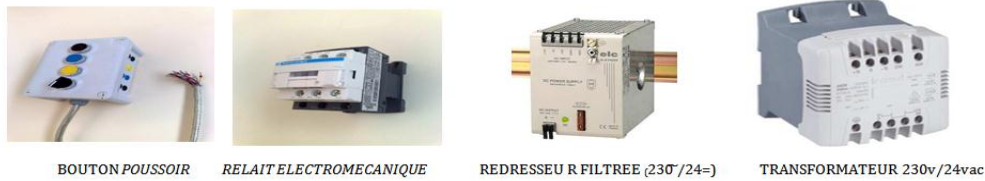


Figure – 2.1 – : Exemple d'organes de commande

5. Choix de l'alimentation stabilisée (AC/DC) :

L'alimentation stabilisée (24VDC) est utilisée pour l'alimentation des organes de commande et les différents capteurs, elle est choisie généralement à base de :

- La tension d'entrée (monophasée ou triphasée)
- La puissance délivrée à sa sortie
- Le courant et la tension continue de sortie

Pour notre armoire, le choix de l'alimentation stabilisée est basé sur la somme des consommations en courant, des éléments alimentés avec la tension 24VDC.

$$I_{total} = 4.4 \text{ A}$$

Donc : $I_{sources} = I_{total} * K_e$ avec : K_e : facteur d'extension

$$I_{sources} = 6 \text{ A}$$

De là nous avons choisi une alimentation stabilisée (380VAC /24VDC) qui délivre un courant de 10 A.

6. Choix du démarrage :

La mise sous tension d'un moteur asynchrone, celui-ci provoque un fort appel de courant qui peut provoquer des chutes de tension importantes dans une installation électrique, Pour ces raisons, il faut parfois choisir un type de démarrage adéquat pour amener le courant pendant le démarrage à une valeur acceptable et adapter au besoin de fonctionnement.

De nombreux mode de démarrages peuvent être appliqués aux moteurs asynchrones à savoir :

- Le démarrage direct
- Le démarrage étoile-triangle.
- Le démarrage progressif.
- Le démarrage par élimination des résistances statoriques.
- Le démarrage par variateur de fréquence.

Pour les moteurs de pasteurisateur on a opté pour deux types de démarrage

6-1 Le démarrage direct

C'est le mode de démarrage, qui a été choisi pour les avantages qu'il présente (simplicité de l'appareillage, démarrage rapide, coût faible), le démarrage direct convient dans les cas où la puissance du moteur est faible par rapport à la puissance du réseau (dimension du câble).

- La machine à entraîner ne nécessite pas de mise en rotation progressive et peut accepter une mise en rotation rapide.
- Le couple de démarrage doit être élevé.
- Dans notre pasteurisateur il sera appliqué aux moteurs $M_{EH}M_{EB}M_{SB}M_{SH}$ qui ont des puissances (0.75 kW), aux pompes de puissance (2.2kw) chacune.

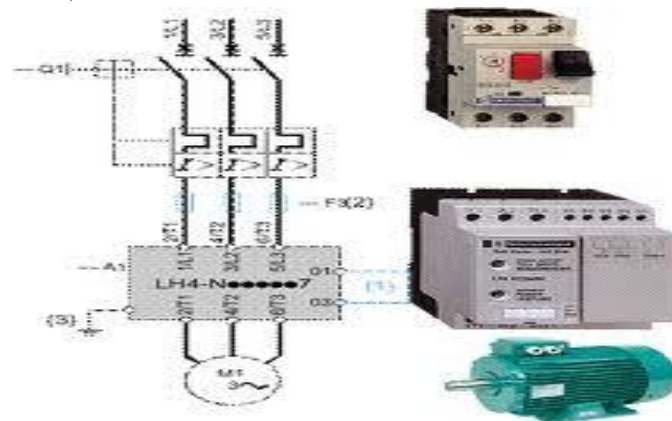


Figure : – 2.2 – : Démarrage direct d'un moteur

6-2 Le démarrage des moteurs à variateur de vitesse

C'est un mode de démarrage perforant utilisé dès qu'il est nécessaire de contrôler et de faire varier la vitesse du moteur il nous permet :

- Démarrer des charges de forte inertie.
- Démarrer des charges importantes sur un réseau de faible pouvoir de court-circuit.
- Optimiser la consommation d'énergie électrique en fonction de la vitesse.
- De contrôler un couple très grand

Pour notre pasteurisateur ce mode de démarrage s'est imposé lui-même, sur les deux moteurs qui font tourner les deux tapis du tunnel M_{RB} M_{RH} , il nous donne un bon contrôle sur la vitesse des tapis,

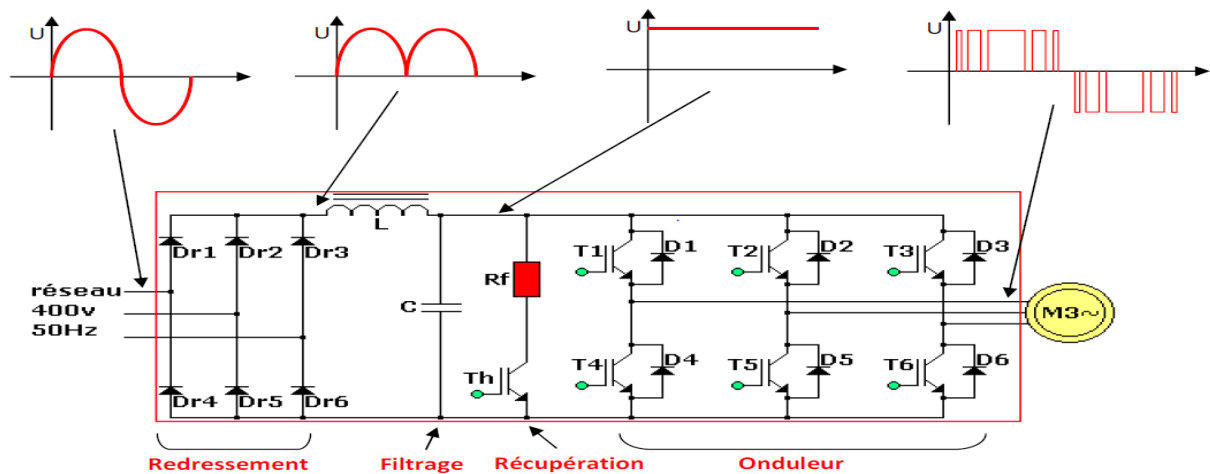


Figure – 2.3 – : schéma de Démarrage avec variateur de vitesse

7. Dimensionnement des sections des conducteurs et des protections

Dans la conception des armoires électrique, on doit dimensionner les sections des conducteur et les protections des installations qui sont à l'intérieure ou à l'extérieure de l'armoire électrique comme (les moteurs, l'alimentation stabilisée (AC/DC), les entrées, sorties de automates programmable, le circuit de commande Etc.).

Pour notre armoire on aura besoin de dimensionner les sections des canalisations et les dispositifs de protection afin de protéger nos circuits de puissance (pompes, moteurs), de commande et le personnel contre les courts circuits, les surcharges et les chute de tension.

Le choix de la section des canalisations et des dispositifs de protection doit satisfaire plusieurs conditions nécessaires à la sécurité de l'installation.

✚ La canalisation doit :

- transporter le courant maximal d'emploi et ses pointes transitoires normales
- éviter les chutes de tension supérieures aux valeurs admissibles.

✚ Le dispositif de protection doit :

- protéger la canalisation contre toutes les surintensités jusqu'au courant de court-circuit.
- assurer la protection des personnes contre les contacts indirects.

Pour déterminer la section des conducteurs du circuit de puissance il faut avoir :

- I_B : courant d'emploi du circuit (Courant qui va circuler dans les Conducteurs)

$$I_B = Pu * a * Kc * (Ks * Ku * Ke) [12]$$

I_b : le courant absorbé par un récepteur de 1kw de puissance en triphasé sous 400v et de $\cos\varphi = 1$.

K_C : Le facteur de conversion de la puissance

$$P = U * Ib * \sqrt{3} * \cos\varphi$$

$$Ib = P / U\sqrt{3} = K_C$$

(a) : Le facteur tenant compte du facteur de puissance et du rendement

$$a = 1 / \eta * \cos\varphi$$

K_S : coefficient de simultanéité suivant le nombre de consommateur de courant comme le montre le tableau 2.3 : [12]

Application	Nombre consommateur courant	Coefficient K_S
ECLAIRAGE Chauffage		1
DISTRUBUTION ATELIER	2.....3	0.8
DISTRUBUTION ATELIER	4.....5	0.7
DISTRIBUTION ATELIER	6.....9	0.6
DISTRUBUTION ATELIER	40 et plus	0.5

TABLEAU 2.3

K_u : facteur d'utilisation

K_u : estimé en moyenne 0.75 pour Moteur

$K_u = 1$ pour Eclairage et chauffage

K_e : facteur de prévisions d'extension

Dans les installations industrielles **$K_e = 1.2$** [13]

Pour un moteur d'une puissance nominal P_n (kw), rendement (η) et le facteur de puissance $\cos(\varphi)$ on aura à simplifier la formule de calcul du courant absorbé comme suit :

$$I_{abs} = P_n * a * 1,44 A$$

- **I_r** : courant assigné Nominal du Dispositif de protection (disjoncteur, fusible)
 I_r est le calibre à choisir à base **$I_r \geq I_B$**
- **I_z** : courant admissible Dans la Canalisation en fonction du Dispositif de protection (Choisir $I_z \geq I_r$)

$$I_z = k * I_r$$

K : coefficient qui dépend de calibre de fusible et disjoncteur

$K=1.31$ si $I_r < 10 A$

$K=1.21$ si $I_r > 10 A$

$K=1.10$ si $I_r > 25 A$

$K=1$ si la protection par disjoncteur **$I_z = I_r$**

- I_Z' : pour déterminer la section (S) des conducteurs

$$I_Z' = I_Z / K \quad \text{avec} \quad K = k_1 * K_2 * K_3$$

K_1 : facteur de correction lié au mode de pose

Des tableaux permettent de déterminer une lettre de sélection ou méthode de référence correspondant au type de conducteurs utilisés (mono ou multiconducteurs) et un coefficient d'influence K_1 on les choisit partir de Tableau 2.3 et 2.4 [14]

Câbles et conducteurs posés à l'air libre							
N° mode de pose	Exemple	Description	Méthode de référence	Facteur de correction	Référence des tableaux spécifiques des facteurs liés aux groupements		
					Circuits	Couches	Conduits
11		Câbles mono ou multiconducteurs, avec ou sans armature, fixés au mur	C	1	T1, D2	-	-
11A		Câbles mono ou multiconducteurs, avec ou sans armature, fixés à un plafond	C	0,95	T1, D3	-	-
12		Câbles mono ou multiconducteurs posés sur des chemins de câbles ou tablettes non perforées	C	1	T1, D2	T2	-
13		Câbles multiconducteurs sur des chemins de câbles ou tablettes perforées, en parcours horizontal ou vertical	E	1	T1, D4	T2	-
13A		Câbles monoconducteurs sur des chemins de câbles ou tablettes perforées, en parcours horizontal ou vertical	F	1	T1, D4	T2	-
14		Câbles multiconducteurs sur des corbeaux sur des chemins de câbles en treillis soudé	E	1	T1, D5	T2	-
14A		Câbles monoconducteurs sur des corbeaux sur des chemins de câbles en treillis soudé	F	1	T1, D5	T2	-

TABLEAU 2.4

K_2 : Facteur de correction lié au groupement de circuits

Ce facteur tient compte de l'influence thermique mutuelle des circuits placés côte à côte. Les câbles sont considérés comme jointifs si la distance les séparant n'excède pas 2 fois le diamètre du plus gros des câbles. Si les câbles sont disposés en plusieurs couches il faut appliquer à K_2 un facteur multiplicatif des deux tableaux suivant. En triphasé, le nombre de circuits à considérer est le nombre total de lignes triphasées placées dans la canalisation [15]

T2 - Facteurs de correction pour pose en plusieurs couches					
Nombre de couches	2	3	4 ou 5	6 à 8	9 et plus
Coefficient	0,80	0,73	0,70	0,68	0,66

Tableau 2.5

T1 - Facteurs de correction pour groupement de plusieurs circuits ou plusieurs câbles multiconducteurs												
Disposition de circuits ou de câbles jointifs ⁽¹⁾	Facteurs de correction											
	Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
D1 : Enfermés	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40
D2 : Simple couche sur les murs ou les planchers ou tablettes perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Pas de facteur de réduction supplémentaire pour plus de 9 câbles		
D3 : Simple couche au plafond	1,00	0,85	0,76	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,64			
D4 : Simple couche sur des tablettes horizontales perforées ou tablettes verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72			
D5 : Simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, treillis soudés, etc.	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78			

Tableau 2.6

K3 : Facteur de correction lié à la température ambiante

La température ambiante et la nature de l'isolant ont une influence directe sur le dimensionnement des conducteurs. La température à prendre en compte est celle de l'air autour des câbles (pose à l'air libre), et celle du sol pour les câbles enterrés le Tableau suivant. [14]

T8 - Facteurs de correction pour les températures ambiantes dans l'air différentes de 30 °C			
Température ambiante (°C)	Caoutchouc	Isolation	
		PVC	PR
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
25	1,15	1,12	1,08
30	1,07	1,06	1,04
35	0,93	0,94	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	-	0,61	0,76
60	-	0,50	0,71
65	-	-	0,65
70	-	-	0,58
75	-	-	0,50
80	-	-	0,41
85	-	-	-
90	-	-	-
95	-	-	-

TABLEAU 2.7**Pour le choix de section des conducteurs**

Quand tous les facteurs spécifiques de correction sont connus, on calcule le coefficient global K de correction égal au produit de tous les facteurs spécifiques.

On en déduit le courant fictif I_z' admissible par la

canalisation : $I_z' = I_z / K$ connaissance de I_z' permet alors de se reporter au(tableau II.8) de détermination des courants admissibles (ci-après) qui permet de déterminer la section nécessaire (en mm²). La lecture s'effectue dans la colonne qui correspond au type de conducteur et à la ligne de la méthode de référence. Pour trouver la section il suffit alors de choisir dans le tableau correspondant à la nature de l'âme la valeur de courant admissible immédiatement supérieure à la valeur I_z' . [14]

Extrait du tableau des courants admissibles

Méthode de référence	Isolant et nombre de conducteurs chargés							
B	PVC 3	PVC 2		PR 3		PR 2		
C		PVC 3	PVC 2	PR 3		PR 2		
D								
E			PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2
F				PVC 3		PVC 2	PR 3	PR 2
S (mm ²)								
Cuivre								
1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	25	26
2,5	21	24	25	27	30	31	33	36
4	28	32	34	36	40	42	45	49
6	36	41	43	46	51	54	58	63
10	50	57	60	63	70	75	80	86
16	68	76	80	85	94	100	107	115
25	89	96	101	112	119	127	136	149
35	110	119	126	138	147	158	169	185
50	134	144	152	163	173	183	207	225
70	171	184	196	213	229	246	268	289
95	207	223	238	256	278	298	328	352
120	239	259	276	299	322	346	382	410
150		299	319	344	371	396	441	473
185		341	364	392	424	450	506	542
240			430	461	500	538	599	

 $I_z \geq I'_z$

Le courant admissible I_z pour une section normalisée de conducteur doit être choisi pour une valeur immédiatement supérieure à la valeur théorique déterminée I'_z .

TABLEAU 2.8

8. Choix et dimensionnement des protections

Toutes les installations ou les machines électrique en des limites de fonctionnement, dépasser ces limites conduit plus ou moins à sa destruction, mais aussi celle des mécanismes qu'il anime, avec pour conséquence immédiate des arrêts et des pertes d'exploitation .le type de récepteur, qui transforme une énergie électrique en énergie mécanique, peut-être le siège d'incidents d'origine électrique ou mécanique comme

- Surtension chute de tension
- Court -circuit dont le courant peut atteindre des niveaux destructeurs pour le récepteur.

Le cout de ces incidents peut-être élevé, Il doit prendre en compte les pertes de production, les pertes de matières premières, la remise en Etat de l'outil de production, la non-qualité de la production, les retards de livraison et autres. Ces incidents peuvent avoir également des conséquences dramatiques sur la sécurité des personnes en contact direct ou indirect avec le moteur.

Dans notre armoire en va faire le maximum possible de protection des organes interne et externe de l'armoire ainsi que les personnes intervenant sur l'armoire à savoir

- La sécurité des personnes.
- La protection contre les courts circuits.
- La protection contre les surcharges

8.1 La sécurité des personnes

La Norme **NFC 15-100** s'applique à toutes les installations électriques, elle donne les règles de conception et réalisation des installations basse tension (230/400v) en vue d'assurer leur bon fonctionnement et la sécurité des biens des personnes.

C'est en fonction de cette norme que seront choisis les dispositifs destinés à répondre aux exigences principales (protection des biens, des personnes) elle est obligatoire pour les installations neuves ainsi que pour les rénovations lourdes.

Si le courant qui circule dans le corps humain dépasse quelque milli ampères il aura un risque de choc électrique

➤ Contact direct

La personne entre en contact avec un élément sous tension suite à une négligence ou au non-Respect des consignes de sécurité. Dans ces cas, le choc électrique est la conséquence d'une mal- adresse ou d'une négligence.

➤ Contact indirect

La personne est en contact avec un élément accidentellement mis sous tension par le fait d'un défaut interne provoquant une fuite de courant. Dans ce cas, la responsabilité de la personne n'est pas mise en jeu. Le choc électrique est la conséquence d'un défaut imprévisible et non d'une maladresse de la personne.



FIGURE 2.6 : contact direct

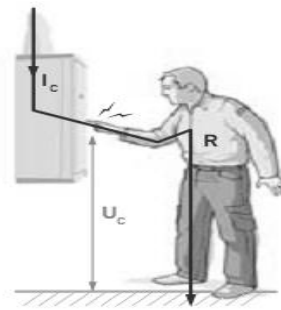


figure2.7 : contact indirect

Le principe de sécurité imposé pour protection par disjoncteurs différentiels doit être réglé selon la formule suivante : $I\Delta n = \frac{U_L}{R_m}$



FIGURE 2.7 DISJONCTEUR DIFFERENTIEL

Si une installation monophasée ou triphasée, présente un défaut d'isolement, par exemple un récepteur dont la masse est Relié à la terre, le courant qui entre dans le récepteur I est différent du courant qui sort « $I - I_f$ ». (I_f courant de fuite à la terre). Si, du fait de la résistance de contact, le défaut n'est pas franc, les systèmes de protection contre les surintensités, les Surtensions, les baisses de tension ne fonctionnent pas, il y a risque d'électrocution par contact indirect.

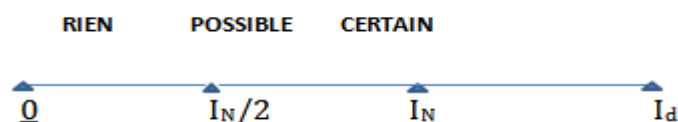
✚ Principe de fonctionnement

Le dispositif différentiel comporte un circuit magnétique en forme de tore sur lequel sont bobinés le ou les circuits des phases et du neutre. En l'absence de fuite ou de courant résiduel de défaut, les flux produits par les bobines s'annulent, il ne se passe rien. Si un défaut survient, le courant résiduel de défaut produit un déséquilibre des flux dans les bobines et un flux magnétique dans le tore apparaît. La bobine de mesure est le siège d'une force

électromotrice (f e m) qui alimente un petit électro-aimant provoquant le déverrouillage du disjoncteur.

Seuil de réglage

On appelle courant de seuil le courant de réglage du disjoncteur différentiel $I_{\Delta n}$. Il existe une incertitude sur le courant de déclenchement :



On peut, dans certains cas, avoir des courants de fuite qui ne correspondent pas à un défaut sur la partie protégée. Pour éviter un déclenchement intempestif du DDR, il faut que le courant de fuite “normal” soit inférieur à $I_{\Delta N} / 2$.

Tension de contact présumée	Temps de coupure MAX du dispositif de protection en (s)	
	Courant alternatif	courant continue
Locaux ou emplacement secs ou humide :UL ≤ 50 v		
<50	5	5
50	5	5
75	0,6	5
90	0,45	5
120	0,34	5
150	0,27	1
220	0,17	0,4
280	0,12	0,3
350	0,08	0,2
500	0,04	0,1
25	5	5
Locaux ou emplacement humide :UL ≤ 25 v		
50	0,48	5
75	0,3	2
90	0,25	0,8
110	0,18	0,5
150	0,1	0,25
220	0,05	0,06
280	0,02	0,02

TABLEAU 2.8 [15]

8.2 La protection contre les courts circuits

La fonction “protection contre les courts- circuits” a pour but de protéger le moteur et le câble reliant celui-ci au départ-moteur contre les très fortes surintensités. Vu les très grands courants rencontrés, le temps d'intervention de l'organe de protection doit être très court, de l'ordre de quelques millisecondes. Deux technologies existent: la protection par fusibles et la protection par disjoncteur. Les causes sont la plupart du temps accidentelles : inattention, câblage non testé, fausse manœuvre, elles peuvent aussi découler d'autres défauts non traités : surcharge isolement défectueux.

Le principe de la méthode estime que le courant maximum du court-circuit en tout point est exprimé par la formule suivante :

$$I_{cc \max} = \frac{m \cdot c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{Rt^2 + Xt^2}} \text{ (KA)}$$

$Rt = R1 + R2 + R3 + \dots (\text{m}\Omega)$ la somme des résistances situées en amont de ce point.

$Xt = X1 + X2 + \dots (\text{m}\Omega)$ la somme des réactances situées en amont de ce point.

- U : la tension du réseau utilisé.
- m : facteur de charge à vide qui égal à 1,05.
- C : facteur de tension qui égal à 1,05.

8.3 La protection contre les surcharges

Un circuit est en situation de surcharge quand l'intensité du courant qui y circule est 1,3 à 9 fois supérieure à la valeur nominale pour laquelle ce circuit a été prévu, pour protéger les moteurs contre les surcharges. On utilise Les relais thermique qui sont des éléments indispensables du départ moteur.

9. Types de protection :

9.1 Protection par fusible

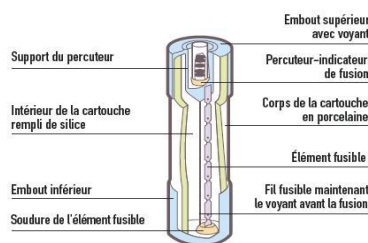
les fusibles doit fondre pour une valeur minimum du courant de court-circuit, c'est à dire pour un défaut franc situé en bout de ligne et dans un temps inférieur à 5 secondes comme montre la (figure2 .8, figure2 .9)

$$If \ 5s < I_{cc \ MIN}$$

le pouvoir de coupure (pdc) des fusibles doit être supérieur ou égal au courant de court-circuit triphasé (I_{cc}) susceptible de se produire juste en dessous d'eux.

$$PdC_{fusible} \geq I_{cc \ max}$$

Structure interne d'un fusible



Taille	Gamme du calibre	Type
8,5 x 31,5	1 - 16 A	gG
10 x 38	0,5 - 25 A	
14 x 51	2 - 50 A	
22 x 58	4 - 125 A	
8,5 x 31,5	1 - 10 A	aM
10 x 38	0,25 - 25 A	
14 x 51	2 - 50 A	
22 x 58	16 - 125 A	
00	25 - 160 A	A coupeau gG
0	63 - 200 A	
1	125 - 250 A	
2	200 - 400 A	
3	500 - 630 A	
4	630 - 1250 A	A coupeau aM
00	25 - 125 A	
0	63 - 160 A	
1	125 - 250 A	
2	200 - 400 A	
3	500 - 630 A	
4	630 - 1000 A	

Figure2.9

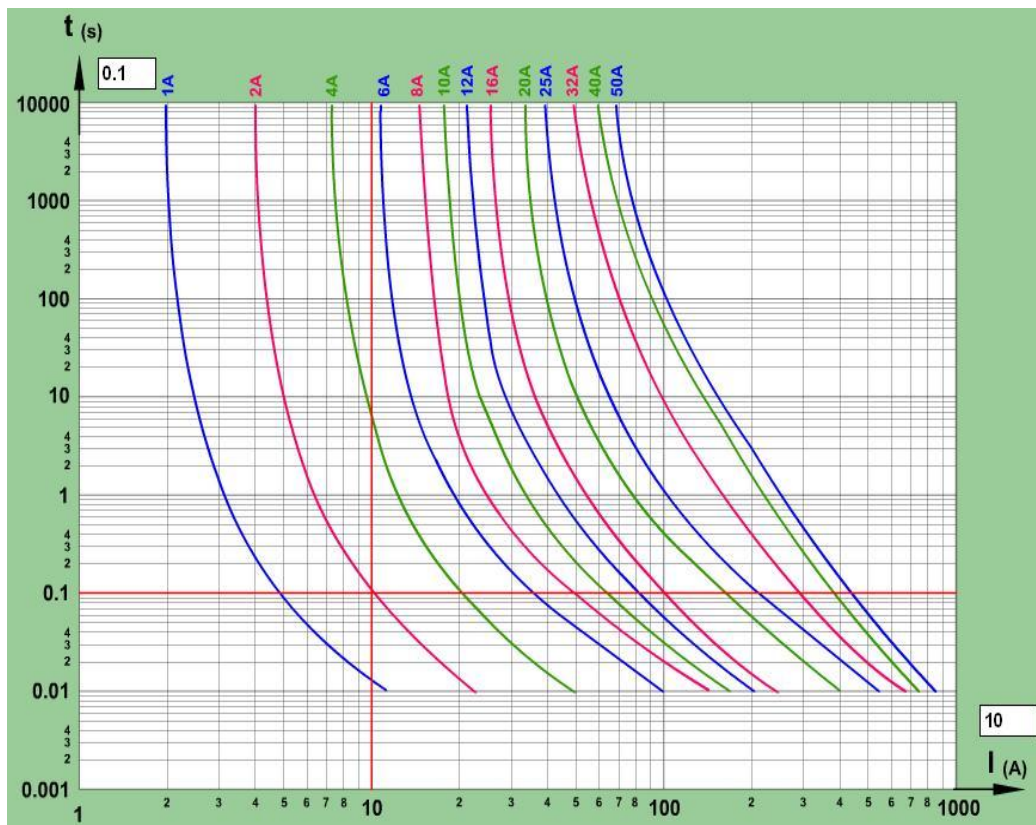


Figure 2.9 : Les Courbes de fusion des fusible

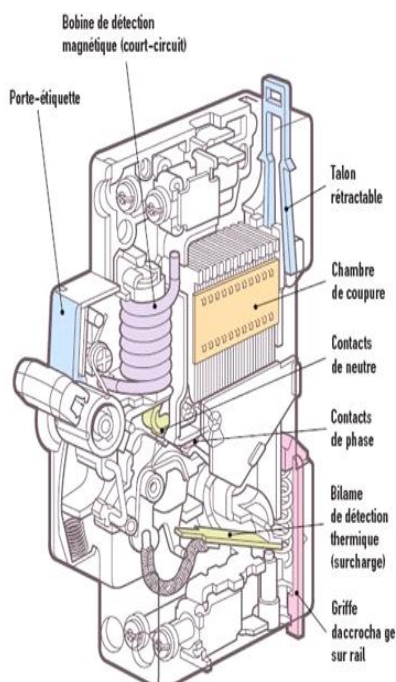
9.2 Protection par disjoncteur

En cas de court-circuit, un bobinage détecte le champ électromagnétique généré par le courant traversant le disjoncteur, lorsque qu'il détecte une pointe de courant supérieur à la consigne, l'interruption est "instantanée" (figure 2.10).

Le disjoncteur doit déclencher pour une valeur minimum du courant de court-circuit, c'est à dire pour un défaut franc situé en bout de ligne $(I_{mag} < I_{cc\ MIN})$.

Le pouvoir de coupure (pdc) d'un disjoncteur doit être supérieur ou égal au courant de court-circuit triphasé (icc) susceptible de se produire juste en dessous de lui

$$(PdC_{disjoncteur} \geq I_{ccmax})[15]$$



Marquage d'un disjoncteur

Exemple d'un disjoncteur Uni + N (1 Ph + N)

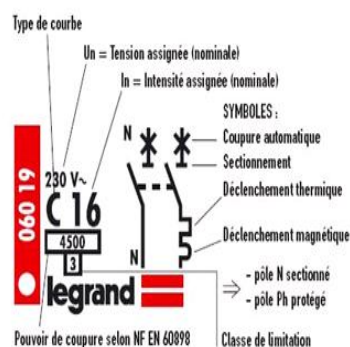


Figure (10) Le disjoncteur protège contre deux défauts : les surcharges et les courts-circuits.

9.3 Protection par relais thermique :

Les relais thermiques doivent laisser passer la surcharge temporaire due à la pointe de courant au démarrage. Ainsi, la norme IEC 947-4-1 définit différentes classes de déclenchement suivant la durée du démarrage (moins de 10, 20 ou 30 secondes)

Classes de déclenchement	Plages du temps de déclenchement (Tp) en fonction du courant de surcharge du moteur			
	1,05 In	1,2 In	1,5 In	7,2 In
10A	Tp > 2 h	Tp < 2 h	Tp < 2 min	2 s < Tp ≤ 10 s
10	Tp > 2 h	Tp < 2 h	Tp < 4 min	4 s < Tp ≤ 10 s
20	Tp > 2 h	Tp < 2 h	Tp < 8 min	6 s < Tp ≤ 20 s
30	Tp > 2 h	Tp < 2 h	Tp < 12 min	9 s < Tp ≤ 30 s

Tableau2.10 [16]



Figure (2.11) RELAIS THERMIQUE

Pour notre armoire le tableau suivant résume le calcul des sections de nos conducteurs et la protection utilisée.

	DIX Pompe	MOTEURS M _{EH} M _{EB} M _{SH} M _{SB}	MOTEURS M _{RH} M _{RB}	Ventilateur	Alimentation API et Ses modules
P_n (kw)	2.2	0.75	1.1	0.017	✓
a	1.64	1.88	1.68	✓	✓
I abs (A)	5.19	2.02	2.66	0.12	
I_B (A)	15.8	0.62	0.83	0.12	✓
I_r (A)	4.4	1.5	2.2	0.12	✓
Type de Protection	Disjoncteur	Disjoncteur	Disjoncteur	Disjoncteur	Fusible
I_z (A)	5.76	1.96	2.82	0.12	✓
I_{th}	6.12	2.4	3.24	0.174	✓
K1	0.9	0.9	0.9	0.9	✓
K2	0.65	0.65	0.65	0.65	✓
K3	0.87	0.87	0.82	0.82	✓
K	0.5	0.5	0.48	0.48	✓
I_z' (A)	11.52	3.92	5.87	0.363	✓
S_{min}(mm²)	1.5	1.5	1.5	0.75	0.75

Tableau2. 11

✚ Détermination des Résistances et des réactances d'une installation et calcul des court-circuits :

Le tableau suivant énumère les formules utilisées par cette méthode dans la détermination des Résistances et réactances des parties d'une installation électrique de manière générale.

Parties de l'installation	Résistance en (mΩ)	Réactance (mΩ)
Réseau amont	$R = 0,1 * Q$	$X = 0,995 * Z_Q$ Avec : $Z_Q = \frac{(m * U_n)^2}{S K_Q}$ Z_Q : puissance du court-circuit dans un réseau HT en kvA
Transformateur	$R = \frac{W_c * U^2}{S^2} * 10^{-3}$ avec : Wc : perte cuivre en (w) S : puissance du transformateur en KvA	$X = Z_2^2 - R_2^2$ $Z_2 = \frac{U_{cc}}{100} * \frac{U^2}{S}$ avec Ucc : tension du court-circuit du transformateur en (%)
Liaisons		
Câble	$R = \rho \frac{L}{S}$	$X = 0,09 * L$ câble uni jointifs $X = 0,13 * L$ câble uni espacés
Jeux de barre ou répartiteur	$R = \rho \frac{L}{S}$	$X = 0,15 * L$
Disjoncteurs		
Rapide ou Sélectif	R négligeable	X négligeable

Tableau 2. 12 [16]

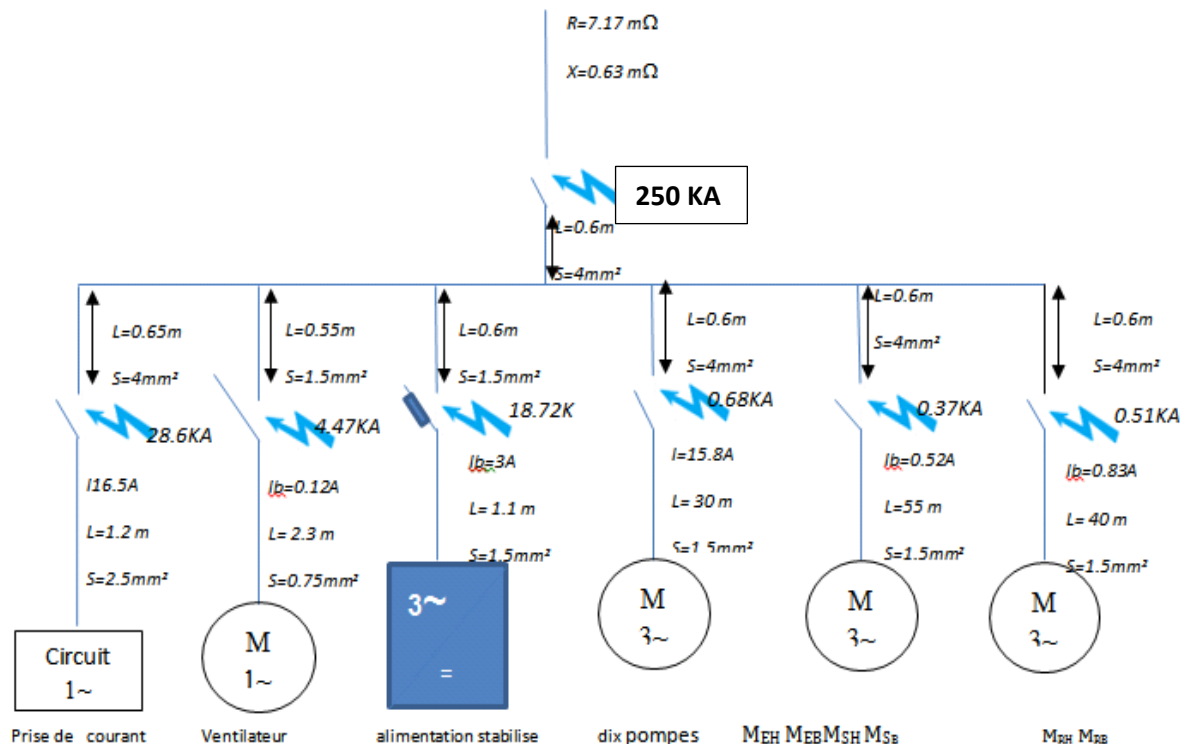


Figure (2-12) : Emplacement des disjoncteurs et les courants de courts circuits

10. Réalisation du schéma câblage électrique de l'armoire

Lorsque l'étude et le dimensionnement des conducteurs, protections ou d'autres éléments qui peuvent faire partie de l'armoire soient réalisés, nous devons faire un schéma de câblage électrique de l'armoire. **Voire annexe**

11. Le choix de l'armoire :

11.1 Le choix du coffret :

On commence par l'analyse complète du schéma électrique afin de déterminer le nombre exact d'appareils électrique à installer dans l'armoire et leur encombrement afin de procéder à une bonne disposition de ces derniers et l'évaluation des espaces entre les différents blocs de l'armoire pour choisir un coffret de (H x L x P) = (2000x1200x600) mm.



Figure (2.13) LE COFFRET

11.2 L'installation :

- Les goulottes pour le passage des fils, des rails
- Les racks pour la fixation des appareils et la mise en place de ces derniers,
- Le choix de la ventilation si l'armoire nécessite un refroidissement

$D = 3,1 \left(\frac{P}{\Delta t} - K * S \right)$ comme le montre la figure (2.14)



Figure (2.14)[17]

11.3 Le câblage

Une fois tous les appareils mis en place, il faut procéder au câblage des composants de l'armoire en faisant attention au respect des règles de câblage (couleur, sections, repérage des fils....).comme dans (figure 2.15)



FIGURE 2. 15 ARMOIRE DU PASTEURISATEUR[17]

Une fois le câblage terminé, il faut procéder à la finition de l'armoire, c'est à dire à la pose des tresses de masse, à la pose des couvercles de goulotte, de la signalisation par colonne lumineuse et par voyant sur l'armoire, de la ventilation pour le refroidissement de la partie puissance Très souvent, suivant l'installation à réaliser, on doit procéder à la mise en place de pupitre opérateur pour la commande d'installation à distance. Ces pupitres peuvent varier en taille suivant le matériel à y installer (bloc AS-i, bornes, relais, écran de contrôle, boutons de commande, voyants...

12. CONCLUSION

Les informations recueillies à l'entreprise EASM industriel nous ont permis d'énumérer dans ce chapitre, les différentes étapes à suivre pour la conception de l'armoire électrique du pasteurisateur.

Nous avons appris la manière de choisir les bons composants qu'il faut pour une bonne protection contre les courts-circuits, les surcharges et choisir une bonne canalisation pour minimiser les pertes et une bonne maîtrise des risques.

L'étude et la réalisation de l'armoire nous a permis de se familiariser avec les différents composants électriques ; de protection ou de commande ; aussi l'intérêt que porte la bonne présentation et l'esthétique dans l'environnement industriel.

Dans le chapitre suivant, nous allons modéliser le pasteurisateur avec l'outil « GRAFCET », présenter l'API S7 300 et son langage de programmation STEP 7.

CHAPITRE III

MODÉLISATION ET

DEVELOPPEMENT

D'UNE SOLUTION

PROGRAMMABLE

1. Introduction

L'avènement des technologies nouvelles a permis d'envisager des systèmes industriels automatisés de plus en plus complexes, et qui devrait être traités par les différentes méthodes (chronogramme, matricielle, diagramme de phase...). A ce stade, nous avons plusieurs outils de description pour la modélisation du comportement des systèmes automatisés de production (SAP) qui nécessitent une représentation formelle. Parmi ces outils, nous avons opté pour l'outil **GRAFCET**.

Pour gérer notre pasteurisateur nous avons utilisé un **API S7300** et son langage de programmation STEP 7 qui lui est compatible.

2. Généralités sur le GRAFCET

2.1. Définition et symbolisation d'un GRAFCET

Le Grafcet (Graphe de Commande Etapes Transitions) est un diagramme fonctionnel qui décrit graphiquement, suivant un cahier des charges, les différents comportements de l'évolution d'un automate. Il permet de construire des modèles ayant une structure graphique à laquelle on associe une interprétation.[18]

Il correspond à une succession alternée d'étapes et de transitions. Chaque étape est associée au comportement ou à l'action à obtenir et chaque transition est associée aux informations permettant le franchissement sous forme d'une condition logique appelée **réceptivité**. (Voir figure 3-1)

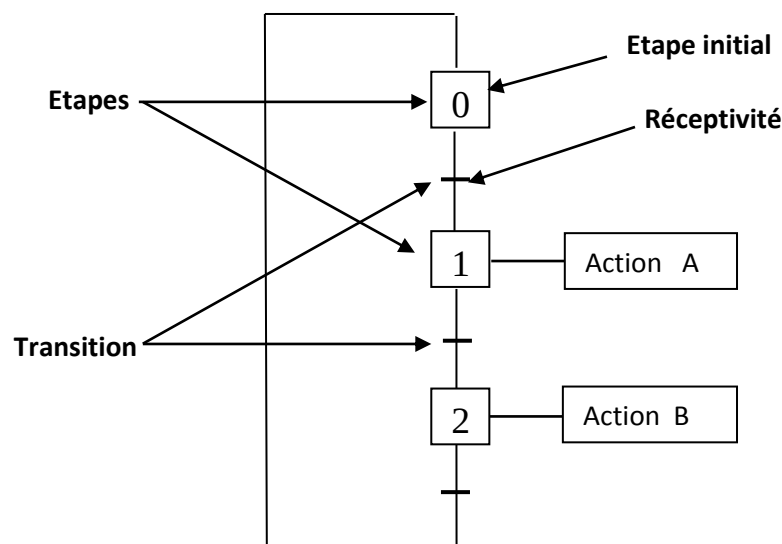


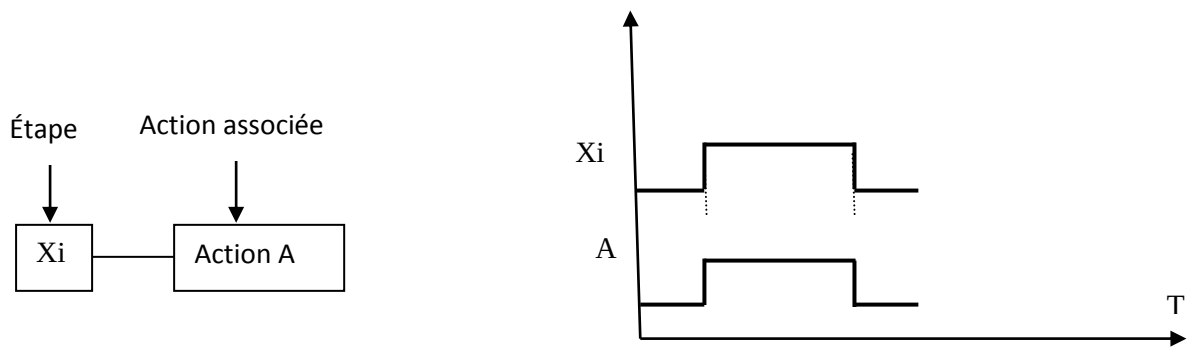
Figure 3-1 : Symbolisation d'un GREFCET

2.2. Les actions associées :

Les actions associées à une étape se poursuivent tant que l'étape à laquelle elles sont associées est active, sauf s'il y a des conditions logiques d'informations ou de temporisation.

- **Action continue :**

L'exécution de l'action se poursuit tant que l'étape à laquelle elle est associée est active et l'inverse est juste voir figure (3-2).



• **Figure (3.2) action continue.**

- **Action conditionnelle:**

Une action conditionnelle n'est exécutée que si l'étape associée est active et que la condition associée est vraie voir figure (3.3)

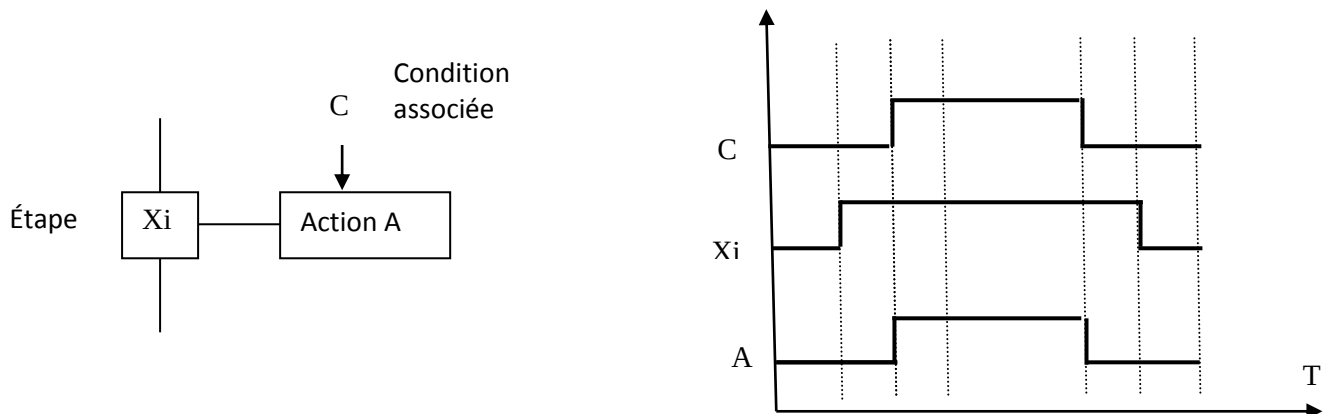


Figure 3.3 : Action conditionnelle

- **Action d'étape simultanément active :**

Lorsque l'étape X_i est active, elle déclenche en même temps les actions A et B

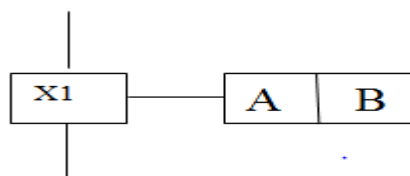


figure- 3.4 : Action simultanée

- **Actions répétées :**

On le dit lorsqu'une même action (A) est associée à plusieurs étapes actives (figure 3-5).

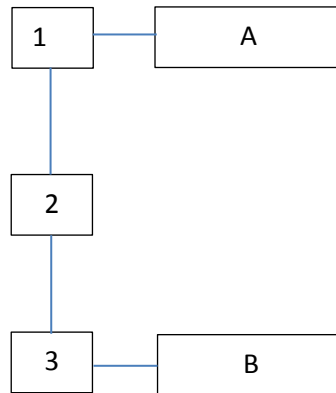


Figure 3.5 : Action répétée

2.3 Règles d'évolution du GRAFCET

Le GRAFCET permet de déterminer les évolutions dynamiques de n'importe quel système logique. Il est normalisé, et son fonctionnement est régit par cinq règles d'évolution. Si une des règles n'est pas respectée, le graphe n'est pas un GRAFCET. [18]

- **Règle 1 : Situation initiale**

La situation initiale d'un GRAFCET caractérise le comportement initial de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative. Elle correspond aux étapes actives au début du fonctionnement.

La représentation ci-dessous indique que l'étape est initialement activée (à la mise sous tension de la partie commande).



- **Règle 2 : Franchissement d'une transition**

Une transition est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition sont actives. Le franchissement d'une transition se produit :

- Lorsque la transition est validée.
- Et que la réceptivité associée à cette transition est vraie.

- **Règle 3 : Évolution des étapes actives**

Le franchissement d'une transition entraîne simultanément l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes voir figure -3.6-.

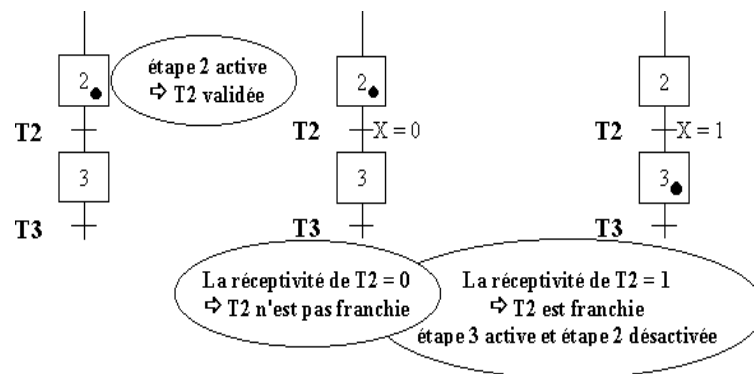


Figure3-6

- **Règle 4 : Évolutions simultanées**

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

- **Règle 5 : Activation et désactivation simultanée d'une même étape**

Si au cours d'une évolution, une même étape doit être activée et désactivée simultanément elle reste active pour éviter les commandes transitoires non désirées.

2.4 Structure d'un GRAFCET :

2.4.1 Séquence unique :

Les étapes se succèdent à la suite les uns les autres. Enfin de cycle on revient à la première étape, on dit qu'il y a une seule séquence.

2.4.2 Saut d'étape :

Le saut permet de sauter une ou plusieurs étapes lorsque les actions associées à ces étapes deviennent inutiles. (Voir figure 3-7)

2.4.3 Reprise d'étape :

Permet de recommencer plusieurs fois la même séquence tant que la condition fixée n'est pas obtenue (voir figure 3-8)

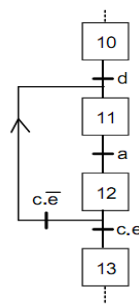


Figure 3.8

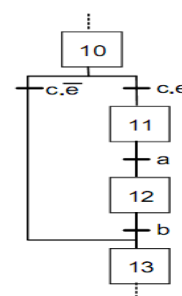


Figure 3.7

2.4.4. Programmation en diagramme d'échelle (Ladder) :

Il faut établir les équations logiques pour chaque étape et action du GRAFCET pour qu'on puisse programmer en diagramme d'échelle. On utilise la notation proposée par la norme NFC03-190 pour les conditions d'activation (CA) et les conditions de désactivations (CD), sachant que :

$X_n = 1$ Si l'étape n est active.

$X_n = 0$ Si l'étape n est inactif.

En introduisant les modes de marche (Init), arrêt d'urgence dur (AUDur) et arrêt d'urgence doux (AUDoux).

➤ **Pour les étapes initiales :**

$$X_n = (CAX_n + X_n * \overline{CDX_n} + \text{Init}) * \overline{AUD}$$

$$\text{Avec: } CAX_n = (X_{n-1} * t_{n-1}) * \overline{AUD}$$

$$CDX_n = \overline{X_{n+1}} * \text{Init} + \text{AUD}$$

Avec : CAX_n est la condition d'activation de l'étape n, et CDX_n est la condition de désactivation de l'étape n.

➤ **Pour les étapes non initiales :**

$$X_n = (CAX_n + X_n * \overline{CDX_n}) * \overline{\text{Init}} * \overline{AUD}$$

$$\text{Avec: } CAX_n = (X_{n-1} * t_{n-1} + \overline{\text{Init}}) * \overline{AUD}$$

$$CDX_n = X_{n+1} * \text{Init} + \text{AUD}$$

➤ **Pour les actions :**

$$A = X_n * \overline{AUD}$$

2.4.5. Niveau d'un GRAFCET

Niveau 1 : Spécifications fonctionnelles :

Ce niveau décrit le comportement de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative.

Cette description est établie par des spécifications fonctionnelles permettant de comprendre ce que l'automatisme doit faire, face aux différentes situations pouvant se présenter.

Niveau 2 : Spécifications technologiques :

Pour décrire précisément comment l'automatisme devra physiquement s'insérer dans l'ensemble qu'il constitue avec son environnement, des spécifications technologiques ont été apportées en complément des spécifications fonctionnelles. Cela permettra un automatisme pilotant réellement la partie opérative.

3. Légende du GRAFCET

Les vannes

V₁ : vanne 1

V₂ : vanne 2

V₃ : vanne 3

V₄ : vanne 4

V₅ : vanne 5

V₆ : vanne 6

V₇ : vanne 7

V₈ : vanne 8

V₉ : vanne 9

Les moteurs

M_{EBM} : moteur d'entrée bat marche

M_{SBM} : moteur de sortie bat marche

M_{EHM} : moteur d'entrée haut marche

M_{SHM} : moteur de sortie haut marche

M_{RBM} : moteur réducteur bat marche

M_{RHM} : moteur de réducteur haut marche

RC₁ : remplissage de la cuve 1

RC₂ : remplissage de la cuve 2

RC₃ : remplissage de la cuve 3

RC₄ : remplissage de la cuve 4

RC₅ : remplissage de la cuve 5

RC₆ : remplissage de la cuve 6

RC₇ : remplissage de la cuve 7

RC₈ : remplissage de la cuve 8

D₁ : démarrage pompe 1 et pompe 10

D₂ : démarrage pompe 2 pompes 9

D₃ : démarrage pompe 3 pompe 4 et pompe 8

D₄ : démarrage pompe 5 et pompe 6

D₅ : démarrage de la pompe 7

M_1 : marche pompe 1 et pompe 10
 M_2 : marche pompe 2 et pompe 9
 M_3 : marche pompe 3 et pompe 4 et pompe 8
 M_4 : marche pompe 5 et pompe 6
 M_5 : marche la pompe 7
 $M_{es} T_1$: mesure la température de la zone 1
 $M_{es} T_2$: mesure la température de la zone 2
 $M_{es} T_3$: mesure la température de la zone 3
 $M_{es} T_4$: mesure la température de la zone 4
 $M_{es} T_5$: mesure la température de la zone 5
AC VM6 : actionner la vanne VM6
AC VM4 : actionner la vanne VM4
AC VM3 : actionner la vanne VM3
AC VM2 : actionner la vanne VM2
AC VM1 : actionner la vanne VM1
 $\overline{AC VM4}$: desactionner la vanne VM4
 $\overline{AC VM3}$: desactionner la vanne VM3
 $\overline{AC VM2}$: desactionner la vanne VM2
 $\overline{AC VM1}$: desactionner la vanne VM1
VM1AC : la vanne VM1 actionnée
VM2AC : la vanne VM4 actionnée
VM3AC : la vanne VM4 actionnée
VM4AC : la vanne VM4 actionnée
VM6AC : la vanne VM6 actionnée
 $\overline{VM1AC}$: la vanne VM1 desactionnée
 $\overline{VM2AC}$: la vanne VM4 desactionnée
 $\overline{VM3AC}$: la vanne VM4 desactionnée
 $\overline{VM4AC}$: la vanne VM4 desactionnée
 RCT_1 : remplissage la cuve 1 à T_1
 T_1A : T_1 atteinte
 T_2A : T_2 atteinte

T_3A	: T_3 atteinte
T_4A	: T_4 atteinte
RT_2	: régulation de la température de la zone 2
RT_3	: régulation de la température de la zone 3
RT_4	: régulation de la température de la zone 4
ArT_1	: arrosage a T_1
ArT_2	: arrosage a T_2
ArT_3	: arrosage a T_3
ArT_4	: arrosage a T_4
ArT_5	: arrosage a T_5
B_1	: présence de bourrage dans le convoyeur haut
B_2	: présence de bourrage dans le convoyeur bat
$\overline{B_1}$	: absence de bourrage dans le convoyeur haut
$\overline{B_2}$	: absence de présence de bourrage dans le convoyeur bat
NH_1	: niveau haut de la cuve 1
NH_2	: niveau haut de la cuve 2
NH_3	: niveau haut de la cuve 3
NH_4	: niveau haut de la cuve 4
NH_5	: niveau haut de la cuve 5
NH_6	: niveau haut de la cuve 6
NH_7	: niveau haut de la cuve 7
NH_8	: niveau haut de la cuve 8
BMAU: Bouton marche automatique	
OV	: ouvert
S_1	: sécurité

4. Le GRAFCET du pasteurisateur :

Dans le but de faciliter la programmation et la compréhension de la succession des étapes du processus de la pasteurisation, on a établi un grafcet de niveau un et deux repartie comme suit :

Les vannes

V₁ : vanne 1

V₂ : vanne 2

V₃ : vanne 3

V₄ : vanne 4

V₅ : vanne 5

V₆ : vanne 6

V₇ : vanne 7

V₈ : vanne 8

V₉ : vanne 9

Les moteurs

M_{EB}M : moteur d'entrée bat marche

M_{SB}M : moteur de sortie bat marche

M_{EH}M : moteur d'entrée haut marche

M_{SH}M : moteur de sortie haut marche

M_{RB}M : moteur réducteur bat marche

M_{RH}M : moteur de réducteur haut marche

RC₁ : remplissage de la cuve 1

RC₂ : remplissage de la cuve 2

RC₃ : remplissage de la cuve 3

RC₄ : remplissage de la cuve 4

RC₅ : remplissage de la cuve 5

RC₆ : remplissage de la cuve 6

RC₇ : remplissage de la cuve 7

RC₈ : remplissage de la cuve 8

D₁ : démarrage pompe 1 et pompe 10
D₂ : démarrage pompe 2 pompes 9
D₃ : démarrage pompe 3 pompe 4 et pompe 8
D₄ : démarrage pompe 5 et pompe 6
D₅ : démarrage de la pompe 7

M₁ : marche pompe 1 et pompe 10
M₂ : marche pompe 2 pompes 9
M₃ : marche pompe 3 pompe 4 et pompe 8
M₄ : marche pompe 5 et pompe 6
M₅ : marche la pompe 7

M_{es} T₁ : mesure la température de la zone 1
M_{es} T₂ : mesure la température de la zone 2
M_{es} T₃ : mesure la température de la zone 3
M_{es} T₄ : mesure la température de la zone 4
M_{es} T₅ : mesure la température de la zone 5

AC VM6 : actionner la vanne VM6

AC VM4 : actionner la vanne VM4

AC VM3 : actionner la vanne VM3

AC VM2 : actionner la vanne VM2

AC VM1 : actionner la vanne VM1

AC VM4 : desactionner la vanne VM4

AC VM3 : desactionner la vanne VM3

AC VM2 : desactionner la vanne VM2

AC VM1 : desactionner la vanne VM1

VM1AC : la vanne VM1 actionnée

VM2AC : la vanne VM4 actionnée

VM3AC : la vanne VM4 actionnée

VM4AC : la vanne VM4 actionnée

VM6AC : la vanne VM6 actionnée

VM1AC : la vanne VM1 desactionnée

VM2AC : la vanne VM4 desactionnée

VM3AC : la vanne VM4 desactionnée

VM4AC : la vanne VM4 desactionnée

RCT₁ : remplissage la cuve 1 à T₁

T₁A : T₁ atteinte

T₂A : T₂ atteinte

T₃A : T₃ atteinte

T₄A : T₄ atteinte

RT₂ : régulation de la température de la zone 2

RT₃ : régulation de la température de la zone 3

RT₄ : régulation de la température de la zone 4

ArT₁ : arrosage a T₁

ArT₂ : arrosage a T₂

ArT₃ : arrosage a T₃

ArT₄ : arrosage a T₄

ArT₅ : arrosage a T₅

B₁ : présence de bourrage dans le convoyeur haut

B₂ : présence de bourrage dans le convoyeur bat

B₁ : absence de bourrage dans le convoyeur haut

$\overline{B_2}$: absence de présence de bourrage dans le convoyeur bat

NH₁ : niveau haut de la cuve 1

NH₂ : niveau haut de la cuve 2

NH₃ : niveau haut de la cuve 3

NH₄ : niveau haut de la cuve 4

NH₅ : niveau haut de la cuve 5

NH₆ : niveau haut de la cuve 6

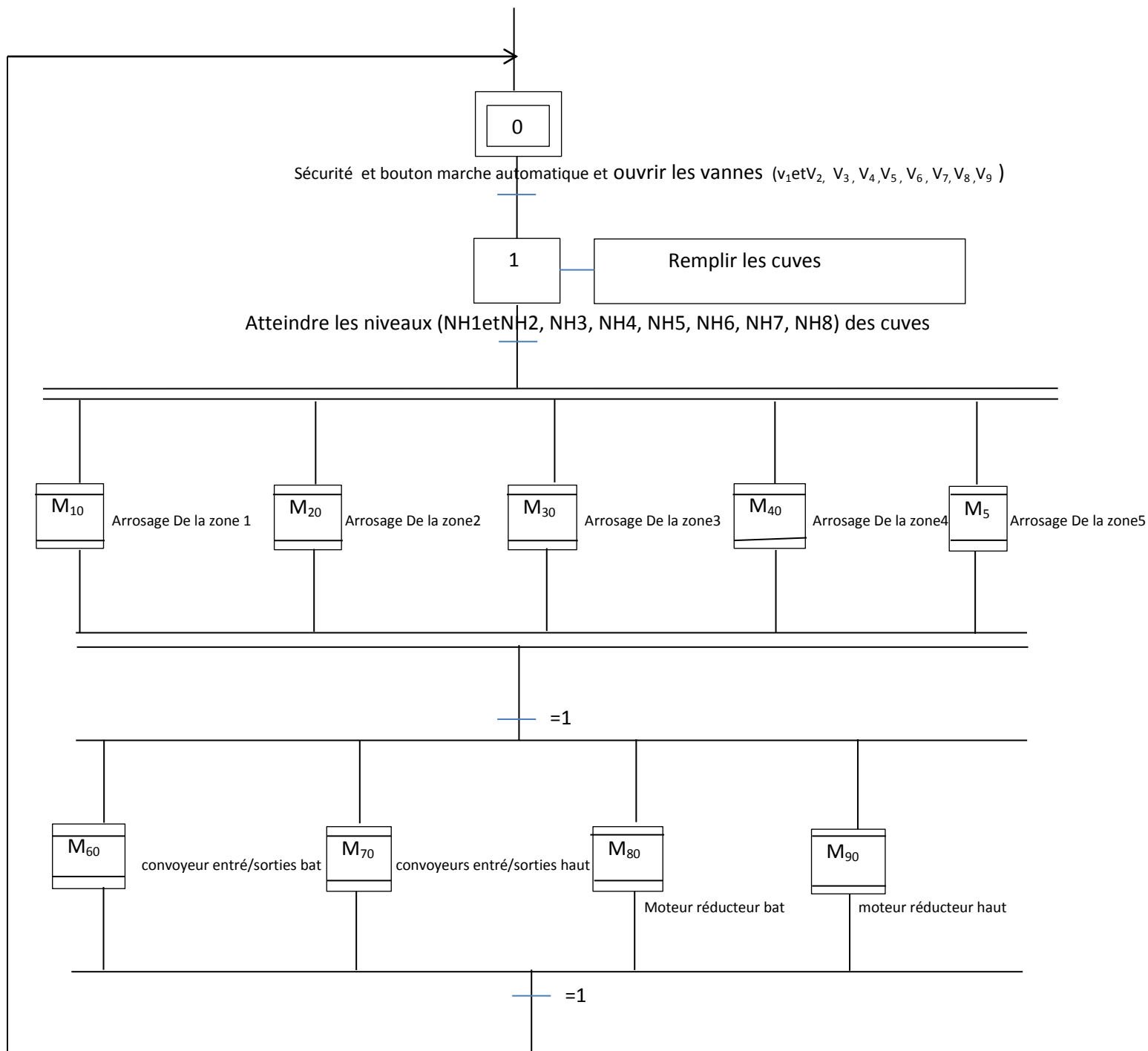
NH₇ : niveau haut de la cuve 7

NH₈ : niveau haut de la cuve 8

BMAU: Bouton marche automatique

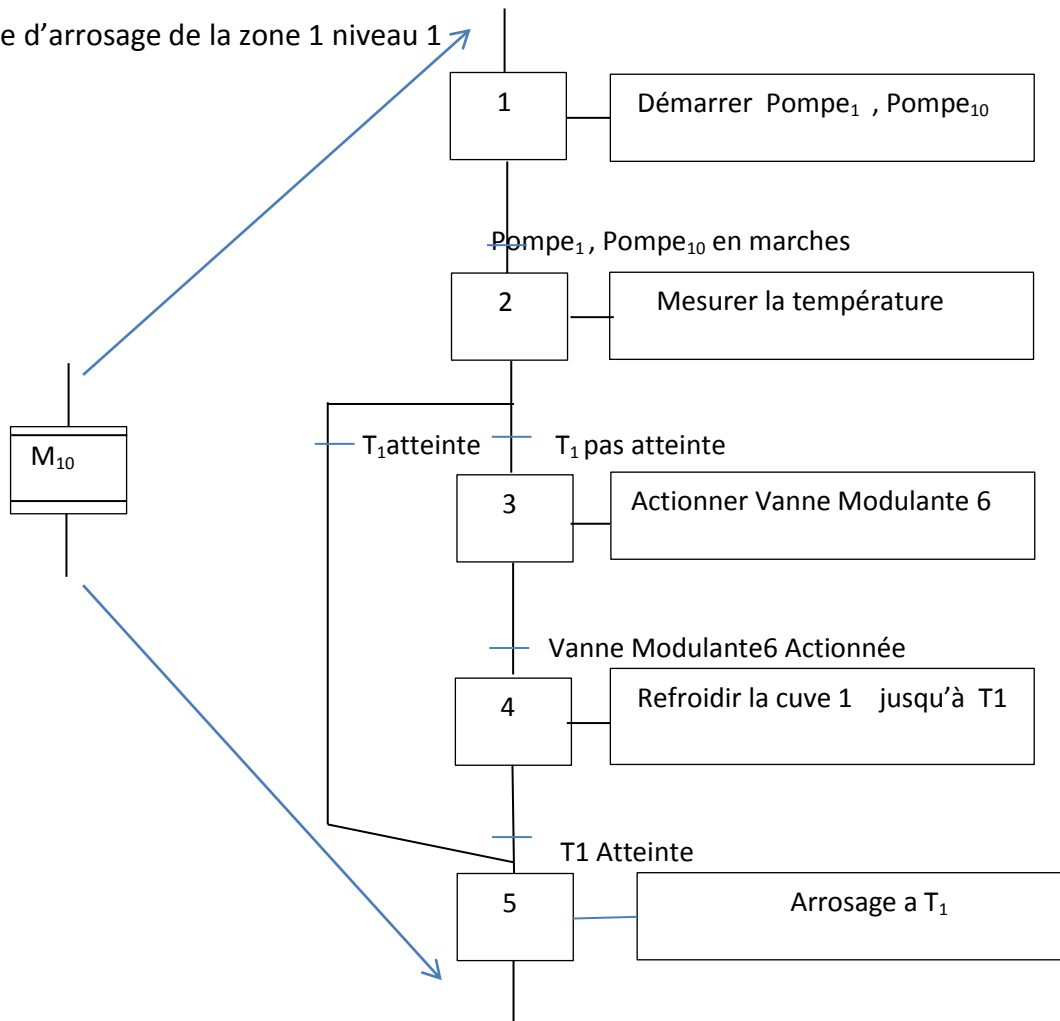
OV : ouvert

S₁ : sécurité

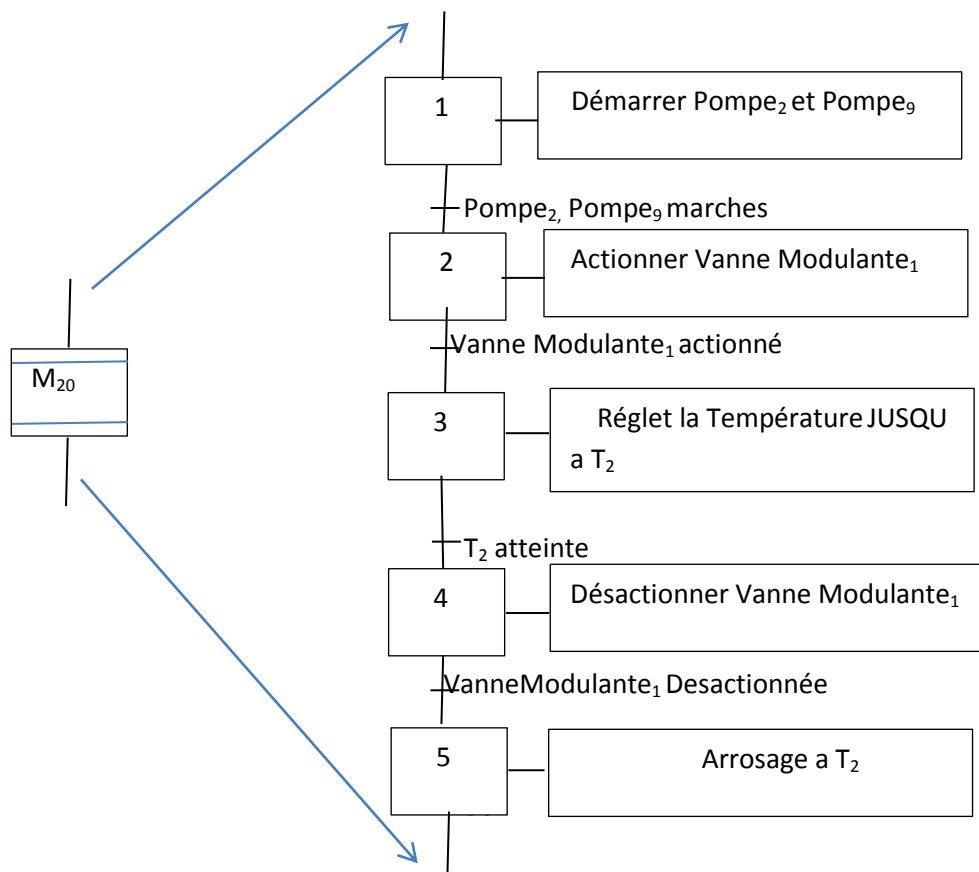


Grafcet global de pasteurisateur niveau 1

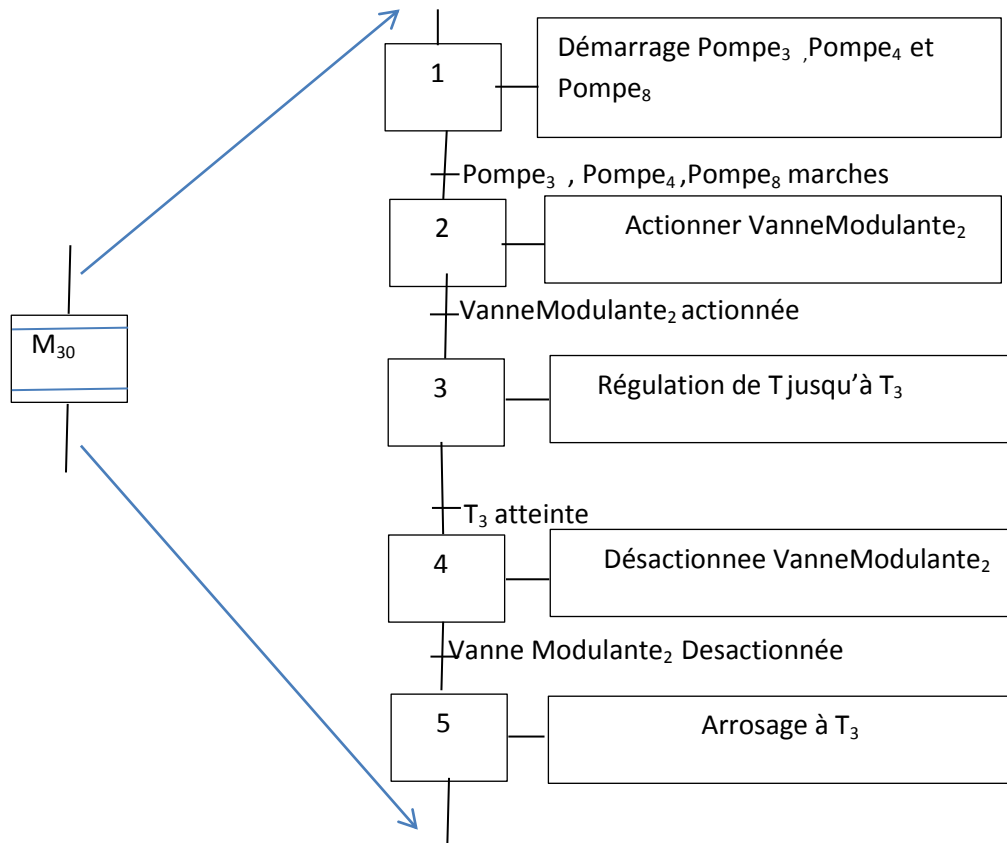
Macro étape d'arrosage de la zone 1 niveau 1



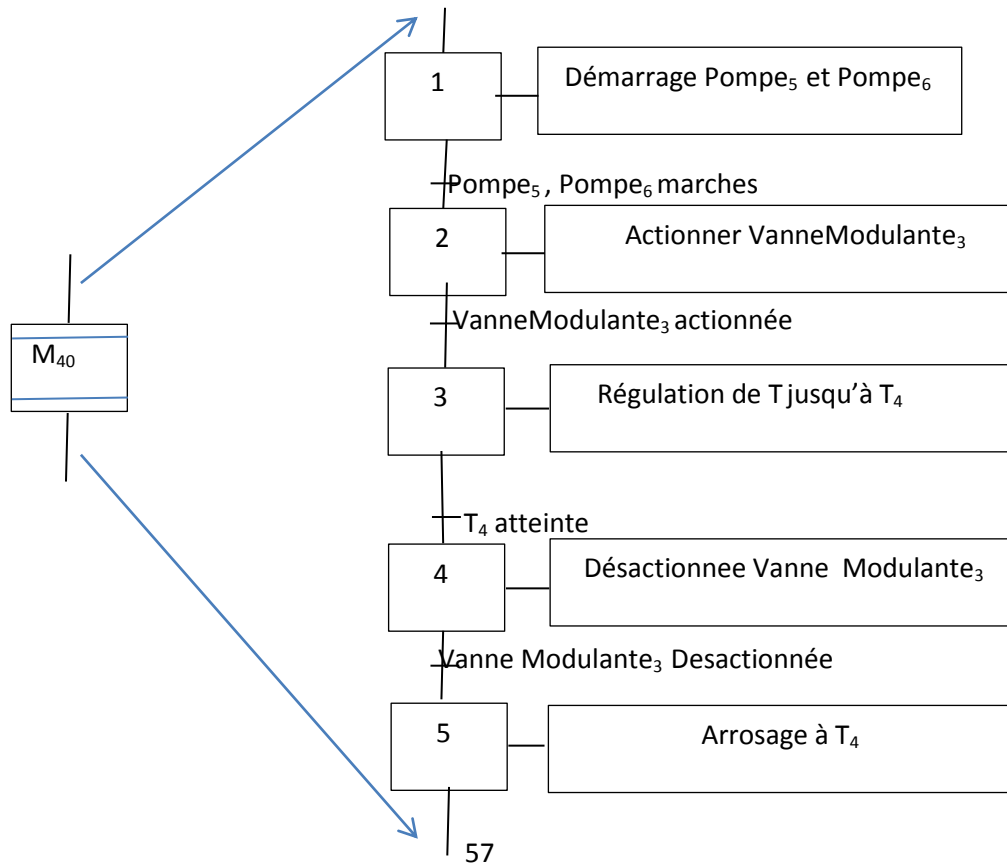
Macro étape d'arrosage de la zone 2 niveau 1



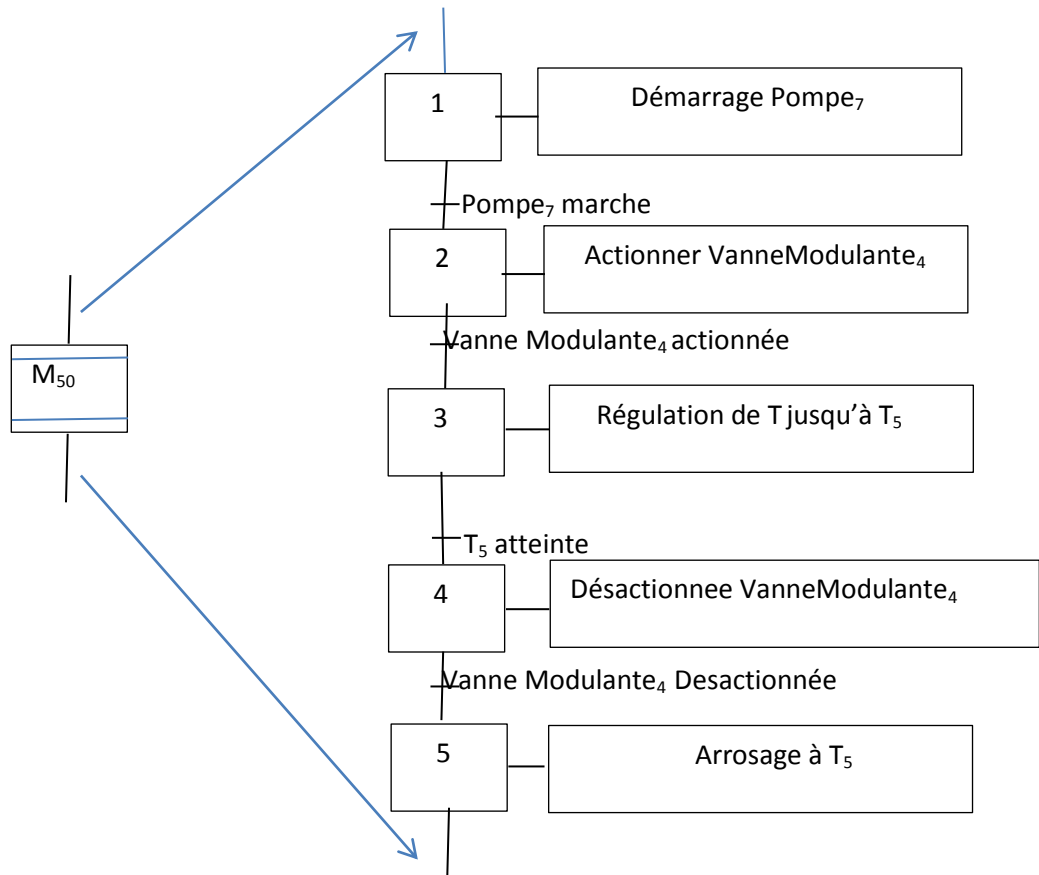
Macro étape d'arrosage de la zone 3



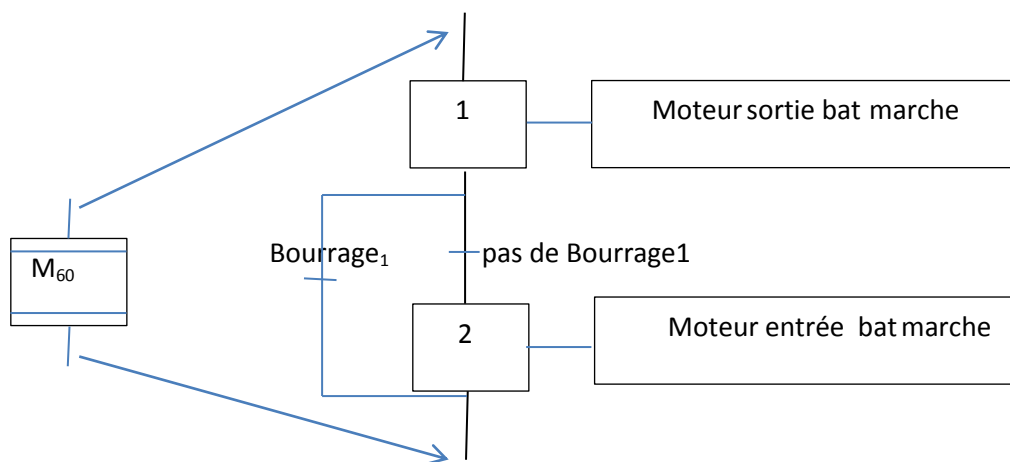
Macro étape d'arrosage de la zone 4 niveau 1



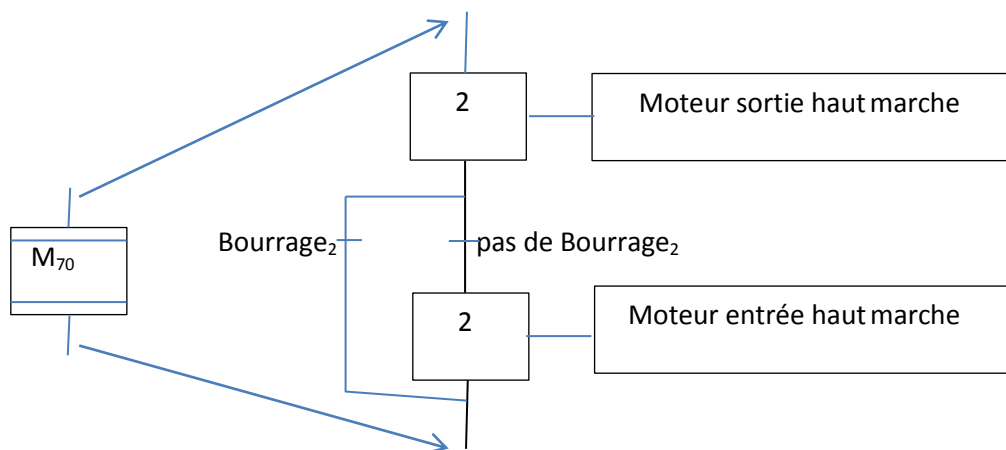
Macro étape d'arrosage de la zone 5 niveau 1



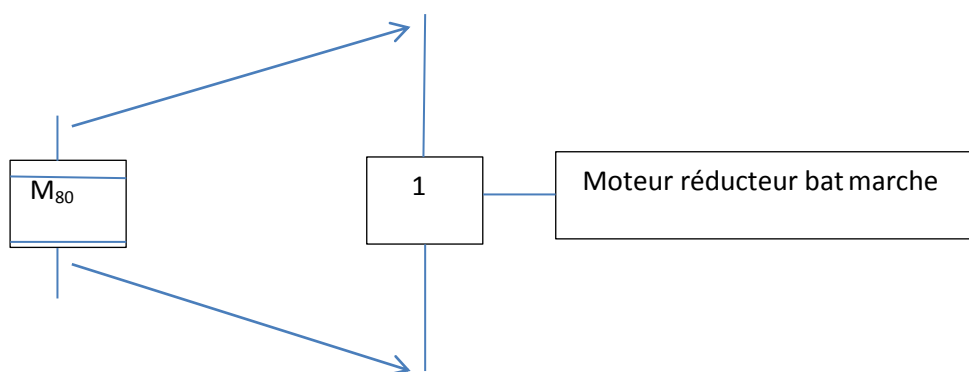
Macro étape des convoyeurs entrés/sorties bat niveau 1



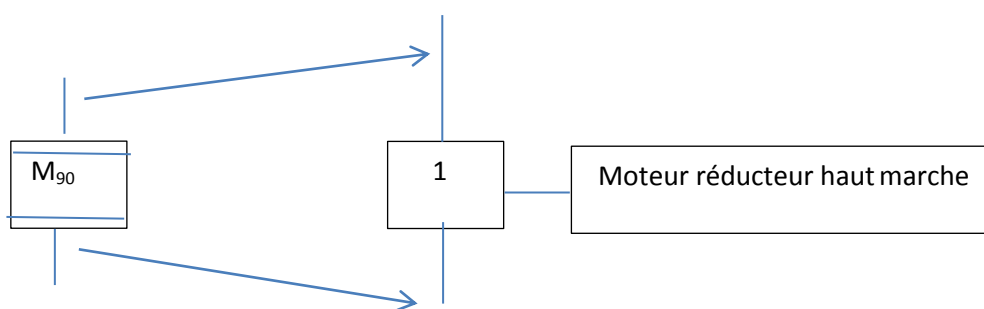
Macro étape des convoyeurs entrés/sorties haut niveau 1

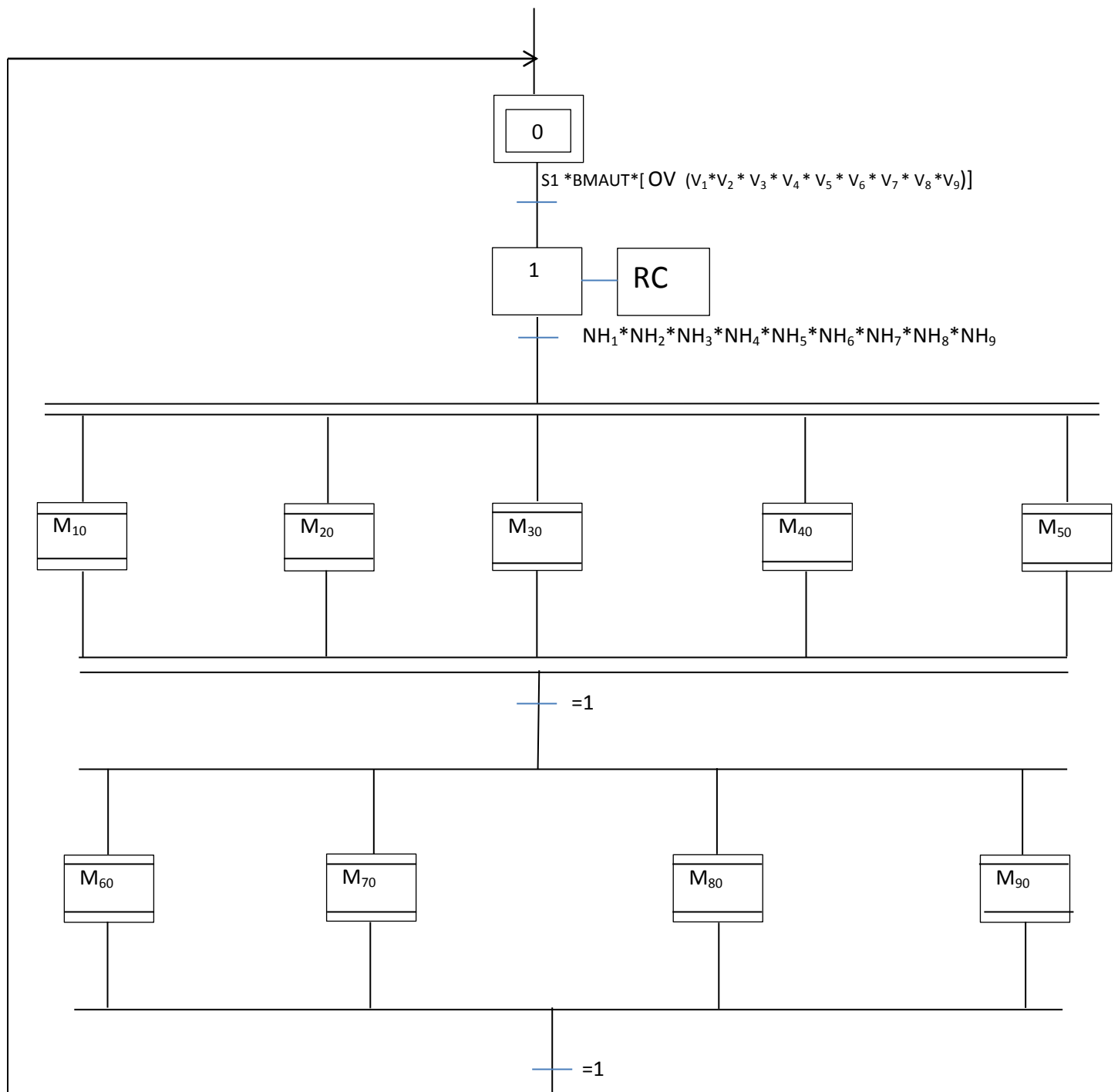


Macro étape du moteur réducteur bat niveau 1



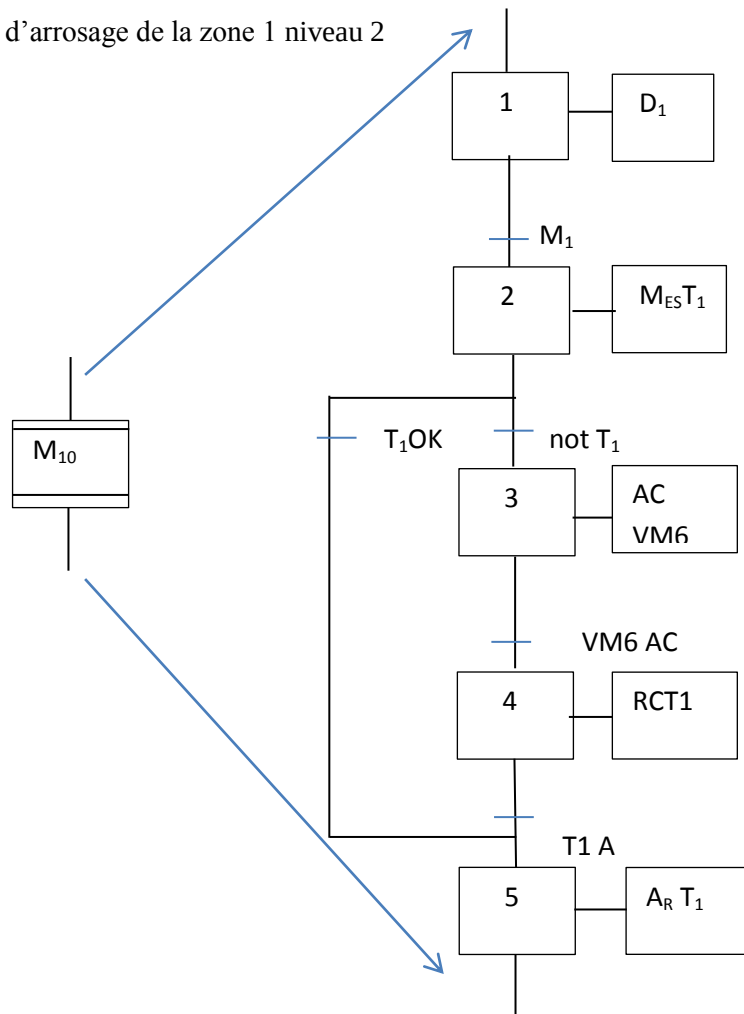
Macro étape du moteur réducteur haut niveau 1



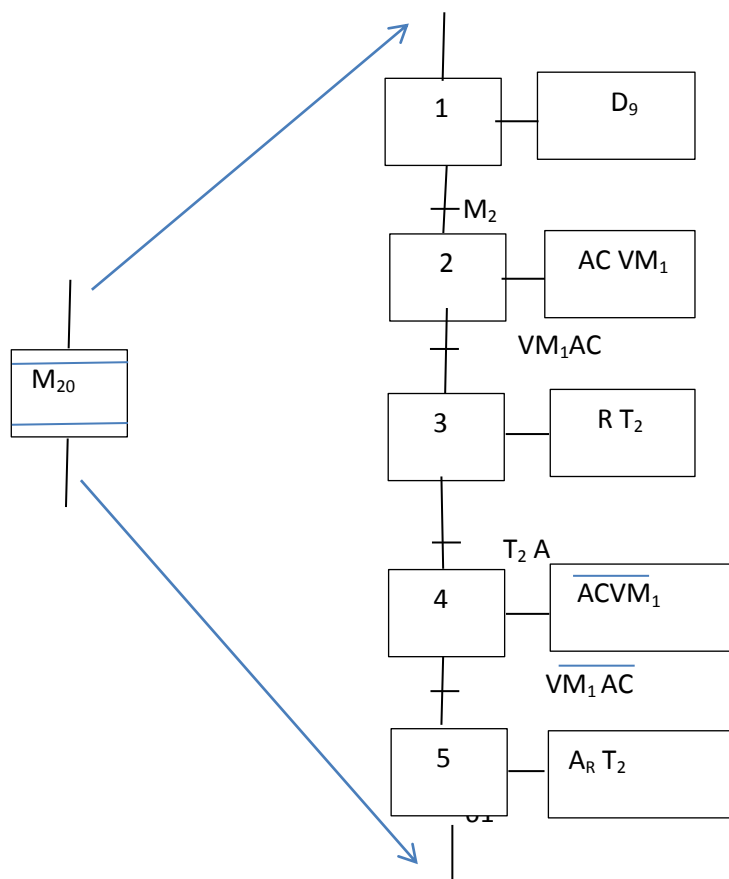


Grafcet global de pasteurisateur niveau 2

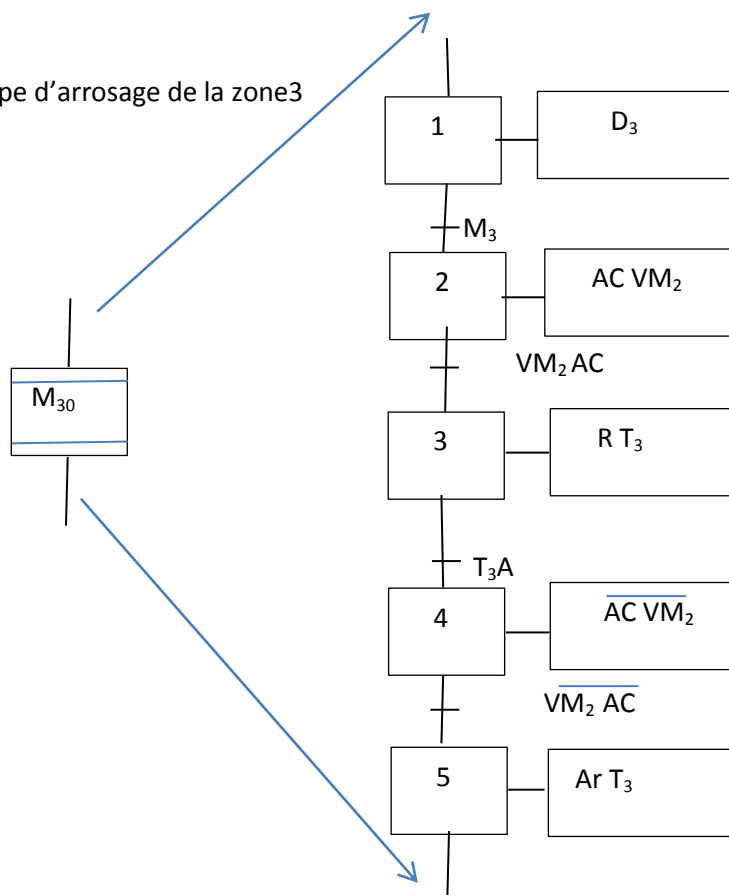
Macro étape d'arrosage de la zone 1 niveau 2



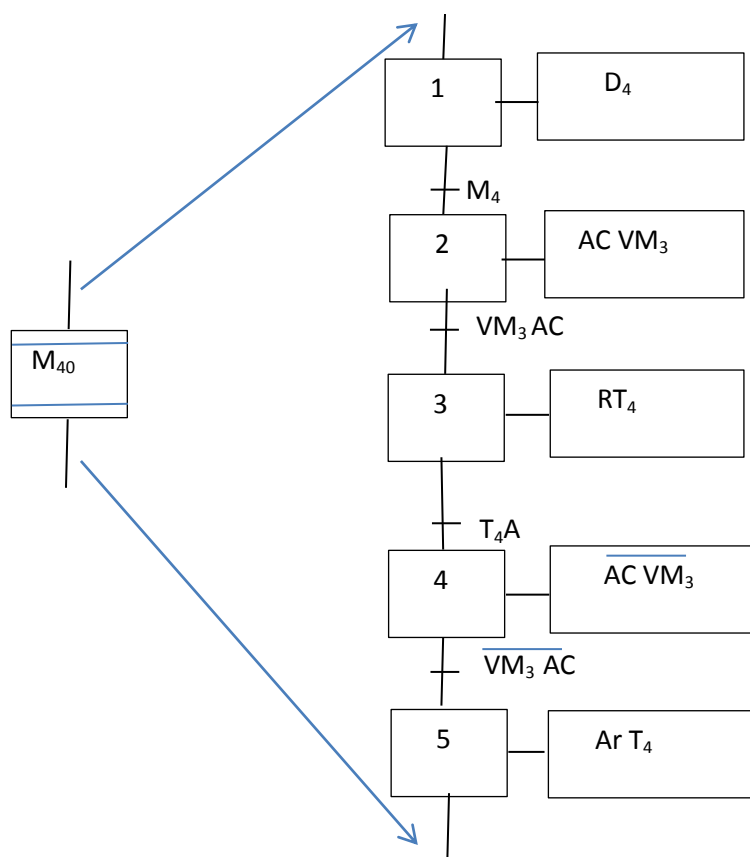
Macro étape d'arrosage de la zone 2 niveau 2



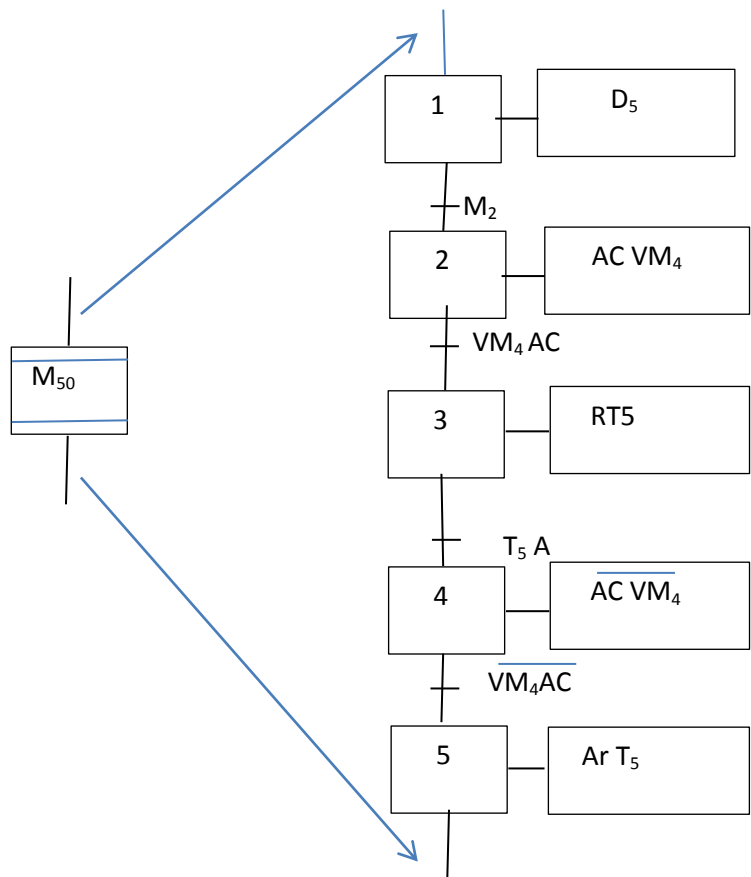
Macro étape d'arrosage de la zone3



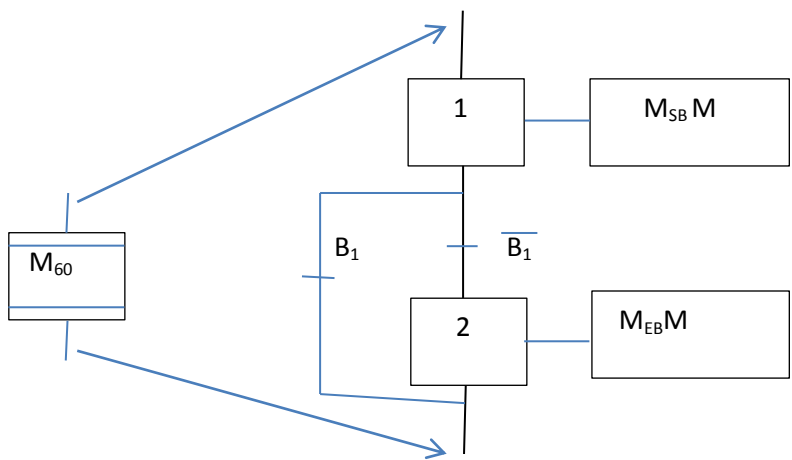
Macro étape d'arrosage de la zone 4 NIVEAU2



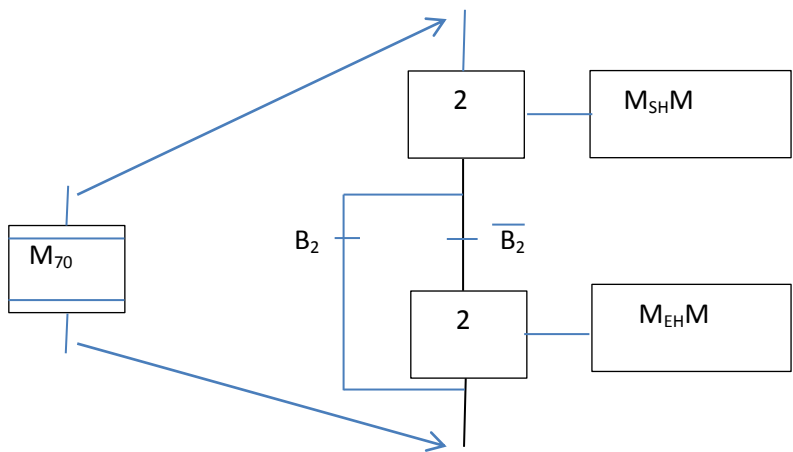
Macro étape d'arrosage de la zone 5 niveau2



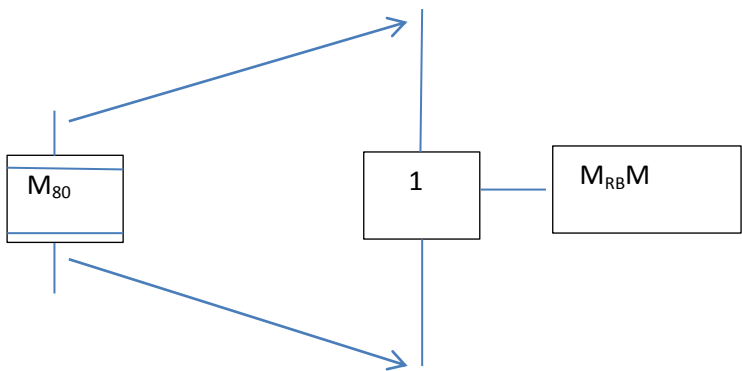
Macro étape des moteurs M_{SB} M_{EB} niveau 2



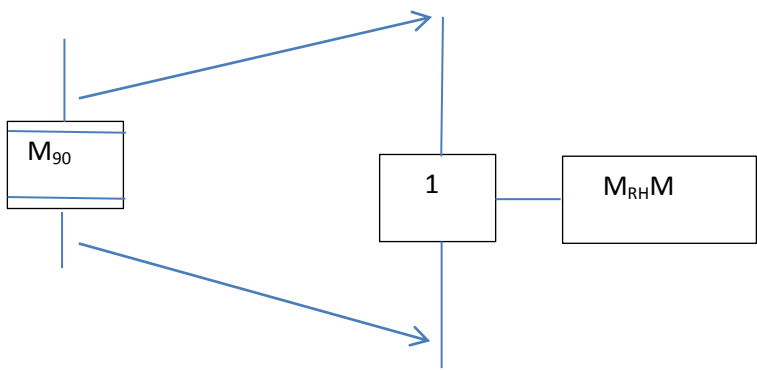
Macro étape des moteurs M_{SH} M_{EH} niveau 2



Macro étape des moteurs M_{RB} niveau 2



Macro étape des moteurs M_{RH} niveau 2



5. Les Automate Programmables Industriels (API)

5.1. Définition

Un automate programmable industriel (API) est un appareil électronique programmable par un personnel non informaticien, adapté à l'environnement industriel et destiné à piloter des procédés. Son fonctionnement est défini par programme ; donne des ordres aux pré actionneurs de la partie opérative à partir des données (capteurs, détecteur...), rend des comptes en permanence de son état et dialogue avec l'opérateur et le processus.

5.2° Caractéristiques d'un API

5.2.1. Aspect extérieur

Les (API° sont disponibles en type modulaire et en type compact :

✚ Types compacts :

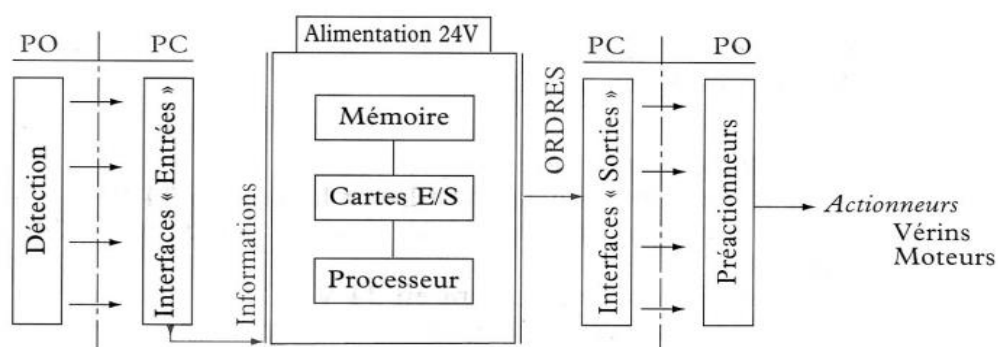
- Ils intègrent le processeur, l'alimentation et les entrées/sorties ;
- Ils reçoivent des extensions limités ;
- Ces automates de fonctionnement simple sont généralement destinés à la commande des petits systèmes.

✚ Types modulaires :

- Le processeur, l'alimentation et les entrées/sorties résident dans des unités séparées (modules) qui sont fixés sur ou plusieurs racks.
- Ce type d'automate est intégré dans des automatismes complexes où la capacité, la puissance du traitement et la flexibilité sont disponibles.

5.2.2. Aspect interne

La structure interne d'un API peut se représenter comme suit :



Figure'3.9' : structure interne d'un API

Les API comportent trois principaux modules :

1. Le processeur

Son rôle consiste d'une part à organiser les différentes relations entre la zone mémoire et les interfaces d'entrées et de sorties. Il comporte une mémoire qui est composé (**RAM, ROM, EPROM , EEPROM**) .

2. Les interfaces d'entrées/sorties

Les entrées reçoivent des informations en provenance des éléments de détection (capteurs) et du pupitre opérateur (BP). Les sorties transmettent des informations aux pré-actionneurs (relais, électrovannes ...) et aux éléments de signalisation (voyants) du pupitre.

3. Une alimentation électrique

La plus part des automates actuels sont équipés d'une alimentation 220V 50/60Hz, 24V DC qui fournit à l'API l'énergie nécessaire à son fonctionnement.

Les entrées sont en 24V DC et une mise à la terre doit également être prévue. Elle est constituée des composants suivants :

- ✓ Un transformateur pour réduire les 220V en 24V.
- ✓ Un pont de diodes pour le redressement du courant.
- ✓ Un condensateur pour lisser le courant.

5.3°Nature des informations traitées par l'Automate

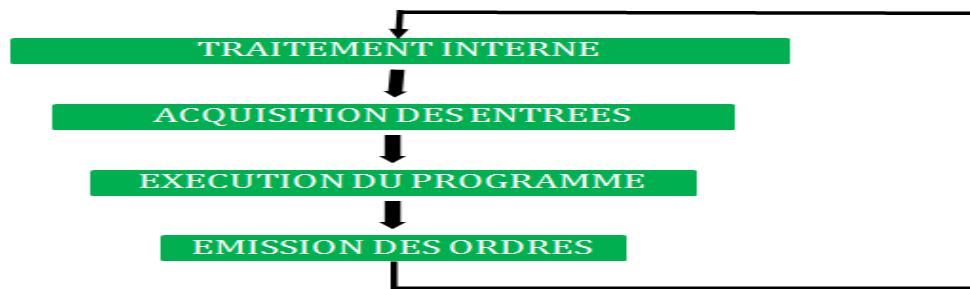
- ***Tout ou Rien (TOR)***
- ***Analogique***
- ***Numérique***

5.4. Fonctionnement des automates

La plupart des automates programmables industriels ont un fonctionnement cyclique.

Le traitement se fait en quatre étapes :

- ✓ ***Gestion du système*** : autocontrôle de l'API par le module de surveillance
- ✓ ***Acquisition des entrées*** : prise en compte des informations des modules d'entrées
- ✓ ***Exécution du programme*** : lecture du programme (située dans la RAM)
- ✓ ***Emission des ordres*** : lecture des variables de sortie dans la RAM



Figure'3.10' : structure d'un programme par automate

5. 5° Choix de l'API

Le choix de d'un automate programmable est en premier lieu le choix d'une société ou d'un groupe et les contacts commerciaux et expériences vécues sont déjà un point de départ ; en effet l'automate doit correspondre le plus possible l'application, pour obtenir le meilleur rendement. Le Choix se fait selon un cahier des charges.

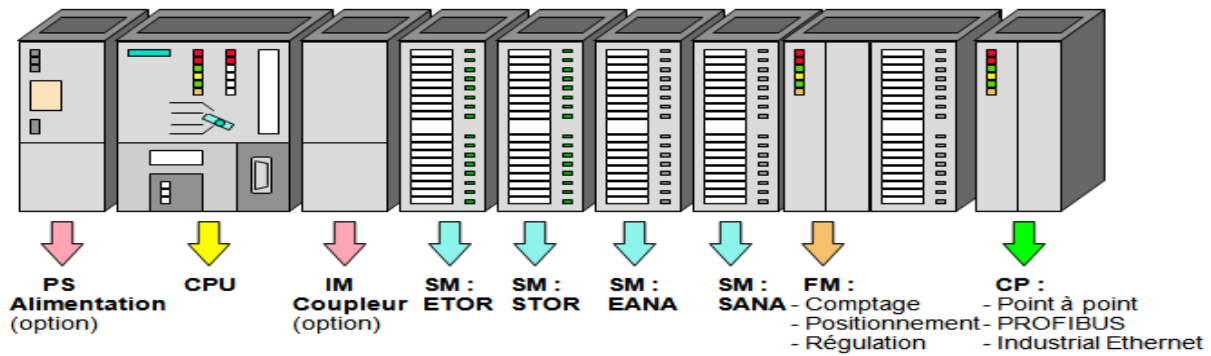
- Le type des entrées /sorties nécessaire (TOR, analogique...)
- Le nombre d'entrées/sorties nécessaire (4, 8, 16, 32...)
- Les capacités de traitement du processeur (vitesse, données, opérations, temps réel...) et sa taille mémoire.
- La possibilité de la simulation des programmes est un atout souhaitable.
- La nature de la station (si elle nécessite une flexibilité de changement de processus de travail).
- La fiabilité et la robustesse (par rapport au milieu et à la température).
- Le dialogue (la console détermine le langage).

Il faut tenir compte aussi du temps de cycle de l'automate, et la rapidité des signaux et La capacité des compteurs et des temporisateurs.

🚦 Notre choix s'est porté sur l'automate S7 300 - CPU 315 2DP.

5. 5. 1°L'automate S7-300

Le S7-300est un automate de conception modulaire destiné à des tâches d'automatisation moyenne et haute gamme. Il désigne un produit de la société **SIEMENS**.



Figure'3.11' : L'API S7 300

5. 5. 2°Les caractéristiques de l'API S7-300

L'automate possède les caractéristiques suivantes :

- Gamme diversifiée de CPU.
- Programmation libre.
- Logiciel exploitable en temps réel.
- Possibilité d'extension jusqu'à 32 modules.
- Raccordement central de la console de programmation (PG) avec accès à tous les modules.
- Liberté de montage aux différents emplacements.

Possibilité de mise en réseau avec l'interface multipoint et profibus et industriel Ethernet.

5. 5. 3°Les modules de L'API S7-300

Le S7-300 est un mini automate modulaire, conçu pour les applications d'entrées et de milieu gamme.

5. 5. 3. 1. Module d'alimentation(PS)

Le module d'alimentation (PS) converti la tension secteur 120/220V en tension de service 24Vcc pour alimenter le S7 – 300.

5. 5. 3. 2.L'unité centrale(CPU)

La CPU est le cerveau de l'automate, Elle lit les états des signaux d'entrer, exécute le programme de l'utilisateur et commande les sorties. chaque CPU possède certaine caractéristique différente des autres et par conséquent

Deux programmes différents sont exécutés dans une CPU :

- Le programme utilisateur.
- Le système d'exploitation.

A)-programme utilisateur

C'est un programme crée par l'utilisateur et ensuite chargé dans la CPU.

B) système d'exploitation

Le système d'exploitation, contenu dans chaque CPU, organise toutes les fonctions et procédures qui ne sont pas liées à une tâche d'automatisation spécifique.

➤ Description de la CPU 315 2DP

La CPU est le cerveau de l'automate, elle lit les états de la mémoire image des entrées, ensuite, elle exécute le programme utilisateur en mémoire. Enfin, elle délivre les états vers la mémoire image sortie. [19]

Pour le pasteurisateur, nous avons utilisé une CPU 315-2DP (6ES7 315-2AF02-0AB0) de mémoire de travail 64 Ko, 0,3ms/ kinst, ports MPI+DP, pour configuration à plusieurs rangées jusqu'à 32 modules.

- **Interface MPI**

Chaque CPU est équipée d'une interface MPI pour la connexion de la console de programmation (PG) ou un autre appareil (par exemple adaptateur PC).

- **Commutateur de mode de fonctionnement**

Le commutateur de mode de fonctionnement permet de changer le mode de fonctionnement. . Les modes de fonctionnement suivants sont possibles (**RUN-PRUN,STOP , MRES , Signalisation des états ,SF ,BATF, DC 5v ,FCRE ,STOP**)

5. 5. 3. 3. Modules de couplage (IM)

Ce sont des cartes électronique utilisées pour assurer la communication entre l'unité centrale et les périphérique de l'automate (entrées/sorties, console de programmation, etc...) Les coupleurs (IM360, IM361 ou IM365) permettent de réaliser la configuration à plusieurs châssis. Ils occupent l'emplacement n°3 dans un l'API et ce dernier reste vide au cas on n'utilise pas les coupleurs(IM).

5. 5. 3. 4-Module des signaux(SM)

Les modules de signaux établissent la liaison entre la CPU du S7-300 et le processus commandé. Il existe plusieurs modules de signaux :

- Module d'entrées /sorties TOR
- Modules d'entrées /sorties analogique

5. 5. 3. 5-Module de fonction (FM)

Les modules de signaux offrent les fonctions suivantes (Comptage Régulation Positionnement).

5. 5. 3. 6-Module de simulation

Le module de simulation nous permet de Simuler les grandeurs d'entrées avec des interrupteurs et Afficher les grandeurs de sortie TOR.

5. 5. 4°Périphériques de communication extérieure

On peut communiquer avec l'automate par **Console de programmation**, Elle permet Le paramétrage et les relevés d'informations.

5. 6° Création du projet

Les API accomplissent des taches d'automatisation traduites sous formes d'un programme d'application. L'utilisateur définit, dans une suite d'instructions, la manière avec laquelle l'automate commandera l'installation.

Le STEP 7 est le langage utilisé pour la SIMATIC S7 300.

6°. L'outil de programmation STEP 7

Pour que l'automate puisse comprendre ce programme, ce dernier doit être écrit en un langage déterminé et suivant des règles bien définies.

6. 1°Présentation du logiciel de programmation STEP7

6. 1. 1°Définition de STEP 7

C'est un logiciel de base pour la programmation et la configuration dans SIMATIC. Il est formé d'un ensemble d'application avec lesquelles nous pouvons aisément réaliser des taches partielles comme :[20]

- La configuration et le paramétrage du matériel.
- La création et le Test du programme utilisateur.
- la configuration de réseaux et de liaisons.

Un standard définit cinq langages correspondant aux familles de langages les plus utilisées pour la programmation des API :

Le langage : **CONT . LOG. LIST**

6. 1. 2. Programmation de l'API

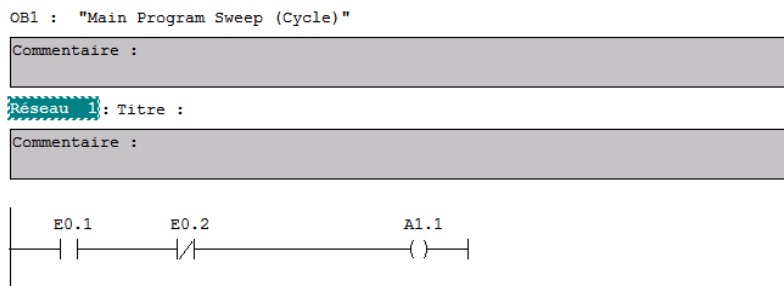
C'est l'un des atouts majeurs des API puisqu'elle permet une multitude de traitements des informations reçues sans toucher à la configuration matérielle.

6. 1. 2. 1.Langages de programmation [20]

✚ **Langage *CONT* (à *contact* ou *LD* : *ladder diagram*)**

Langage graphique fondé sur une analogie entre flux de données d'un programme et le courant électrique dans un circuit série-parallèle. Les représentations graphique sont basées sur la méthode de dessin américaine, il utilise des symboles tels que : contacts, sorties et s'organise en réseaux (labels).

- ✓ Contact normalement ouvert 
- ✓ Contact normalement fermé 
- ✓ Bobine (sortie) 



Figure'3.12' : Programmation avec langage Contact

❖ Pour notre système, nous avons choisi de programmer avec le langage **CONT**.

✚ **Logigramme**

Il s'agit d'une représentation à l'aide des portes logiques (portes OU,ET ...)

✚ **Langage *listing* (*IL* : *instruction List*)**

Langage textuel de même nature que l'assembleur (programmation des

6. 1. 2. 2°Déroulement du programme

Il doit assurer en permanence un cycle, opératoire qui comporte trois types de taches :

- L'acquisition de la valeur des entrées (lecture).
- Le traitement des données.
- L'affectation la valeur de la sorties.

6. 1. 2. 3°Element d'un programme utilisateur

Les programmes utilisateur se composent des éléments suivants selon la figure

✚ **Blocs d'organisation (*BO*) :**

Les blocs d'organisation déterminent la structure du programme utilisateur.

✚ **Blocs fonctionnels (FB), fonction (FC) :**

Les blocs fonctionnels sont des blocs de code qui contiennent le programme proprement dit.

✚ **Blocs de données (DB) :**

Les blocs de données sont des zones de données contenant les données utilisateur. Ils peuvent être affectés à des blocs fonctionnels définis ou au projet.

✚ **Fonctions systèmes (SFC) et blocs fonctionnels système (SFB) :**

Certaines fonctions couramment utilisées sont intégrées au système d'exploitation des CPU S7 d'où Elles peuvent être appelées.

6.2° Stratégie de programmation

La stratégie de programmation sous STEP7 peut se résumer dans la figure suivante :

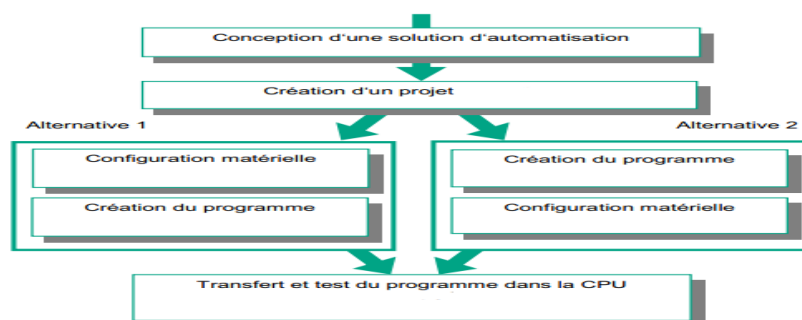


Figure '3.13' : Stratégie de programmation sous step7

7. CONCLUSION :

Dans ce chapitre, nous avons présenté le GRAFCET qui est un outil de modélisation. Il facilite la transition entre le cahier des charges et l'un des langages de programmations utilisé par l'automate programmable industriel.

Aujourd'hui, l'automate programmable n'est plus seulement un appareil séquentiel mais il est beaucoup plus considéré comme un calculateur de processus grâce aux énormes progrès quant à la structure de base, la qualité et la diversité des outils proposés, et ses langages de programmation.

La supervision avec l'outil **WinCC** flexible sera l'objectif du quatrième chapitre

CHAPITRE IV

DEVELOPPEMENT

DE LA SOLUTION

DE SUPERVISION

1. INTRODUCTION :

La complexité des systèmes modernes rend indispensable la connaissance de l'état de leurs évolutions en temps réel. Les systèmes de supervision permettent d'obtenir des vues synthétiques des équipements ou un ensemble d'équipements afin de visualiser leurs états physiques ou fonctionnels situés dans des salles de commande. Ils offrent la possibilité de déporter et de centraliser la vision des organes physiques (capteurs et actionneurs) parfois très éloignés.

2. Définition de la supervision

La supervision est l'ensemble des outils et méthodes qui permettent de conduire les installations industrielles tant en fonctionnement normal qu'en présence de défaillance. Elle est l'outil de référence de l'opérateur de conduite mais peut également interagir directement avec le système de contrôle-commande.

La supervision d'un système inclut des fonctions collectées et de visualisation d'informations, de surveillances, de diagnostics et d'aide à la prise de décision pour l'accommodation, la reconfiguration ou la maintenance.[21]

L'accommodation des outils de supervision peut s'appuyer sur les sources :

- L'expertise humaine concepteur ET/OU de l'exploitant ;
- Les modèles structurels, fonctionnels ou analogiques.

3. Constitution d'un système de supervision

Un système de supervision est généralement composé d'un moteur central (logiciel) auquel sont rattachés des données provenant de l'automate. Le logiciel assure l'affichage, le traitement et l'archivage des données, ainsi que la communication avec d'autres périphériques.

3.1 AFFICHAGE

Il permet d'obtenir et de mettre à la disposition des opérateurs, des éléments d'évaluation du procédé par ses volumes de données instantanées.

3.2 ARCHIVAGE

Il mémorise des données (alarmes et événements) pendant une longue période, et permet l'exploitation des données pour des applications spécifiques à des fins de maintenance ou de gestion de production.

3.3 TRAITEMENT

Il permet de mettre en forme les données afin de les présenter via le module de visualisation aux opérateurs sous une forme prédéfinie.

3.4 COMMUNICATION

Il assure l'acquisition et le transfert de données et gère la communication avec d'autres périphériques tels que les automates programmables industriels et autres périphériques.

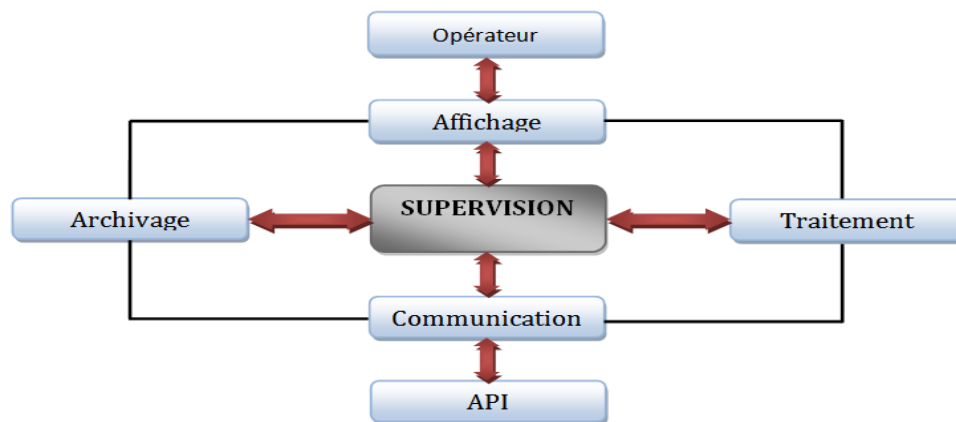


Figure (4.1) : Constitution d'un système de supervision

4. Apport de la supervision

La supervision a eu un impact considérable sur le monde industriel tant pour les exploitants que pour les entreprises.

✚ Apport pour le personnel

- Elle dégage les exploitants des tâches délicates et leur rend le travail moins contraignant, surtout dans les milieux hostiles.
- Elle permet à l'opérateur de suivre le fonctionnement du procédé et d'éviter les tâches de routine (vérification des paramètres, inspection de l'installation).
- Elle sert d'interface entre le procédé et les exploitants, pour le diagnostic à l'aide à la décision, en situation d'exceptions (incendie, danger, risque...). Les actions à entreprendre sont cernées et bien décrites. [21]

✚ Apport pour l'entreprise

- Respecter les délais impartis dont dépend le suivi de l'entreprise en diminuant le nombre de pannes.
- Améliorer la production par le maintien des équipements en bon état de fonctionnement.
- Réduire les coûts d'exploitation en diminuant les pertes liées aux pannes.

Dans notre projet on utilisées Wincc flexible pour la supervision

5. Définition Win CC Flexible

Win CC est un logiciel qui nous permet une supervision, par un ou plusieurs PC indépendants (nommés OS, station opérateur) d'un ou plusieurs automates.

6. Les approches possibles

Sur le PC, on appelle Win CC, dans lequel on définit les vues (le graphisme) que l'on prévoit, ainsi que les variables (entrées/sorties/mémos et DB) des différents automates qu'on va superviser. Les automates, quant à eux, sont programmés indépendamment (en Step7), il faut simplement que le programme automate prévoie de mettre à jour les variables utilisées par la supervision

Sous STEP7, on crée un projet regroupant l'ensemble : programmes des automates et supervision. Cette deuxième approche me semble préférable, car on gère le problème globalement. [21]

7. Intégration de WinCC flexible dans STEP7

Win CC flexible peut être intégré au logiciel de configuration SIMATIC STEP7, cela permet de choisir les blocs de données de SIMATIC STEP7 comme variables dans WinCC flexible.



Avantages de l'intégration au STEP7

Lors de la configuration intégrée, on accède aux données de configuration que l'on a créées lors de la configuration de l'automate avec STEP 7, on profite des avantages suivants :

On peut utiliser le gestionnaire SIMATIC Manager comme poste central de création, d'édition et de gestion des automates SIMATIC et des projets WinCC flexible.

Les paramètres de communication de l'automate sont entrés par défaut lors de la réaction du projet WinCC flexible, Toute modification sous STEP 7 se traduit par une mise à jour des paramètres de communication sous WinCC flexible.

Les alarmes configurées sous STEP 7 sont prises en charge sous Win CC flexible et peuvent être affichées sur le pupitre opérateur. [21]

8. Le pupitre operateur

Est installés sur l'armoire de pasteurisateur sert à commander Par l'operateur qui possède les informations suivantes :

- Contrôle le niveau de remplissage des cuves ;
- Contrôle la température de l'eau qui arrose les bouteilles ;
- Surveillance des états des vannes ;
- Éviter l'embouteillage des bouteilles.

Pour l'exécution de ces tâches il faut configurer le pupitre

9. Les étapes de configuration de pupitre avec Win CC Flexible 2008

9.1 Création d'un projet

Le projet est à base de configuration de l'interface graphique. On crée et on configure dans le projet tous les objets indispensables à la commande et au contrôle de l'installation du pasteurisateur. [21]

- Des vues pour représenter et commander la pasteurisation
- Des variables qui transmettent les données entre le pasteurisateur et le pupitre operateur
- Des alarmes qui affichent au pupitre les états de fonctionnement de pasteurisateur

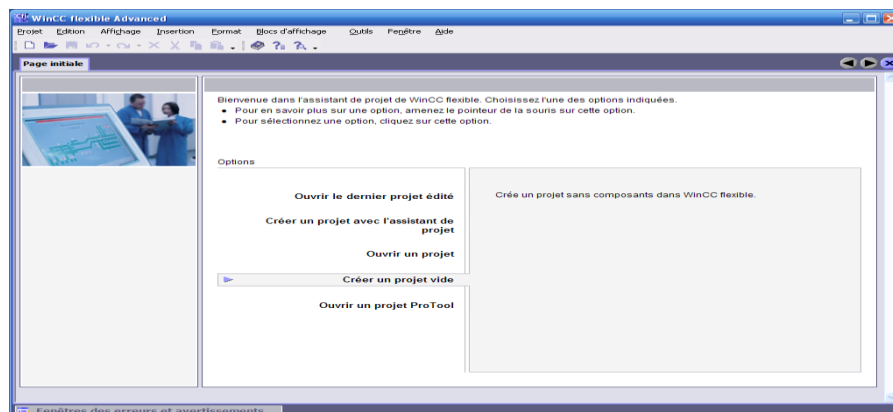


Figure (4-2) : Créer un projet dans Win CC flexible

9.2 Création des vues

Les vues sont les éléments principaux du projet, elles nous permettent de commander et contrôler la pasteurisation, elles nous donnent les huit niveaux des cuves et la régulation de températures des huit cuves de la pasteurisation.



Figure (4.3) : les vues

9.3 Configuration des alarmes

Les alarmes montrent les événements ou les états de fonctionnement qui se produisent sur la pasteurisation elles servent à diagnostiquer les erreurs.

On a deux types d'alarmes :

- **Alarmes TOR** elles indiquent les états des capteurs de bourrage dans le pasteurisateur (0) ou (1).

- **Alarmes analogiques** : elles indiquent des dépassements de limites .elle sera déclenchée si le régime d'une pompe est inferieur a une valeur donnée.

ALARMES				
N°	Heure	Date	Etat	Texte

Figure (4.4) affichage des alarmes

9.4 Création des recettes

Les recettes regroupent des données de la pasteurisation (réglage des températures d'arrosage de chaque zone), et la lire sur le pupitre.

PRINCIPALE

RECETTES_0

RECETTES

vendredi 14 juin 2013 00:29:29

PRODUIT

N°:

FORMAT

N°:

Nom du constituant

Valeur

Barre d'état

TEMPERATURE

ALARMES

PARAMETRES REMPLISSAGE

REGULATION

ARCHIVES

RETOUR

Figure (4.5) : les recettes

9.5 faire des régulations

On fait des régulations de températures et des niveaux des cuves et on donne des consignes. Comme le montre les figures ‘4.6’ et ‘4.7’.

☐ PRINCIPALE
 ☒ PARAMETRES

PARAMETRES

vendredi 14 juin 2013 00:24:39

RESERVOIRE 01

CONSOMME
NIVEAU HAUT

000,0

DEBIT
NIVEAU HAUT

000,0

CONSOMME
NIVEAU BAS

000,0

000,0

000,0

000,0

RESERVOIRE 02

CONSOMME
NIVEAU HAUT

000,0

DEBIT
NIVEAU HAUT

000,0

CONSOMME
NIVEAU BAS

000,0

000,0

000,0

000,0

RESERVOIRE 03

CONSOMME
NIVEAU HAUT

000,0

DEBIT
NIVEAU HAUT

000,0

CONSOMME
NIVEAU BAS

000,0

000,0

000,0

000,0

RESERVOIRE 04

CONSOMME
NIVEAU HAUT

000,0

DEBIT
NIVEAU HAUT

000,0

CONSOMME
NIVEAU BAS

000,0

000,0

000,0

000,0

RESERVOIRE 05

CONSOMME
NIVEAU HAUT

000,0

DEBIT
NIVEAU HAUT

000,0

CONSOMME
NIVEAU BAS

000,0

000,0

000,0

000,0

RESERVOIRE 06

CONSOMME
NIVEAU HAUT

000,0

DEBIT
NIVEAU HAUT

000,0

CONSOMME
NIVEAU BAS

000,0

000,0

000,0

000,0

RESERVOIRE 07

CONSOMME
NIVEAU HAUT

000,0

DEBIT
NIVEAU HAUT

000,0

CONSOMME
NIVEAU BAS

000,0

000,0

000,0

000,0

RESERVOIRE 08

CONSOMME
NIVEAU HAUT

000,0

DEBIT
NIVEAU HAUT

000,0

CONSOMME
NIVEAU BAS

000,0

000,0

000,0

000,0

TEMPERATURE

ALARMES

RECETTES

REGULATION

ARCHIVES

RETOUR

Figure (4.6) les paramètres des réservoirs

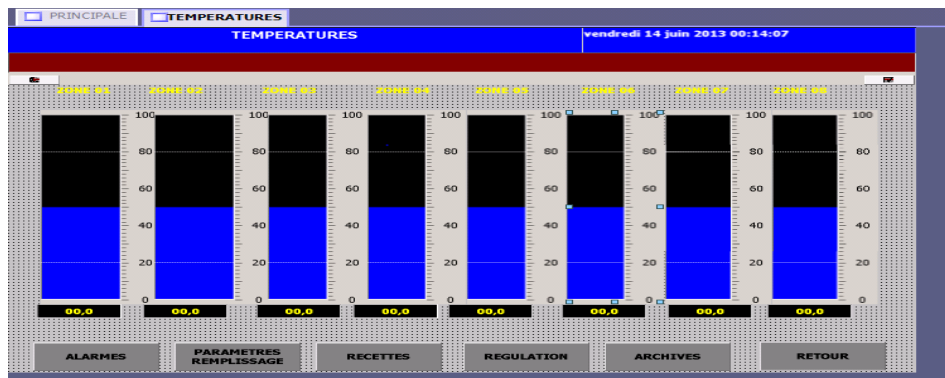


Figure (4.7) : Les Températures dans les cuves

9.6 Changement de vue

Pour pouvoir permuter entre ces vue sur le pupitre en cour d'exploitation on ajoute des changements de vue les changements sont effectués aux touches (F1) (F4). comme la montre la figure'8' vers la figure'9'



Figure (4.8) la vue principale du pasteurisateur

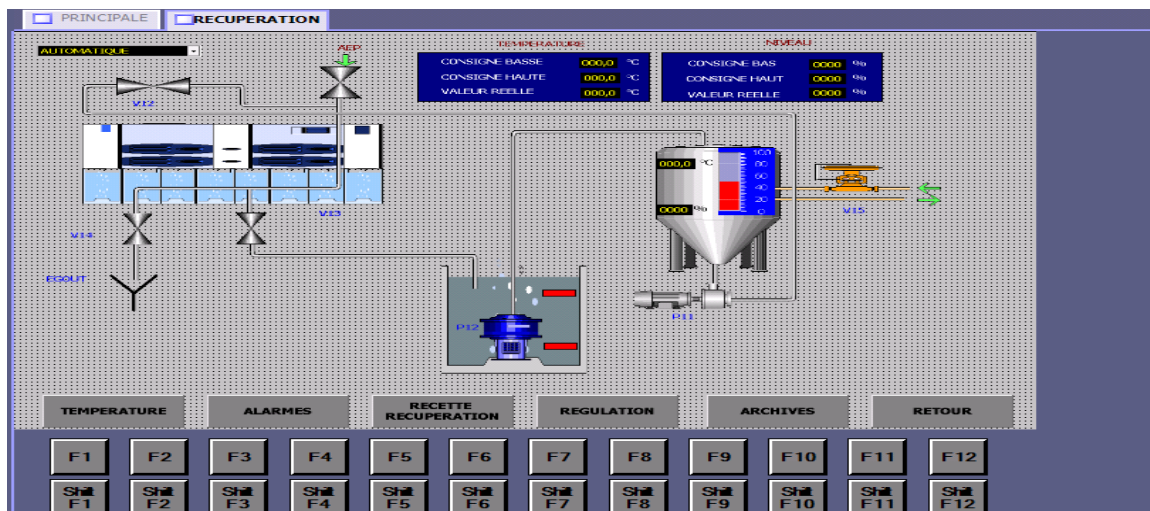


Figure (4.9) la vue du système de récupération

9.7 Test et simulation du projet

Pour notre projet, avant de terminer la configuration nous allons tester et simuler le projet à l'aide de la fonction de contrôle de cohérence et du simulateur de Win CC flexible. La simulation nous permet de détecter les erreurs logiques (les valeurs limites incorrectes).

10. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons réalisé les vues de contrôle et de supervision du pasteurisateur qui nous permet de suivre l'évolution du procédé en temps réel.

Nous avons constaté que le logiciel Win CC flexible est très puissant dans les solutions globales d'automatisation car il assure un flux continu d'informations. Ses composants conviviaux permettent d'intégrer sans problèmes les applications dont nous avons besoin.

Enfin, grâce à la supervision nous offrons à l'opérateur une solution adéquate qui facilite le travail pour la détection des défauts et dysfonctionnements des différents organes et composants de notre système.

CONCLUSION

GÉNÉRALE

Conclusion générale

L'évolution remarquable de la technologie pousse la créativité vers les meilleures méthodes de résolutions des problèmes. Des méthodes simples et efficaces dont le but est d'améliorer la production et augmenter la sécurité.

Durant la période de stage que nous avons effectué au sein de l'entreprise EASM, nous avons réussi à étudier et à réaliser les différentes parties d'une armoire électrique (alimentation, protection, régulation API et supervision)

Ce stage nous a permis de découvrir le monde industriel en général, en particulier l'industrie agroalimentaire, de plus il nous a permis de perfectionner nos connaissances dans le domaine de l'automatisation théoriques et pratiques.

L'étude détaillé du pasteurisateur nous a incité à la compréhension du comportement et le fonctionnement de ce système, cette étude nous a dévoilé les failles du pasteurisateur ainsi nous avons proposé une solution plus efficace.

Après avoir donné la description générale du pasteurisateur et son fonctionnement, nous avons d'abord, fait l'étude de l'armoire électrique en procédant par le choix de tous les composants ; de protection ou de commande et contrôle ; à utiliser, puis la réalisation et le câblage de tous ces composants.

Ensuite, nous sommes passés au développement de la solution de programmation et de supervision. Le choix de l'automate programmable comme organe de commande nous a conduit à l'étudier, il nous a permis de découvrir un outil performant et très compact qui permet de remplacer des commandes très complexes et surtout volumineuses. Cela nécessite néanmoins la maîtrise du langage spécifique à l'API S7 300 qui est STEP 7. la solution de supervision proposé nous a permis la maîtrise du logiciel Win CC flexible.

Enfin, nous espérons avoir été à la hauteur des attentes et aussi que notre mémoire sera utile aux étudiants qui nous succéderont voulant travailler dans ce domaine.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- [1] GILES MORVAN [http : //gmorvan.wordpress.com](http://gmorvan.wordpress.com) pasteurisation-refroidissement
 - [2] [http:// livregroup.com](http://livregroup.com) les capteurs de température
 - [3] <http:// livregroup.com> les capteurs de pression
 - [4] <http:// livregroup.com> les vannes modulantes
 - [5] <http:// livregroup.com> les distributeurs d'air FESTO
 - [6] <http:// livregroup.com> le régulateur PID
 - [7] <http:// livregroup.com> le Di Ethylène du Glycol / Glycol
 - [8] WWW.medicaljournal.com
 - [9] WWW.pubmed.com
 - [10] WWW.elsevier.com
 - [11] [www.le Grafcet](http://www.leGrafcet.com) - Description générale.mht, Site de cours sur internet
 - [12] .LA PLAQUE SIGNALÉTIQUE DU PASTEURISATEUR (KHONES)
 - [13] ROIZOT Sébastien :
DETERMINATION DE LA SECTION DES CONDUCTEURS, documentation sur le site internet
<http://www.courselec.free.fr>
 - [14] ROIZOT Sébastien :
Guide de conception des réseaux électriques industriels, documentation de Schneider Electric
 - [15]] CATALOGUE DISTRIBUTION ELECTRIQUE 2002 documentation Schneider Electric.
 - [16] LA PROTECTION DES CIRCUITS ET DES PERSONNES.
Guide pédagogique / en conformité avec la NF C 15-100 DU 31/05/2003 publiée par Legrand
 - [17] Photo prise à l'entreprise (E A S M)
 - [18] RECUEIL DE DOCUMENTATIONS TECHNIQUES, S.T.I. génie électrotechnique d'Aix Marseille version 2007.
 - [19] documents API : www.SIEMENS.fr, [google.fr/les automates programmables industriels](http://google.fr/les%20automates%20programmables%20industriels)
 - [20] [google.fr/ STEP 7 micro / WIN](http://google.fr/STEP%207%20micro%20WIN)
 - [21] MANUEL D'UTILISATION DU LOGICIEL WINCC FLEXIBLE 2008pack de documentation de référence 6AV6691-1AB01-3AC0.
-

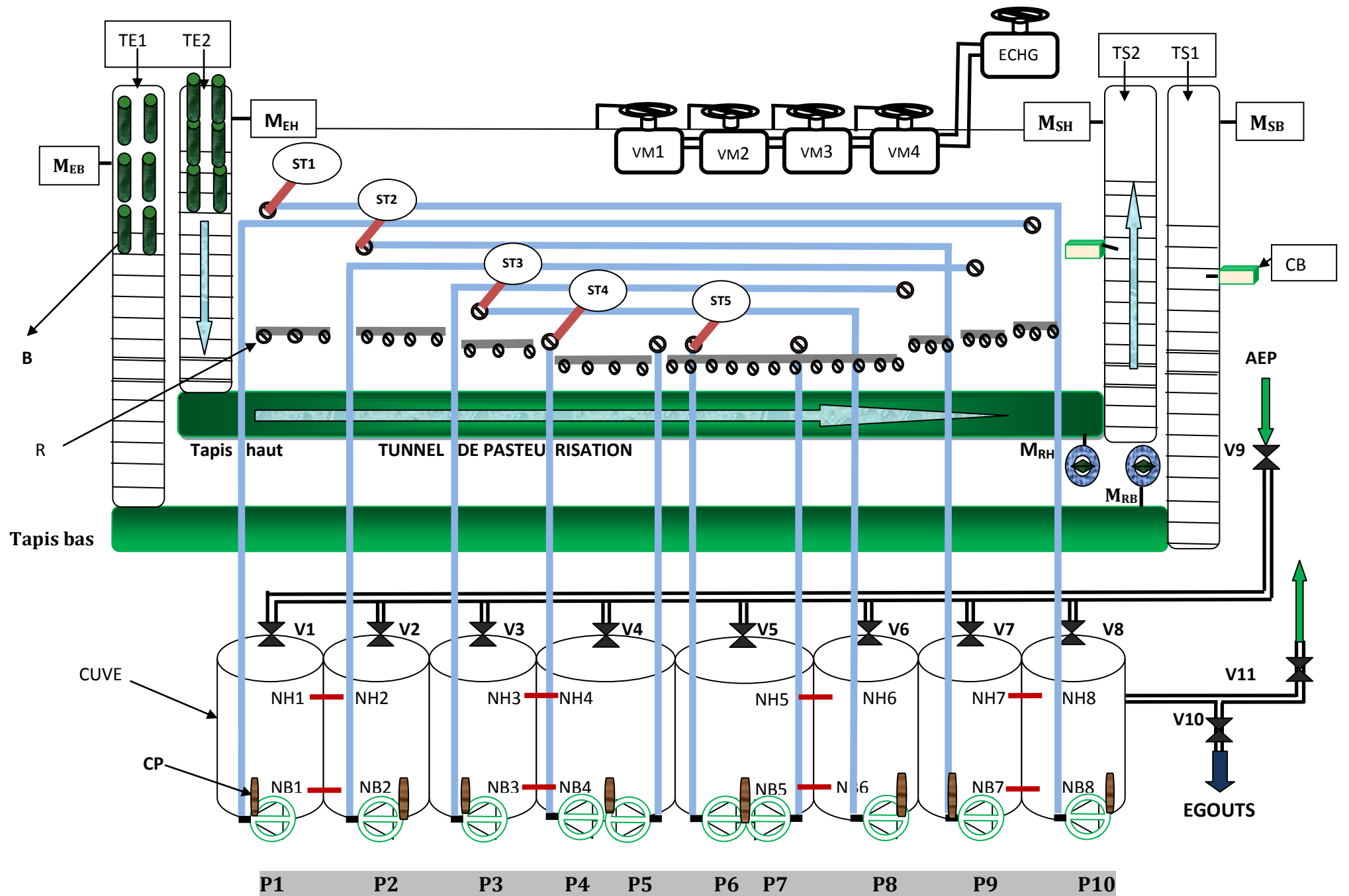


Figure-1.2-« PLANCHE DU PASTEURISATEUR »

❖ Légende de la planche du pasteurisateur

TE1 : Tapis d'entrée 1

TE2 : Tapis d'entrée 2

TS1 : Tapis de sortie 1

TS2 : Tapis de sortie 2

MEB : Moteur d'entrée bas

MEH: Moteur d'entrée haut

MSB : Moteur de sortie bas

MSH : Moteur de sortie haut

MRB : Moteur réducteur bas

MRH : Moteur réducteur haut

P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10 : Pompes d'envoi d'eau

Cuve : Huit cuves ou réservoirs d'eau

CB : Capteur de bourrage (CB1, CB2)

CP : Capteur de pression (dans chacune des huit cuves)

NH : Niveau haut de l'eau (de chacune des huit cuves)

NB : Niveau bas de l'eau (de chacune des huit cuves)

V1,V2,V3,V4,V5,V6,V7,V8,V9,V10,V11 : les vannes pour remplir les cuves

ST1 ST2 ST3 ST4 ST5 : Sondes de températures

ECHG : Echangeur générateur de vapeur

VM1, VM2, VM3, VM4 : Vannes modulantes pour faire circuler la vapeur

R : Rampes d'arrosage

B : bouteilles pleines

AEP : Réseau de distribution d'eau potable

Résumé du projet

Ce projet a été réalisé au niveau de l'entreprise EASM industriel. Il rentre dans la perspective de rénovation de l'automatisme d'un pasteurisateur à savoir la réalisation d'une armoire électrique qui va alimenter, protéger, commander et superviser notre système.

Avant d'automatiser ce pasteurisateur, nous l'avons d'abord modifié en proposant des solutions comme système de refroidissement et système de récupération de l'eau utilisée. Une fois modifié, nous avons modélisé notre système puis, étudié et réalisé l'armoire électrique en y installant tous les composants nécessaires à la commande, protection et à la supervision. Nous avons ensuite mis un programme dans l'API S7 300-CPU 2DP sous logiciel STEP7 et créé aussi sous WIN CC flexible 2008.

- **Mots clés :** -Pasteurisateur, capteur, vanne ; régulateur ;
-Armoire électrique, disjoncteur ; bouton poussoir ;
-Automate programmable industriel; STEP7, Win CC flexible